

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 1 беті

## ДӘРІС КЕШЕНІ

**Пән: Теориялық механика және материалдар кедергісі**

**Пән коды: ТММК 2203**

**БББ атауы: 6B07201 – Фармацевтикалық өндіріс технологиясы**

**Оқу сағаттарының көлемі (кредит): 180 сағат (6 кредит)**

**Оқытылатын курс және семестр: 2-курс, 3-семестр**

**Дәріс көлемі: 15сағат**

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA</b> <b>AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL</b> <b>ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы		76/11
Дәріс кешені		87 беттің 2 беті

Дәріс кешені БББ бойынша «Теориялық және қолданбалы механика»  
 МОБ сәйкес әзірленген және кафедра мәжілісінде талқыланды.

Хаттама № \_\_ « \_\_ » \_\_\_\_\_ 2024ж.

Кафедра меңгерушісі, т.ғ.к., доц. \_\_\_\_\_ Орымбетова Г.Э.

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 3 беті

## №1 дәріс

**1. Дәріс тақырыбы:** Кіріспе. ТМЖМК пәнінің бөлімдеріне қысқаша шолу. Механиканың негізгі ұғымдары мен анықтамалары. Статика аксиомалары. Байланыс және олардың реакциялары.

**2. Дәріс мақсаты:** Механика туралы түсінік қалыптастыру. Негізгі ұғымдары мен анықтамаларын баяндау. Статика аксиомалары мен байланыс реакцияларын анықтауды мысалмен түсіндіру.

### 3. Дәріс тезистері

#### Кіріспе

Фармацевтика саласында көптеген инженер-технологтар еңбек етуде. Сол мамандардың кейбіреулері өндіріс орнындағы құрал-жабдықтарды тиімді пайдаланумен айналысса, қалғандары жаңа технологияны өндіріске енгізумен айналысуда. Осы мамандардың барлығы физикалық құбылыстар мен материалдар сипаттамаларын, механика заңдары мен ережелерін білулерімен бірге оны іс жүзінде қолданулары керек.

Сондықтан жоғары оқу орындарында 6В07201 – Фармацевтикалық өндіріс технологиясының білім беру бағдарламасына «Теориялық және қолданбалы механика» модулі енгізілген және ол модуль бойынша 9 кредит көлемінде 2 пәнді оқып игеру ұсынылған. Олар мына төмендегі пәндер, оқу жоспарына таңдау компоненті бойынша енгізілген және 2 семестрге жоспарланған: «Теориялық механика және материалдар кедергісі» 2-курс 3-семестрде 6-кредит және «Қолданбалы механика» 2-курс 4-семестрде 3-кредит қарастырылған.

#### 1.1. ТМЖМК пәнінің бөлімдеріне қысқаша шолу

Механика материялық өзара әсерлер мен механикалық қозғалыстың жалпы заңдылықтарын зерттейтін жаратылыстану ғылымдарының бірі. Механика (mechanike) грек тілінен аударғанда машинажасау өнері дегенді білдіреді екен. Қандай сала болмасын, инженер-техникалық мамандарға небір механикалық мәселелерді шешулеріне тура келеді және осыған байланысты жоғары оқу орындарында мамандануына сәйкес механика пәнінің түрлері оқытылып жатады. Жалпы механиканың тұжырымдарына негізделген пәндер көп, солардың бірі – «Теориялық механика және материалдар кедергісі». Бұл пән бұған дейін екі бөлек оқытылған пәндердің мазмұндарына негізделген жалпы техникалық пән және химия-фармацевтика және медициналық техника мамандықтары бакалаврларын дайындауға арналған.

Осы пәннің механика заңдары мен ережелерін материялық нүктеге, абсолют қатты денеге және механикалық жүйелерге қолданатын бөлімі теориялық механика деп аталса, ғимараттар мен конструкция элементтерінің, машиналар мен механизмдер бөлшектерінің, құрылыс, т.б. материалдардың беріктігі, қатаңдығы және орнықтылығы қарастырылатын бөлім материалдар кедергісі деп аталады.

Теориялық механика материялық денелердің механикалық қозғалысының жалпы заңдылықтары мен тепе-теңдігін және осы денелердің өзара әсерлесуін зерттейтін ғылым. Осы ғылымның ғылыми тұжырымдары мен теориялық дәлелдемелеріне негізделген пән «Теориялық механика». Пән үш бөлімнен тұрады: статика, кинематика және динамика. Статика бөлімінде әртүрлі бағыттағы күштер жүйесі және сол күштердің әсерлерінен болатын денелердің тепе-теңдігі қарастырылады. Кинематика бөлімінде әсер ететін күштерді ескермей материялық нүктенің, абсолют қатты дененің қозғалыстарының

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11	
Дәріс кешені	87 беттің 4 беті	

геометриялық сипаттамалары зерттеледі, ал динамикада қозғалыс кезінде барлық әсер етуші күштер, оның ішінде дененің өзінің инерттілігі мен үйкеліс күші де ескеріледі.

### 1.2. Механиканың негізгі ұғымдары мен анықтамалары

Бізді қоршаған ортадағының бәрі үздіксіз қозғалыста болады. Жер бетіне қатысты қозғалмай тұрған дене жермен бірге оның осінен айналады және күнді айнала қозғалады. Абсолют қозғалмайтын дененің болуы мүмкін емес, ол болмайды да.

Қозғалыстың ең қарапайым түрі – механикалық қозғалыс. Механикалық қозғалыс деп материалдық денелердің кеңістіктегі орнын уақытқа байланысты өзгертуін айтады. Егер орны өзгермесе, қозғалыс жасалмаған болады, яғни дене тыныштық күйде тұр делінеді.

Денелер бір-бірімен әсерлескенде ғана қозғалысқа ұшырайды. Материялық денелердің бір-біріне әсері күштер арқылы сипатталады. Сонымен, денелердің қозғалысын зерттеу үшін оған әсер ететін денелерді алып тастап, олардың әсерін күштермен алмастырады. Күш векторлық шама болғандықтан түсу нүктесі мен бағыты көрсетілуі тиіс және сан шамасы анықталады.

Күштің өлшем бірлігі ретінде, халықаралық СИ жүйесінде ньютон (Н), ал техникалық МКГСС жүйесінде килограмм (кг) алынады. Бір жүйеден екінші жүйеге ауысқанда  $1\text{кг}=9,81\text{Н}$  немесе  $1\text{Н}=0,102\text{кг}$  екенін ескерген жөн. Күш векторлық шама дедік, онда үстінде сызығы бар әріппен белгіленеді. Мысалы былай  $F, N, R...$

Теориялық механика пәнінде денелер абсолют қатты дене деп қарастырылады. Абсолют қатты дене деп қандай да болмасын күштің әсеріне қарамастан қозғалыстың барлық уақытында да кез келген екі нүктесінің ара қашықтығын өзгертпей сақтайтын денелерді айтады. Абсолют қатты денелер сыртқы күштер әсерінен дененің деформацияға ұшырауы, яғни формасы мен өлшемдерінің өзгеруі өте аз болғандықтан, шартты түрде жоқ деп алуға болатын денелер.

Денелердің қозғалысын зерттеу үшін олардың кеңістіктегі орын ауыстыруларын басқа бір денемен салыстыра отырып анықтауға тура келеді. Осы мақсатта таңдап алынған дене немесе денелер санақ денелері болып табылады. Сол қабылданған санақ денесімен қатаң байланыстырылған координаттар жүйесі санақ жүйесі деп аталады.

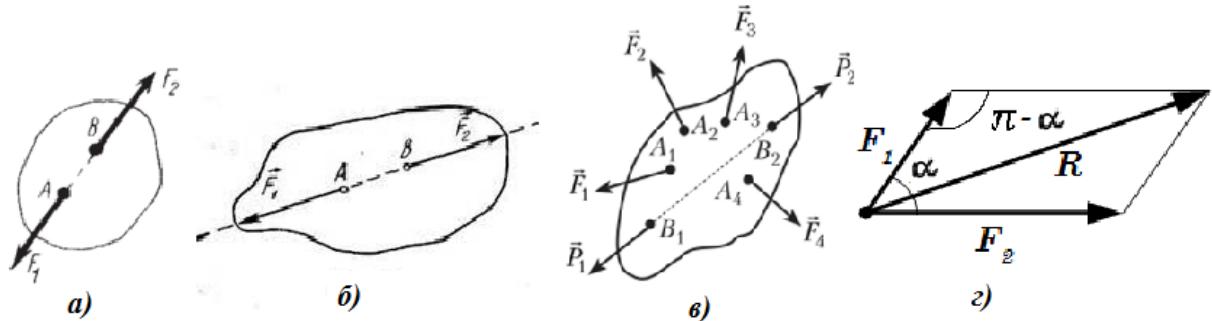
Бірақ қатты денелердің қозғалысын кез келген бір нүктесінің, не екі нүктесінің қозғалысымен түсіндіруге болады және осылай қарастырылған зерттеуге ыңғайлы, сондықтан материялық нүкте деген ұғым енгізіледі. Материялық нүкте деп массасы қатты дененің массасына тең сол дененің ауырлық центріне сәйкес келетін геометриялық нүктені айтады. Онда механиканың ережелері мен заңдылықтарын алдымен материялық нүкте үшін қарастырған жөн.

### 1.3 Статиканың аксиомалары

Статика негізіне адамзаттың ғасырлар бойы жиған тәжірибесінің нәтижесінде тұжырымдалып, ешқандай математикалық дәлелдеуді қажет етпейтін аксиомаға айналғандар жатады. Осы аксиомалар арқылы статикада алда қарастырылатын барлық мәселелер қорытылып дәлелденеді.

*1-аксиома.* Теңгерілген күштер жүйесінің әсерінен дене тыныштық күйде немесе бірқалыпты түзу сызықты, не бірқалыпты айналмалы қозғалыста болады. Бұл алғаш Галилей тұжырымдаған аксиома инерция заңы деп аталады.

*2-аксиома.* Егер денеге түсірілген екі шама жағынан тең, бірақ бағыттары қарама-қарсы болса және бір түзудің бойымен әсер етсе, онда дене осы күштердің әсерінен тепе-теңдік қалпын сақтайды (1а-сур.). Бұл екі күштің тепе-теңдік шарты туралы аксиома. Осы



1-сурет

2-аксиомадан шығатын себеп-салдар: күшті әсер ету сызығы бойымен (1б-сур.) бір нүктеден екінші нүктеге көшіруге болады, одан күштің абсолюттік қатты денеге әсері өзгермейді.

3-аксиома. Денеге теңгерілген күштер жүйесін түсіргеннен немесе теңгерілген күштер жүйесін алып тастағаннан (1в-сур.) дененің бастапқы күйі ешқандай өзгеріске ұшырамайды.

4-аксиома. Дененің кез келген бір нүктесіне түсірілген екі күштің тең әсер күші сол нүктеге түсіріледі де, сол нүктеден осы күштер арқылы салынған параллелограмның диагоналіне тең болады (1г-сур). Бұл аксиоманы күштердің параллелограмм ережесі дейді де, бұдан күштердің векторлық қосындысы  $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$  және тең әсер күшінің модулін анықтайтын формулалар алынады.

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha} \text{ немесе } R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos(\pi - \alpha)}$$

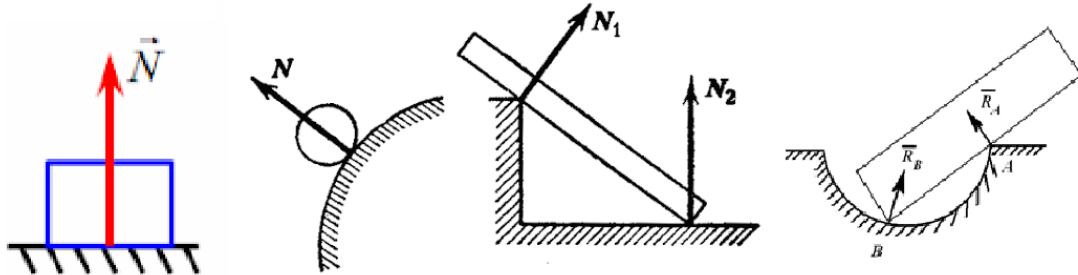
5-аксиома. Егер деформацияға ұшырайтын қатты дене абсолют қатты денеге айналса, онда бастапқы тепе-теңдік шарты сақталады. Бұл аксиома қатаң принципі деп аталады.

6-аксиома. Байланыстағы денені еркін дене деп қарастыру үшін денеге әсер ететін күштер қатарына байланыс реакциясы күшінде қосу керек. Бұл байланыстан босату аксиомасы деп аталады.

#### 1.4 Байланыстар және олардың реакциялары

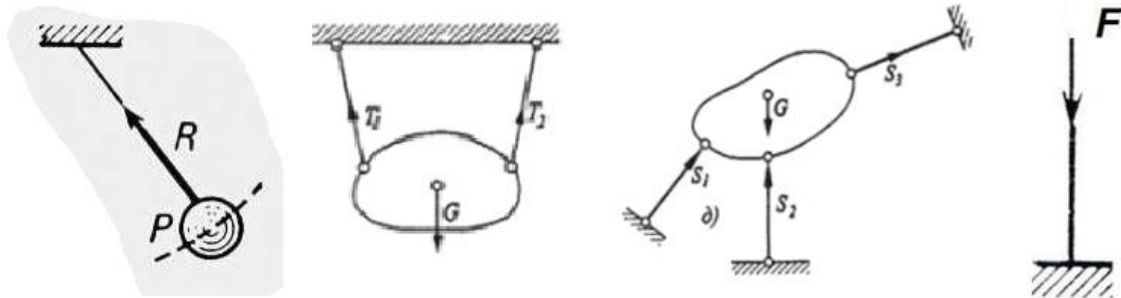
Материялық объектілер мен қатты денелердің, не нүктелердің немесе механикалық жүйенің қозғалысы мен орын ауыстыруларын шектеуді байланыс деп атайды. Осы байланыс тарапынан болатын қарсы әсер реакция күші немесе байланыс реакциясы деп аталады. Реакция күші қарастырылатын денеге түсіріледі және ол денені тепе-теңдік күйінен қозғалысқа келтіре алмайды, сондықтан пассив күштері деп аталады.

Жиі кездесетін байланыстарды топтап, реакция күштерін көрсетейік. Егер денелер бір-бірімен бет арқылы жанасатын болса, немесе бір нүктесі арқылы тірелетін болса, онда реакция күші ортақ нормаль бойымен бағытталады (2-сур).



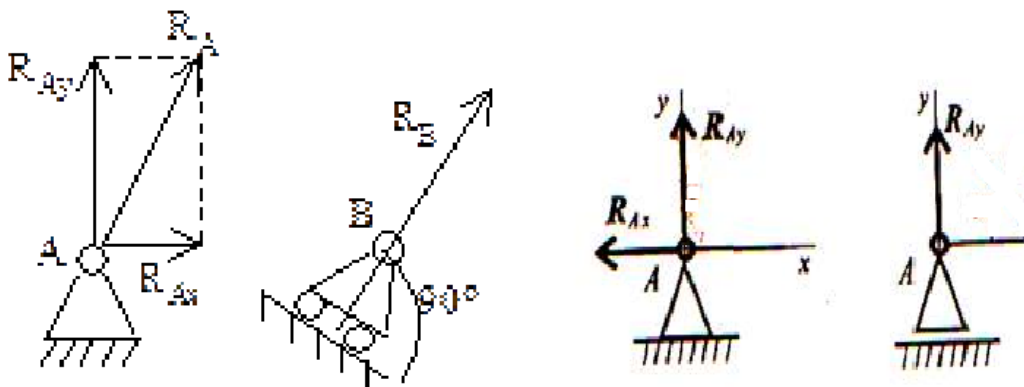
2-сурет

Созылмайтын иілгіш денелер: жіп, арқан, трос, белдік шынжыр сияқтылармен байланысса, немесе металл стержень, тірек, бөрене темірбетон бағаналарға тірелсе, онда реакция сол денелердің бойымен бағытталады (3-сур).



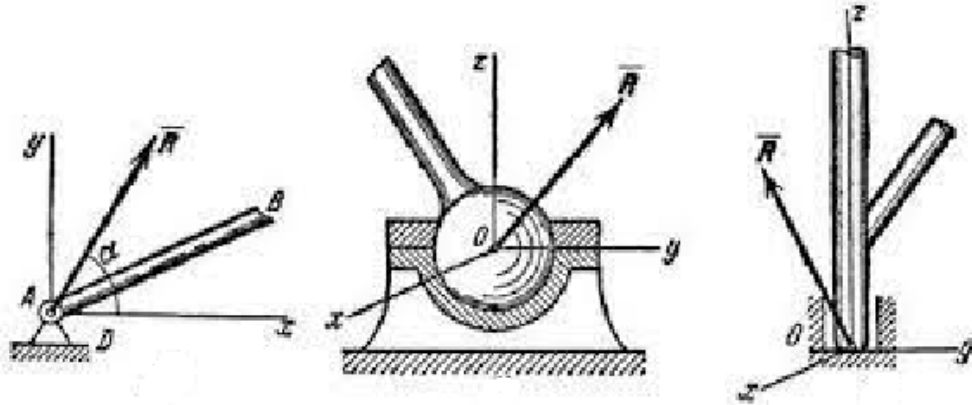
3-сурет

Денелер цилиндрлік топса және подшипник арқылы бір-біріне байланысқан болса, онда байланыс реакциясы әрқашан айналу осіне перпендикуляр болады. Бұл жағдайда реакция күшінің сан шамасы мен бағыты белгісіз болады. Координата осьтеріндегі құраушыларына жіктей отырып, сан шамасы анықталса, бағыттаушы косинустар арқылы бағыты анықталады (4-сур).



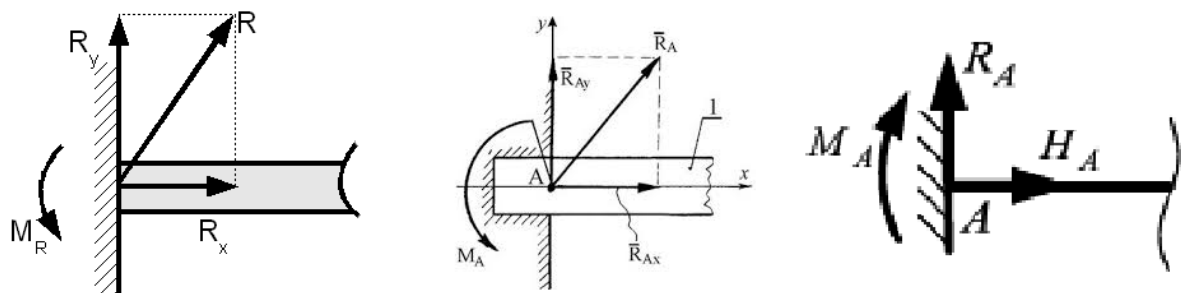
4-сурет

Жылжымайтын сфералық топса және сфералық буындар кеңістік қозғалыс жасайтын звеноларды байланыстырады, сондықтан сфераның центріне түсірілген реакция күші үш оське проекцияланады. Ал бағыты мен сан шамасы цилиндрлік топсадағы өрнектермен анықталады (5-сур).



5-сурет

Қатаң бекітпе дененің қозғалуына да бұралуына да мүмкіндік бермейді. Мұндай қатаң байланыстарда горизонталь және вертикаль бағыттағы реакциялармен бірге бекітпеге реактивті моменттер әсер етеді (6-сур).



6-сурет

Байланыстың тағы бір шарты дененің еркін қозғалысын шектей бастайды, яғни мүмкін қозғалысынан айырылады. Механикада осы мүмкін қозғалысына байланысты еркін және еркін емес денелер деп қарастырылады. Кеңістіктегі кезкелген бағытта қозғала алатын дене еркін дене деп аталады. Егер дененің кеңістіктегі қозғалысы қандай да бір денемен шектелген болса, онда еркін емес дене деп, олардың бір-біріне әсерін қысым күші арқылы анықтайды.

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.


#### 5. Әдебиеттер: Негізгі:

Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020  
Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

#### Қосымша әдебиеттер

Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 8 беті

Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы :Эверо, 2014. - 256 с

Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы / . - Алматы :Эверо, 2015. - 68 б

Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусеитов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

### Электронды басылымдар

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>

Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>

"Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.

Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>

Арапов Б.Р.Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық.«Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

### 6. Бақылау сұрақтары:

1. Теориялық механика бөлімдерінің қысқаша анықтамалары және нені қарастырады.
2. Статика аксиомалары және оларды есептеу барысында қолдану.
3. Күштер және олардың сипаттамасы.
4. Материялық нүкте, абсолютті қатты дене, санақ жүйесі туралы түсініктер.
5. Байланыс түрлері және олардың реакцияларының бағыты, түсу нүктесі және сан шамасы.

### №2 дәріс

**1. Дәріс тақырыбы:** Жазық және кеңістік күштер жүйесін проекциялау. Күштің нүктеге және оське қатысты моменті.Жинақталатын және кез келген бағыттағы күштер жүйесі.Күштер жүйесінің тепе-теңдік шарттары.

**2. Дәріс мақсаты:** Денеге әсер ететін күштерді және олардың түрлерін білу. Күштерді проекциялау және олардың моменттерін анықтау. Тепе-теңдік теңдеулерін құру және оларды есептеу барысында пайдалану.



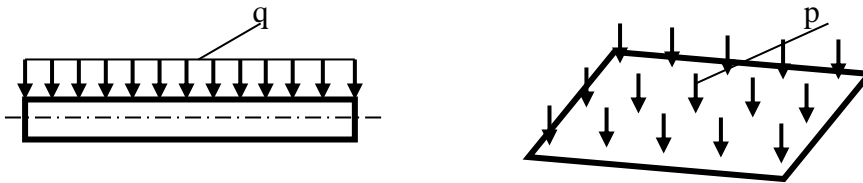
### 3. Дәріс тезистері:

#### 2.1 Жүктемелер және олардың түрлері

Машина бөлшектерінің және конструкция элементтерінің бір-біріне әсері олардың арасындағы күштер арқылы анықталады. Ол күштер сыртқы күштер деп аталып, әрқелкі болып келеді. Практикада осы әрқелкі күштердің барлығын сыртқы жүктемеге жатқызады. Жүктемелер үш топқа бөлініп қарастырылады.

Жүктеменің әсер ететін ауданшасы дененің өлшемдерімен салыстырғанда, өте кіші болатын болса, онда шоғырланған күш деп атайды. Шоғырланған күш бір нүктеге әсер етеді деп есептеледі және Ньютонмен өлшенеді. Мысал ретінде вагон дөңгелегінің рельске жанасу кезінде олардың арасында пайда болатын күшті айтуға болады.

Дененің бір ұзындығына немесе ауданына, не бетіне әсер ететін жүктемелер таралған күштер деп аталады. Бұл күштер әсердің қарқындылығымен сипатталады, яғни ұзындыққа  $q$  [Н/м] немесе бетке  $p$  [Н/м<sup>2</sup>] аудан бірлігіне әсер ететін күштер шамасымен. Бұдыс ішіндегі газдың қысымы, керілген сымдағы тізілген құстардың әсері осы таралған күшке мысал бола алады. Схемаларда төмендегі 7-суреттегідей болып кескінделеді.



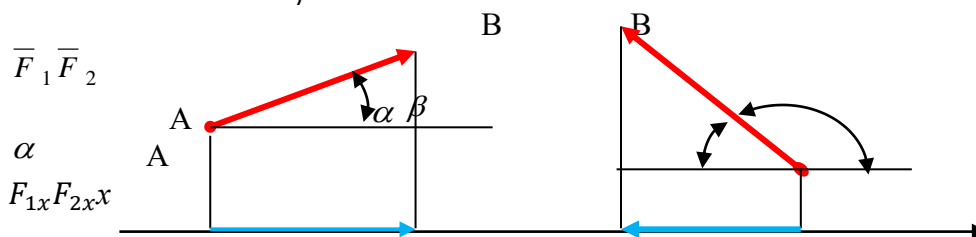
7-сурет.

#### 2.2 Күштердің осьтегі және жазықтықтағы проекциялары.

Күштер көпбұрышын салу күрделі де және көптеген сызуларды талап етеді және дәл нәтижелер алуға жеткілікті емес. Бұл жағдайда басқа геометриялық сызба жұмыстарына жүгінуге тура келеді. Ол берілген күштердің тікбұрышты координаталар жүйесінің осьтері мен жазықтығына проекцияларын салу.

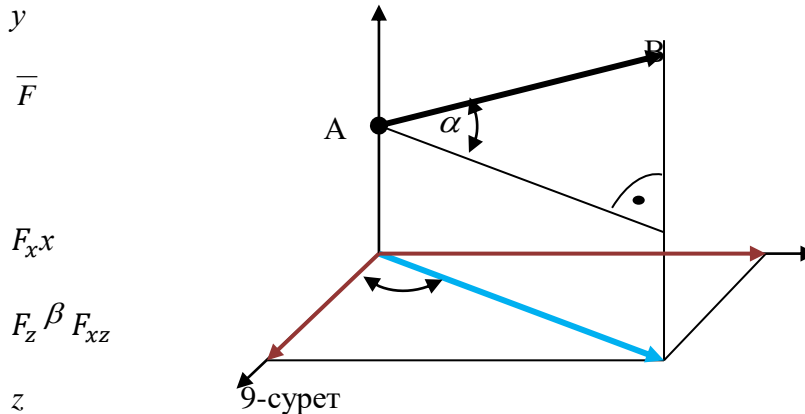
Күш проекциясы оң деп саналады, егер күш бағыты осьтің оң бағытымен сәйкес келсе. Күш проекциясы теріс деп саналады, егер бағыты өстің оң бағытына қарама-қарсы болса. XOY жазықтығында орналасқан күштерді OX және OY екі координата осьтеріне тура проекциялауға болады. Кеңістікте орналасқан күштер алдымен жазықтыққа проекцияланады, содан соң координата осьтеріне.

Жалпы күштердің оське және жазықтыққа проекциялары 8-ші және 9-шы суреттерде көрсетілген.  $\alpha = 180^\circ - \beta$



8-сурет

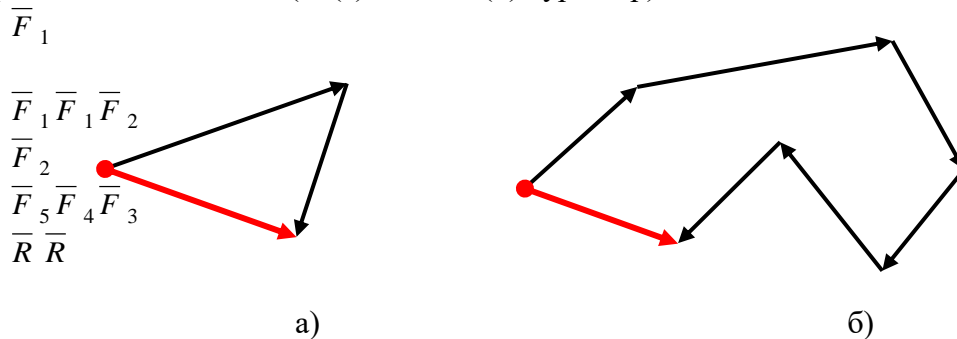
Бұл жерде  $\vec{F}_1$  – күшінің  $x$  өсіне проекциясы  $F_{1x} = F_1 \cdot \cos \alpha$ , ал  $\vec{F}_2$  - күшінің осы өске проекциясы  $F_{2x} = -F_2 \cdot \cos \alpha = F_2 \cdot \cos \beta$  болатыны көрініп тұр.



мұндағы  $F_{xz} = F \cdot \cos \alpha$ ,  $F_x = F_{xz} \cdot \sin \beta = F \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta$ ,  $F_z = F_{xz} \cdot \cos \beta = F \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta$

### 2.3 Күштер үшбұрышы және көпбұрышы

Бір нүктеге жинақталған жазық күштердің тең әсерін табу үшін күш үшбұрышын, егер күштер саны екеу болса, ал күштер саны екеуден көп болған жағдайда күштер көпбұрышын пайдаланады (10(a) және 10(б) суреттер).



10-сурет.

Бұл жердегі  $\vec{R}$  тең әсер күштің векторы. Күш үшбұрышы мен күштер көпбұрышы белгілі бір масштабта салынып, тең әсер күштің мәнін анықтаудың геометриялық тәсілі деп аталады.

Күштер кеңістік жағдайда орналасса күштердің тең әсерін аналитикалық жолмен анықтаған тиімді болады. Бұл үшін геометрияда дәлелденген вектордың өстерге проекциясы сол векторды құраушы векторлардың проекцияларының қосындысына тең деген теореманы пайдаланамыз.

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n \quad \text{немесе} \quad \vec{R} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i \quad \text{десек,}$$

теорема бойынша  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$  барлық күштердің  $x$ ,  $y$ ,  $z$  өстеріне проекцияларының қосындысына тең, яғни

$$R_x = \sum_{i=1}^n F_{ix}, \quad R_y = \sum_{i=1}^n F_{iy}, \quad R_z = \sum_{i=1}^n F_{iz}$$

Ал координаттар өстері бір біріне перпендикуляр болғандықтан,

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$$

$\vec{R}$  векторының бағытын анықтау үшін, оның координаттар өстерімен жасайтын бұрыштарының бағыттаушы косинустарын келесі өрнектер бойынша табамыз:

$$\cos\alpha = \frac{R_x}{R}, \quad \cos\beta = \frac{R_y}{R}, \quad \cos\gamma = \frac{R_z}{R}$$

Осы бұрыштар арқылы  $\vec{R}$  векторының кеңістіктегі орналасу бағыты анықталады.

## 2.4. Қос күштер және күштер моменті

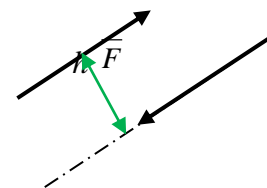
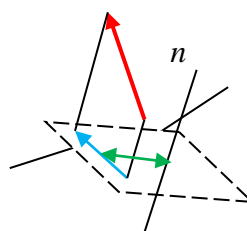
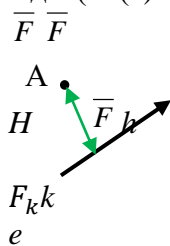
Күштің нүктеге немесе өске қатысты (айналасындағы) моменті дегеніміз, осы күштің бағыты мен күштің шамасының нүктеге дейінгі немесе оның өске перпендикуляр құраушысының шамасы мен өске дейінгі ең қысқа ара қашықтықтың көбейтіндісіне тең, скалярлық шама болып табылады. Күш бағыты мен нүктеге немесе өске дейінгі ең қысқа қашықтық күш иіні деп аталады. Моменттің бағыты сағат тілі жүрісіне кері бағытталса оң, ал онымен бағыттас болса теріс таңбалы деп қабылданады.

Күштің нүктеге қатысты моменті (11(a) – сурет), күштің шамасының, момент алатын нүктеге  $A$  дейінгі ең қысқа қашықтыққа  $h$ , яғни иінге көбейтіндісіне тең  $M = F \cdot h$ .

Күштің өске қатысты моменті (11(б) – сурет) сол күштің өске перпендикуляр жазықтыққа проекциясының  $F_k$  шамасын оның ( $en$ ) өске дейінгі аралығына  $h$ , яғни иінге көбейткенге тең болады  $M = F_k \cdot h$ .

Қос күштер деп, шама жағынан бір біріне тең, бағыттары қарама-қарсы бір сызықтың бойында жатпайтын күштерді айтады. Мұндай күштердің тең әсер күші нөлге тең, брақ олар теңгерілмейді. Олар денені өздері жатқан жазықтық бетінде айналдыруы мүмкін, ол қос күштердің моментінің әсерінен туындайтын құбылыс болып табылады.

Қос күштер моменті сол екі күштің ара қашықтығын күш шамасына көбейткенге тең болады (11(в)– сурет), яғни  $M = F \cdot h$  [Нм].

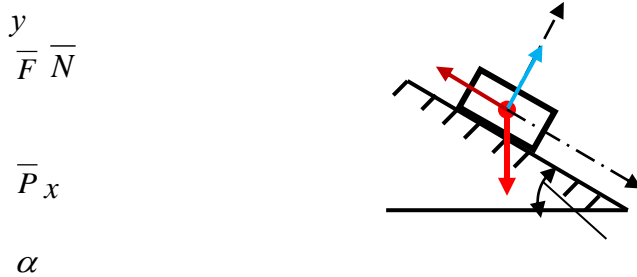


11-сурет.

## 2.5 Тепе-теңдік шарттары. Жазықтық тепе-теңдік.

Бір нүктеге жинақталған жазық күштердің **тепе-теңдік шарты** келесі өрнектермен сипатталады, яғни бұл күштердің тең әсер күші нөлге тең дегенді білдіреді. Бір нүктеге жинақталған жазық күштердің мысалы ретінде 12-ші суретте көрсетілген көлбеу жазықтықта орналасқан қатты дененің тепе-теңдігін қарастыруға болады.

$$R_x = \sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 \quad R_y = \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0$$



12-сурет.

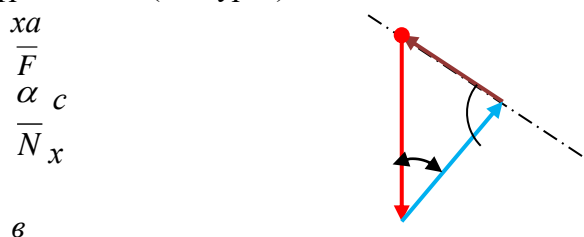
Мысалы  $P = 2 \text{ кН}$ ,  $\alpha = 30^\circ$  болса,  $\bar{F}$  және  $\bar{N}$  күштерінің мәнін табайық. Бұл жерде

$\bar{F}$  - үйкеліс күші, ал  $\bar{N}$  - реакция күші (тіректің реакция күші).  $\sum_{i=1}^3 F_{ix} = 0$  : теңдеуінен  
 $-F + P \sin \alpha = 0$ ,

осыдан үйкеліс күші  $F = P \sin \alpha = 2 \cdot 0,5 = 1$  кН болатынын,

ал  $\sum_{i=1}^3 F_{iy} = 0$  теңдеуінен  $N - P \cos \alpha = 0$ ; осыдан реакция күші  
 $N = P \cos \alpha = 2 \cdot 0,866 = 1,73$  кН болатынын табамыз.

Бұл күштерді күш үшбұрышы арқылы да анықтауға болады. Ол үшін шамасы белгілі күшті белгілі бір, өзіміз тандап алатын, масштаб бойынша ( $a$ ) нүктесінен өз-өзіне бағыттас етіп тұрғызамыз (13-сурет).




13-сурет.

Белгілі күштің мәні бойынша келесі түрде күш үшбұрышының масштабын табамыз

$\mu_F = \frac{P}{av}$ , олай болса белгісіз күштердің мәні тең болады:  $N = \mu_F \cdot bc$ ,  $F = \mu_F \cdot ca$   
 болатыны белгілі.

Қарастырып отырған денелер сыртқы күштердің және тірек реакцияларының әсерінен тепе-теңдік қалыпта тұрса, яғни салыстырмалы тыныштық немесе бір қалыпты түзу сызықты қозғалыс жағдайында болса, кеңістік күштер жүйесі үшін келесі тепе-теңдік теңдеулерінің орындалуы шарт:

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA</b> <b>AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL</b> <b>ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 13 беті

$$\begin{array}{ll}
 1) \sum F_x = 0; & 4) \sum M_x = 0; \\
 2) \sum F_y = 0; & 5) \sum M_y = 0; \\
 3) \sum F_z = 0; & 6) \sum M_z = 0.
 \end{array}$$

Бұл алты теңдеу кеңістік есептер (кеңістік күштер жүйесімен жүктелген дене үшін) статиканың тепе-теңдік теңдеулері деп аталады.

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.

**5. Әдебиеттер: Негізгі:**

Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020

Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

**Қосымша әдебиеттер**

Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.

Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы :Эверо, 2014. - 256 с

Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы / - Алматы :Эверо, 2015. - 68 б

Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусейтов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

**Электронды басылымдар**

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>

Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>

"Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы		76/11
Дәріс кешені		87 беттің 14 беті

Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>

Арапов Б.Р. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. «Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

### 6. Бақылау сұрақтары:

1. Жүктемелер және олардың түрлерін ажырата білу.
2. Күштердің осьтегі және жазықтықтағы проекциялары.
3. Күштердің нүктеге және оське қатысты моментін анықтау.
4. Қос күш және оның сипаттамасы.
5. Күштер жүйесінің тепе-теңдік шарттары.

### №3 дәріс.

**1. Дәріс тақырыбы:** Кинематикаға кіріспе. Материялық нүкте кинематикасы. Нүкте қозғалысының теңдеуі және траекториясы. Нүктенің жылдамдығы мен үдеуі. Нүкте қозғалысының түрлері.

**2. Дәріс мақсаты:** Нүкте кинематикасын оқып игеру. Нүкте қозғалысының берілу тәсілдері және теңдеуі. Траекториясын анықтау.

### 3. Дәріс тезистері:

#### 3.1 Кинематикаға кіріспе.

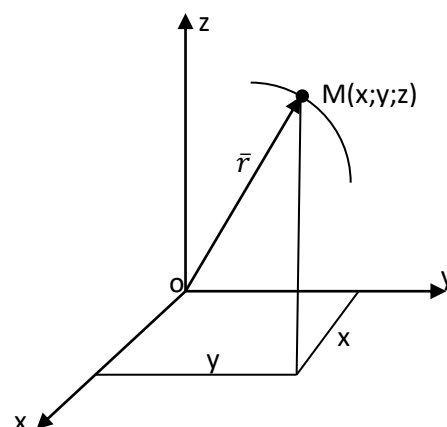
Кинематика қозғалыс деген мағынаны білдіретін грек сөзі және бастапқыда қатты денелердің қозғалысы ғана қарастырылған, сөйтіп мынадай анықтама берілген: Кеңістікте қозғалатын кезкелген денеге басқа денелер тарапынан болатын әсерлерді ескермей дененің уақытқа байланысты қозғалысын қарастыратын механика бөлімі кинематика деп аталады.

Кинематикада дене қозғалысы тек геометриялық тұрғыдан, яғни денеге әсер ететін күштер есепке алынбай қарастырылады. Ал дене қозғалысын қарастырғанда оның кезкелген екі нүктесінің арақашықтығы өзгермейтін болса абсолют қатты дене деп түсіндіріледі. Бірақ кезкелген қатты дене материялық нүктелер жиынтығы екенін білеміз, сондықтан дененің берілген санақ жүйесіне қатысты қозғалысын толық анықтау үшін кем дегенде оның екі-үш нүктесінің сол санақ жүйесіне қатысты қозғалысын білу қажет. Онда алдымен нүкте кинематикасының негізгі мәселелерін шешіп алған жөн және бастапқы берілген анықтамаға келесі толықтырулар жасалуы тиіс. Кинематика абсолют қатты денелер немесе материялық нүктелер қозғалысының геометриялық сипаттамаларын зерттейтін теориялық механика бөлімі.

#### 3.2 Материялық нүкте кинематикасы

Нүкте кинематикасында мынадай екі мәселе шешіледі: 1. Нүкте қозғалысының теңдеуі бойынша траекториясын анықтау. 2. Нүкте қозғалысының берілу тәсілдері және кинематикалық сипаттамалары.

Материялық нүкте дегеніміз, қозғалысы қарастырылып отырған дененің массасына тең кәдімгі геометриялық нүкте. Жалпы қозғалысты зерттеу барысында дененің формасы мен өлшемдерін ескермей материялық нүкте деп қарастыруға болады.



O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 15 беті

Кеңістікте қозғалып бара жатқан нүктенің геометриялық орындарын қосатын үздіксіз сызық нүкте траекториясы деп аталады.

### 3.3 Нүкте қозғалысының берілу тәсілдері және теңдеулері

Кез келген уақытта санақ жүйесіне қатысты нүкте орнын анықтайтын теңдеулер белгілі болса, нүкте қозғалысы берілген деп есептеледі. Кинематикада нүкте қозғалысы үш түрде: векторлық, координаталық және табиғи тәсілдермен беріледі.

Векторлық тәсіл кезінде координатаның бас нүктесіне

14-сурет

қарағандағы  $M$  нүктесінің орны уақытқа тәуелді өзгеріп отыратын  $\overline{OM} = \vec{r}$  радиус-векторы арқылы беріледі, яғни  $\vec{r} = \vec{r}(t)$  анықталады. Сондай-ақ қозғалыс кезіндегі кеңістіктегі орны  $x = x(t), y = y(t), z = z(t)$  координаталарымен де анықталады. Бұл қозғалысының координаталық тәсілмен берілуі. Екі тәсілдің арасындағы байланыс былай өрнектеледі  $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$ .

Егер осы теңдеулердегі уақытты жойсақ, нүкте траекториясының теңдеуін аламыз. Нүктенің траекториясын графиктік жолмен де табуға болады, ол үшін берілген қозғалыс теңдеулеріне уақыттың мәндерін қоя отырып, нүктелердің орындарын аламыз, сонан соң қисық сызықпен қосамыз. Осындай қисық сызықпен берілгенде, әсіресе түзу сызықты қозғалыс кезінде табиғи тәсілмен берілген жөн. Табиғи тәсілмен берілгенде қозғалыс заңы  $s = s(t)$  функциясымен беріледі.

Математикадан білетініміз  $ds = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}$ , ал  $dx = \dot{x}dt$ ,  $dy = \dot{y}dt$ ,  $dz = \dot{z}dt$ , онда  $ds = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}dt$  болады.  $t = 0$  және  $t = t$  таралықта интегралдасақ қозғалыс теңдеуін аламыз

$$s = \int_0^t \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} dt = s(t).$$

### 3.4 Нүктенің жылдамдығы мен үдеуі

Нүкте жылдамдығы мен үдеуі – нүкте қозғалысының негізгі кинематикалық сипаттамалары болып табылады. Жылдамдық нүктенің уақыт бірлігінде орын ауыстыру шапшаңдығын сипаттайтын физикалық шама. Жылдамдықтың өлшем бірлігі ретінде халықаралық СИ жүйесінде м/сек алынады.

Нүктенің кез келген уақыттағы жылдамдығы орташа жылдамдықтың  $\Delta t$  уақыт аралығы нөлге ұмтылғандағы шегі ретінде анықталады, яғни

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{r}'.$$

Сонымен, нүкте қозғалысы векторлық тәсілмен берілгенде, оның жылдамдығы радиус-вектордан уақыт бойынша алынған бірінші туындыға тең векторлық шама. Жалпы жағдайда нүктенің қисық сызықты қозғалысында жылдамдық векторының шамасы да, бағыты да өзгеріп отырады. Бағыты нүкте арқылы жүргізілген жанама бойымен қозғалыс бағытына сәйкес бағытталады. Түзу сызықты қозғалыста жылдамдық векторы әрдайым нүкте қозғалып бара жатқан түзудің бойымен бағытталады, сондықтан жылдамдықтың тек қана шамасы өзгереді.

### 3.5 Кинематика. Кинематика және оның негізгі түсініктері.

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11	
Дәріс кешені	87 беттің 16 беті	

Материялық нүктенің немесе абсолют қатты дененің механикалық қозғалысын, олардың массаларына және әсер етуші күштерге тәуелсіз зерттейтін теориялық механиканың бөлімін кинематика деп аталады.

1. Абсолют қатты дене немесе материал нүкте – деформацияланбайтын немесе деформациясын ескертуге болатын дене.

2. Қозғалыс – дененің орын ауыстыруы. Механикалық қозғалыс – қозғалыс теңдеуімен, жылдамдығымен, үдеуімен және траекториясымен анықталады.

3. Уақыт. Механикада уақыт: а) бастапқы уақыт-  $t_0$ ; б) соңғы уақыт  $t$ ; в) аралық уақыт  $\Delta t = t - t_0$  болып үшке бөлінеді.

4. Санақ жүйесі. Дененің кеңістіктегі орнын зерттеу үшін, басқа денелерге салыстыра қарастыру қажет. Салыстыру денесі санақ жүйесі болып табылады. Санақ жүйесі қозғалатын және қозғалмайтын болып екіге бөлінеді.

Кинематиканың негізгі мақсаты уақыт өзгеруіне байланысты нүктенің немесе қатты дененің кез-келген сәттегі орнын (қозғалыс заңын-теңдеуін) және оның сипаттамасын анықтаудан тұрады.

Жалпы кинематика нүкте және қатты денелер кинематикасы болып екіге бөлінеді.

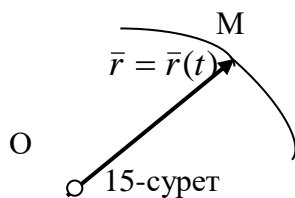
Материялық нүктенің орын ауыстыруы - механикалық қозғалыс:

- қозғалыс заңымен(теңдеуімен),
- траекториясымен
- жылдамдығымен,
- үдеуімен анықталады.

Механикалық қозғалысты зерттеу үшін төмендегі санақ жүйелері(әдістер) қолданылады:

- радиус-векторлық әдіс;
- координаталық әдіс;
- табиғи әдіс.

1а. *Радиус-векторлық әдіс.* Материал нүктенің кеңістіктегі орнын жылжымайтын нүктеден (бақылау орны) жүргізілген радиус-вектор (15-сурет) анықтайды. М нүктесінің қозғалуы  $OM$  радиус- векторының шамасымен



бағытының уақыт бірлігі ішінде өзгерумен сипатталады

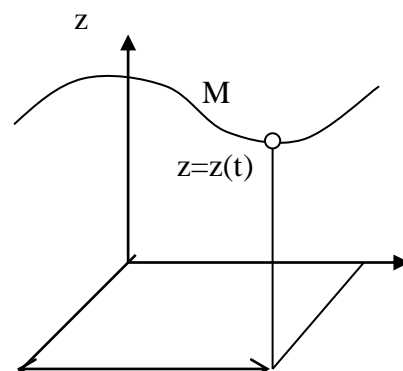
$$\vec{r} = \vec{r}(t) \quad (1)$$

Бұл радиус-вектордың шамасы М нүктесі жылжымайтын О нүктесінен қаншалықты қашықтықта орналасқанын, ал оның бағыты нүктенің қайсы бағытта қозғалғанын көрсетеді.

*Координаталық әдіс.* Материал нүктенің әр сәттегі кеңістіктегі орнын оның координаталары анықтайды, яғни М нүктесінің Охуз кеңістіктегінде қозғалуы, оның координаталары өзгерумен сипатталады:

$$\left. \begin{aligned} x &= x(t) \\ y &= y(t) \\ z &= z(t) \end{aligned} \right\}$$

(1) өрнек координаталық әдіспен берілген нүктенің қозғалуы

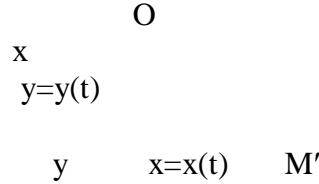




заңы деп аталады.

Егер материал нүкте  $xOy$  жазықтығында орналасса, онда оның қозғалыс теңдеуі:

$$\left. \begin{aligned} x &= x(t) \\ y &= y(t) \end{aligned} \right\}$$



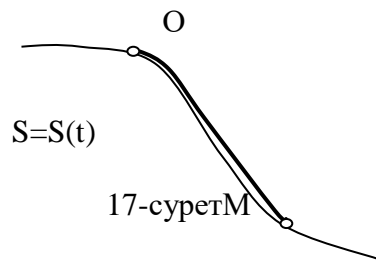
16-сурет

1в. Табиғи әдіс. Қозғалыс траекториясы белгілі болған жағдайда, қозғалыс табиғи тәсілмен зерттеледі.

Қозғалыстың бастапқы нүктесі  $O$  траекторияда белгіленіп,  $M$  нүктесінің орны  $OM=S$  арақашықтықпен анықталады.

$S$  аралығы уақыт бірлігі ішінде өзгеруіне байланысты, табиғи тәсілмен берілген қозғалыс теңдеуі уақыттың функциясы болып табылады:

$$s = f(t)$$



17-сурет

### 3.6 Қозғалыс траекториясы

Материал нүктенің қозғалыс барысындағы геометриялық орны, яғни нүктенің әр сәттегі геометриялық орны (қалдырған ізі) траектория деп аталады.

Қозғалыс заңына (теңдеуіне), қозғалу уақытының мерзімін қоя отырып, траекторияны анықтауға болады. Траектория уақытқа байланысты емес, сондықтан қозғалыс теңдеуінен уақытты жоя отырып, траектория теңдеуін аламыз:

$$f(x, y, z) = 0$$

Қозғалыс траектория байланысты: түзу сызықты және қисық сызық қозғалыс болып екіге бөлінеді.

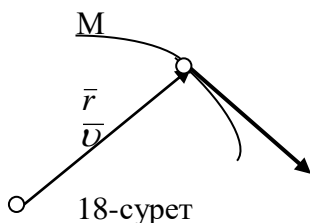
Қозғалыс шапшаңдығы сипаттайтын векторлық шама – жылдамдық деп аталады.

Жылдамдық векторлық шама болғандықтан қойылған орны, бағыты және шамасымен анықталады.

Жылдамдық шамасы қозғалыс теңдеуінен алынған бірінші туындымен, бағыты қозғалысқа бағыттас траекторияға жүргізілген жанамамен жылдамдық бағыты – қозғалысқа бағыттас траекторияға жүргізілген жанамамен, ал шамасы қозғалыс теңдеуін уақыт бойынша алынған туындыға тең.

1. Материал нүктенің қозғалысы радиус-векторлық әдіспен берілген болса, яғни

$$\bar{r} = \bar{r}(t), \text{ онда жылдамдық } v = \frac{dr}{dt}$$



18-сурет

2. Материал нүкте қозғалысы координаталық әдіспен берілген болса, яғни

$$\left. \begin{aligned} x &= x(t) \\ y &= y(t) \\ z &= z(t) \end{aligned} \right\}$$

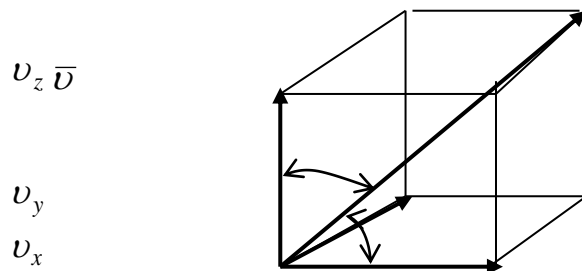
онда жылдамдықтың осьтердегі проекциясы:

$$v_x = \frac{dx}{dt}, \quad v_y = \frac{dy}{dt}, \quad v_z = \frac{dz}{dt}$$

Толық жылдамдық шамасы:

$v_x, v_y, v_z$  -тен тұрғызылған параллелипiped диагоналына тең

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$



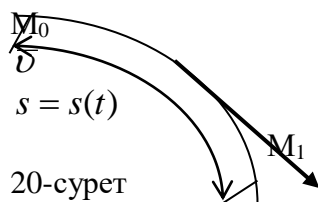
19-сурет

Жылдамдық бағыты бағыттауыш косинустардан анықталады:

$$\cos(\hat{v}_x, v) = \frac{v_x}{v}; \quad \cos(\hat{v}_y, v) = \frac{v_y}{v}; \quad \cos(\hat{v}_z, v) = \frac{v_z}{v}$$

$$\left(\hat{v}_x, v\right), \left(\hat{v}_y, v\right), \left(\hat{v}_z, v\right)$$

Мұнда:  $\left(\hat{v}_x, v\right), \left(\hat{v}_y, v\right), \left(\hat{v}_z, v\right)$  – жылдамдықтың осітердегі проекцияларымен жылдамдық арасындағы бұрыш.



20-сурет

3. Табиғи тәсілмен берілген қозғалыс теңдеуі  $s = s(t)$  болғандықтан,

$$v = \frac{ds}{dt}$$

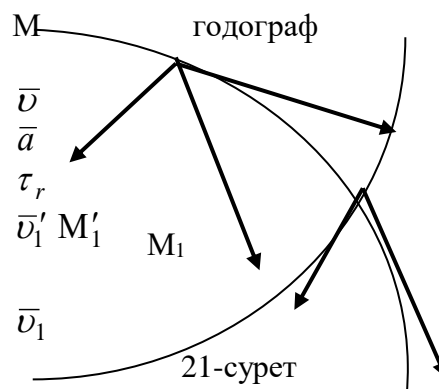
жылдамдық шамасы:

бағыты траекторияға жүргізілген жанама бойынша бағытталған.

Егер жылдамдық  $\bar{v} = \text{const}$  болса, бірқалыпты қозғалыс.

### Анықтама.

Жылдамдықтың уақыт бірлігінде өзгеруін сипаттайтын векторлық шаманы үдеу деп атаймыз. Үдеу шамасы жылдамдық теңдеуінен уақыт бойынша алынған бірінші немесе қозғалыс теңдеуінен уақыт бойынша алынған екінші туындыға тең.



21-сурет

Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11
Дәріс кешені	87 беттің 19 беті

$$\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} = \frac{d^2 r}{dt^2}$$

1. Радиус-векторлық әдіспен берілген нүкте қозғалысының үдеуі:

Егер М нүктесінің бірнеше мезгілдегі жылдамдықтарын М нүктесіне параллелі көшірсек, олардың ұшынан өтетін сызық годограф деп аталады.

Нүктенің үдеуі траектория-ның ойыс жағына қарай жылдамдық векторының ұшынан годографқа жүргізілген  $\tau_r$  -жанамаға параллелі бағытталады. 2. Қозғалысы координаталық тәсілмен берілген нүктенің үдеуі осьтерге проекциялары арқылы анықталады:

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}, \quad a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2}, \quad a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2 z}{dt^2}.$$

Толық үдеуі:  $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ .

үдеу векторының бағытын бағыттауыш косинустардан анық-таймыз:

$$\cos(\bar{a}, \hat{i}) = \frac{a_x}{a}; \quad \cos(\bar{a}, \hat{j}) = \frac{a_y}{a}; \quad \cos(\bar{a}, \hat{k}) = \frac{a_z}{a},$$

Мұнда осьтер  $(\hat{i}, \hat{j}, \hat{k})$  – осьтердің оң бағыттарымен үдеу арасындағы бұрыштар.

3. Қозғалысы табиғи әдіспен берілген нүктенің үдеуі:

$$\bar{a} = \frac{d(v \cdot \tau)}{dt} = \frac{dv}{dt} \bar{\tau} + v \frac{d\bar{\tau}}{dt},$$

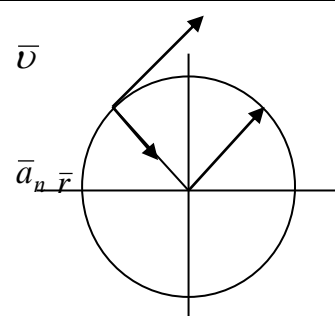
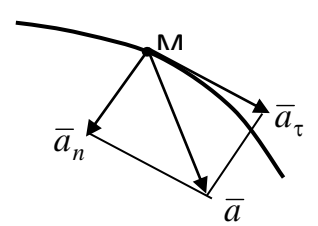
Мұнда:  $v \frac{d\bar{\tau}}{dt} = v \frac{d\bar{\tau}}{ds} \cdot \frac{ds}{dt} = \frac{v^2}{\rho} \bar{n}$  екендігін ескерсек, онда үдеу

$$\bar{a} = \frac{dv}{dt} \bar{\tau} + \frac{v^2}{\rho} \bar{n}, \quad \text{мұнда: жанама үдеу: } a_\tau = \frac{dv}{dt} \bar{\tau} - \text{жылдамдық шамасының}$$

өзгеруін сипаттайды;

нормал үдеу:  $\bar{a}_n = \frac{v^2}{\rho} \bar{n}$  – жылдамдық бағытының өзгеруін сипаттайды.

Қозғалыс траекториясы шеңбер болса, онда  $\rho = r$ , нормаль үдеу  $a_n = \frac{v^2}{r} = const$  шеңбер орталығына бағытталған.

<p>Толық үдеу шамасы: <math>a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}</math> ,</p> <p><math>tg\alpha = \frac{a_\tau}{a_n}</math> ,</p> <p>бағыты:</p> <p>Мұнда <math>\alpha</math>– үдеу векторы мен нормалі бірлік векторының арасындағы бұрыш.</p> <p><b>Анықтама 1.</b> Егер қозғалыс траекториясы түзу сызық болса, онда қисықтың радиусы <math>\rho = \infty</math>,</p> <p><math>\bar{a}_n = \frac{v^2}{\rho} = 0</math> , нүкте үдеуі <math>a = a_\tau = \frac{dv}{dt}</math> ,</p>	
<p>яғни жылдамдық шамасының өзгеруін жанама үдеу сипаттайды.</p> <p><b>Анықтама 2.</b> Егер материал нүкте қозғалысы бірқалыпты <math>v = \text{const}</math> болса,</p> <p><math>a_\tau = \frac{dv}{dt} = 0</math> ,</p> <p><math>a_n = a = \frac{v^2}{\rho}</math> тең.</p> <p>онда үдеу</p>	

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.

**5. Әдебиеттер: Негізгі:**

Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020

Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

**Қосымша әдебиеттер**

Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.

Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы :Эверо, 2014. - 256 с

Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы / - Алматы :Эверо, 2015. - 68 б

Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусеитов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA</b> <b>AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL</b> <b>ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 21 беті

## Электронды басылымдар

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>

Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>

"Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.

Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>

Арапов Б.Р. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. «Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

### 6. Бақылау сұрақтары:

1. Кинематикаға кіріспе. Кинематика нені зерттейді.
2. Материялық нүкте кинематикасында қарастырылатын мәселелер.
3. Нүкте қозғалысының траекториясын анықтау.
4. Нүкте қозғалысының берілу тәсілдері және теңдеулері.
5. Нүктенің жылдамдығы мен үдеуі. Нормаль және жанама үдеу.

### №4 дәріс

**1. Дәріс тақырыбы:** Қатты дене кинематикасы. Дененің қарапайым және күрделі қозғалысы. Қатты дененің ілгерлемелі, айналмалы және жазық параллель қозғалысы мен теңдеулері. Нүктенің салыстырмалы, тасымал және абсолют қозғалыстары туралы түсініктер. Кориолис үдеуі.

**2. Дәріс мақсаты:** Қатты дене кинематикасын оқып-игеру. Денелердің ілгерлемелі, айналмалы және жазық параллель қозғалыстарына талдау жасау. Салыстырмалы, тасымал және абсолют қозғалыстар туралы түсініктер қалыптастыру.

#### 3. Дәріс тезистері:

##### 4.1 Қатты дене кинематикасы

Қатты денелер кинематикасында механикалық қозғалыстың түрлері мен әрқайсысының толық сипаттамалары толық қамтылған. Қатты денелер кинематикасының негізгі мәселелері:

1. Дене қозғалысының түрлері және олардың кинематикалық параметрлерін анықтау.
2. Нүктелері арқылы денелер қозғалысына талдау жасау.

##### 4.2 Денелер қозғалысы және теңдеулері.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 22 беті

Қатты дене қозғалысының денеде белгіленіп алынған кез келген түзу өзінің бастапқы орнына параллель бола отырып, қозғалатын түрін ілгерлемелі қозғалыс деп атайды. Ілгерлемелі қозғалыс түзу сызықты да, қисық сызықты да болуы мүмкін. Ал қайталанып отыратын ілгерлемелі қозғалысты ілгерінді кейінді деп атайды. Мысалы, ІЖД поршенінің қозғалысы ілгерінді кейінді болса, автомобильдің өзінің түзу жолдағы өзінің қозғалысы ілгерлемеліге жатады.

Ілгерлемелі қозғалыстағы дененің кез келген жерінен бір А нүктесін белгілесек, оның қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты орны  $\vec{r}_A = \vec{f}(t)$  векторымен анықталады және оның координаталар осіндегі проекциялары төмендегідей болады: Бұл теңдеулер ілгерлемелі қозғалыстың векторлық және координаталық теңдеулері деп аталады.

Ілгерлемелі қозғалыс кезінде дененің нүктелері бірдей траектория сыза отырып, жылдамдықтары мен үдеулері параллель бір жаққа бағытталады және бір-біріне тең болады. Ал жылдамдықтан уақыт бойынша туынды алсақ, бір-біріне тең дене нүктелерінің үдеулерін аламыз.

Ілгерлемелі қозғалыстың тағы бір ыңғайлылығы, әсіресе инженерлік есептеулерде дененің бір нүктесі қозғалысының берілген координаталық немесе жаратылыстанудағы тәсілімен толық қозғалысын сипаттауға болатындығы.

Қозғалыстың келесі бір қарапайым түрі- дененің айналмалы қозғалысы. Қатты дененің қандай да бір екі нүктесі арқылы жүргізілген түзу бойындағы нүктелер тыныштық қалпын сақтайтын қозғалысты дененің айналмалы қозғалысы деп атайды. Ал екі нүктесі арқылы жүргізілген түзу айналу осі деп аталады. Айналмалы қозғалыс осы айналу осінен уақытқа тәуелді дененің бұрылу бұрышымен, яғни функциясымен сипатталады. Бұл функция дененің айналмалы қозғалысының теңдеуі деп аталады және радианмен өлшенеді.  $\varphi$  бұрышымен дененің орны анықталады және уақытқа байланысты өзгеріп отырады. Бұрылу бұрышы оң деп айтады, егер айналу осінің жоғары жағынан қарағанда сағат тіліне қарама-қарсы айналса, керісінше сағат тілімен бағыттас болса теріс болады.

Техникада бұрылу бұрышы көбінесе айналу жиілігіне байланысты болады. Ол былай мұндағы – белгіленген уақыт ішіндегі айналу саны. Айналмалы қозғалыс механикалық қозғалыстың ішінде кең тарғаны, күнделікті тіршілікте өте жиі кездеседі.

Егер дененің барлық нүктелері негізі деп аталатын қозғалмайтын жазықтыққа параллель қозғалатын болса, онда дененің қозғалысын жазық қозғалысы деп атайды. Мысал ретінде рельс үстінде дөңгелеп бара жатқан вагон дөңгелегін алуға болады. Дененің айналмалы қозғалысын жазық параллель қозғалысының дербес түрі деп қарастыруға болады, ал ілгерлемелі қозғалысыты болмайды, себебі ол жазық қозғалыс болмауы мүмкін.

Сонымен, жазық параллель қозғалысты екі қозғалысқа жіктеп қарастыруға болады екен, яғни дене өзінің бір нүктенің айнала отырып, ілгерлемелі қозғалыс жасайды. Дене айнала қозғалыс жасайтын нүктені полюс деп атайды және полюс ретінде дененің кез-келген нүктесін қабылдауға болады онда жазық, параллель қозғалыс нүктенің координаттары мен полюс айналасында бұрылу бұрышымен сипатталады,

Жазық параллель қозғалысты осылай жіктеуді дене нүктесінің жылдамдығын анықтау үшін пайданылады.

Параллель қозғалатын дененің кез-келген нүктенің жылдамдығы екі қозғалыстың жылдамдықтарының геометриялық қосындысынан тұрады екен. Оның бірі полюс ретінде таңдалған нүктенің жылдамдығы болса, екіншісі нүктенің осы полюс арқылы айналған

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA</b> <b>AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL</b> <b>ACADEMY</b> АО «Южно-Казakhstanская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11
Дәріс кешені	87 беттің 23 беті

кездегі жылдамдығы. Ал толық жылдамдықтың өзі осы екі жылдамдық арқылы салынған параллелограмның диагональмен анықталады, ал формуласы төмендегідей болады:

$V_B = V_A + V_{BA}$  және мұндағы:  $V_B$  - дененің бұрыштық жылдамдығы, АВ-полюстен нүктеге дейінгі арақашықтық. Жылдамдықты уақыт бойынша туында алсақ үдеудің формуласын аламыз.

### 4.3 Дененің қарапайым және күрделі қозғалысы

Денелердің қозғалысын 5 қарапайым түрге бөлуге болады: ілгерлемелі, айналмалы, жазық параллель, сфералық және еркін қозғалыстар деп. Осы қозғалыстардың барлығына ортақ теорема бар. Ол дененің екі нүктесінің жылдамдықтарының проекциясы туралы және практикалық есептерді шешуді жеңілдетеді. Сондықтан теореманы дәлелдеусіз анықтамасын беріп отырмыз. Кезкелген қозғалыстағы дененің екі нүктесі арқылы жүргізілген түзудегі сол нүктелер жылдамдықтарының проекциясы өзара тең болады.

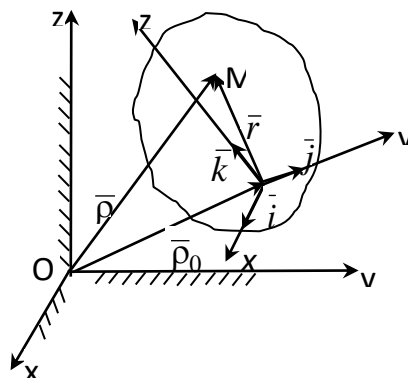
Негізінде машиналар мен механизмдер бөлшектері бір – біріне қатысты қозғалады және қозғалмайды саналатын бекіту бөлшектеріне қатысты қозғалыста. Сондықтан біз қозғалысты қозғалатын санақ жүйесі -  $X_1O_1Y_1Z_1$  және қозғалмалы санақ жүйесі –  $XOYZ$ -ке қатысты үйренеміз.

**Анықтама-1.** Материялық  $M$  нүктесінің қозғалатын санақ жүйесіне қатысты қозғалысы салыстырмалы қозғалыс деп аталады.

**Анықтама-2.** Қозғалмалы санақ жүйесінің қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты қозғалысы тасмалды қозғалыс деп аталады.

**Анықтама-3.** Материялық  $M$  нүктесінің қозғалмайтын санақ жүйесіне қатысты қозғалысы абсолют(күрделі) қозғалыс деп аталады.

Дененің жалпыланған координаталарының уақытқа байланысы, сол дененің қозғалыс заңын береді. Егер қозғалу заңы белгілі болса, онда оның кинематикалық күйі оңай анықталады. Қатты дененің қарапайым қозғалыстарына, оның ілгерілемелі және айналмалы қозғалысы жатады.



#### 4.4 Қатты дененің ілгерілемелі қозғалысы.

Дененің кез-келген екі нүктесін жалғайтын түзу, қозғалыс барысында бастапқы жағдайына параллель болса, онда қатты дене қозғалысы ілгерілемелі қозғалыс деп аталады.

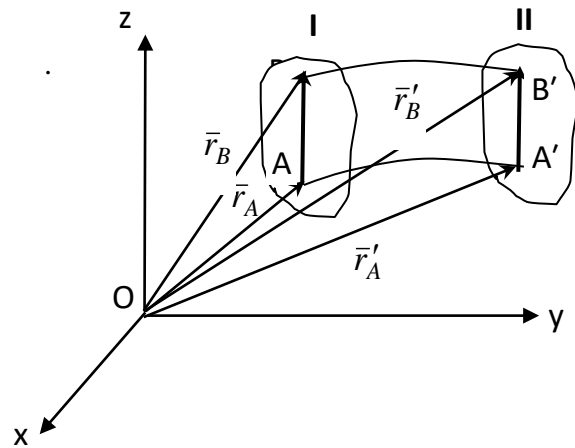
Төменгі суреттегі дене ілгерілемелі қозғалыста болсын, анықтама бойынша қатты денедегі түзу  $AB = \rho = \text{const}$ ,  $AB$ .

Нүктелердің қозғалуын  $\vec{r}_A(t)$ ,  $\vec{r}_B(t)$  – радиус-векторларымен анықтайтын болсақ, онда

$$\vec{r}_A(t) = \vec{r}_B(t) + \vec{\rho} \quad (1)$$

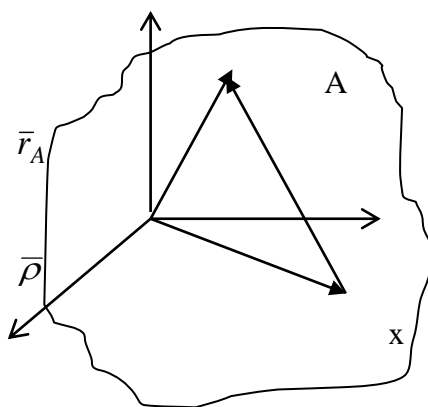
Нүктелер жылдамдықтары арасындағы тәуелділікті анықтау үшін (1) өрнектің екі жағынан уақытқа қатысты туынды аламыз:

$$\frac{d\vec{r}_A}{dt} = \frac{d\vec{r}_B}{dt} + \frac{d\vec{\rho}}{dt} \quad (2)$$



23-сурет

z



$\vec{r}_B$  B

Y

24-сурет

Сонымен, ілгерілемелі қозғалыстағы қатты дененің барлық нүктелерінің жылдамдықтары, үдеулері өзара тең болады, нүктелері бірдей траекториялармен жылжиды.

Ілгерілемелі қозғалыстағы дененің орнына оның массалық орталығын алып, материал нүкте деп қарастыруға болады. Сондықтан ілгерілемелі қозғалыстағы қатты дененің қозғалыс заңы

$$x_C = f_1(t), \quad y_C = f_2(t), \quad z_C = f_3(t), \quad (5)$$

:



#### 4.5 Қатты дененің жазықтыққа параллель қозғалысы

Қатты дененің қимасындағы нүктелер қозғалмайтын жазықтыққа параллель орын ауыстратын болса, онда дененің мұндай қозғалысын жазықтыққа параллель қозғалыс деп атайды.

Қатты дене  $XOY$  жазықтығына параллель қозғалатын болсын (1-сурет). Анықтама бойынша дене қозғалғанда оның  $S$ - қимасы қозғалмайтын  $XOY$  жазықтығына параллель қозғалады және дене  $AZ' \parallel OZ$  осьіне байланысты айналғанда  $AZ'$  өсімен бірге ілгерілемелі қозғалыста.

Дене жазықтыққа параллель қозғалғанда қимада жатқан  $A$  нүктесімен ілгерілемелі және сол нүктеге қатысты айналмалы қозғалыста болады, сондықтан оның қозғалу заңын былай жазуға болады қатысты айналмалы қозғалыста болады, сондықтан оның қозғалу заңын былай жазуға болады:

$$X_A = X(t), Y_A = Y(t), \varphi = \varphi(t) \quad (1)$$

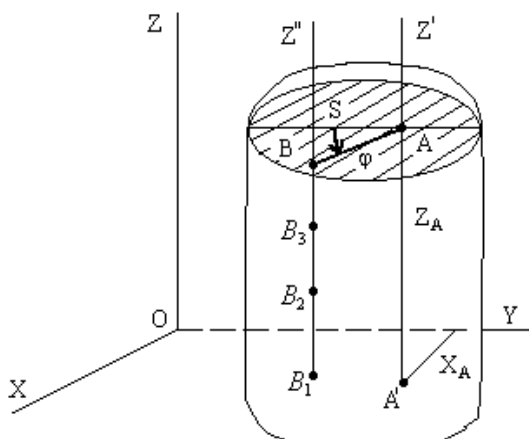
мұнда  $A$  кездейсоқ таңдалып алынған  $S$  қимасында жататын нүкте. Бұдан былай ілгерілемелі қозғалатын нүктені полюс деп атаймыз.

Қимаға перпендикуляр әр осьтің бойындағы нүктелер дене жазықтыққа параллель қозғалғанда бірдей жылдамдықпен бірдей үдеумен орын ауыстырады.

Полюс ретінде қимадағы кез-келген нүкте алынады. Қимадағы нүктелер полюсты қалай таңдап алғанда да, сол полюспен бірге бір уақытта ілгерілемелі әрі сол полюске қатысты айналмалы қозғалыста болады.

Қима жазықтыққа параллель қозғалғанда жылдамдығы нольге тең қиманың нүктесін лездік жылдамдықтар центрі деп атайды.

Айналмалы қозғалыстың анықтамасы бойынша, жылдамдығы нольге тең нүкте, яғни қозғалмайтын нүкте, айналу өсінде жататын. Сонда дәл қазіргі сәтте қимадағы нүктелердің барлығы лездік жылдамдықтар центріне қатыса айналмалы қозғалыста деп алуға болады.



Лездік жылдамдықтар центрін  $P$  деп белгілеп оны полюс ретінде қолдансақ кездейсоқ алынған  $B$  нүктесінің жылдамдығын өрнек бойынша мына түрде жазуға болады:

$$\vec{V}_B = \vec{V}_P + \vec{V}_{BP}, \quad \vec{V}_{BP} \perp BP, \quad V_{BP} = \omega \cdot BP$$

Мұнда анықтама бойынша  $V_P = 0$ , сондықтан

$$\vec{V}_B = \vec{V}_{BP}, \quad \vec{V}_B \perp BP, \quad V_B = \omega \cdot BP$$

OÑTÚSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 26 беті

## 25-сурет

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.

**5. Әдебиеттер: Негізгі:**

Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020

Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

**Қосымша әдебиеттер**

Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.

Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы :Эверо, 2014. - 256 с

Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы /. - Алматы :Эверо, 2015. - 68 б

Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусеитов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

**Электронды басылымдар**

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>

Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>

"Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.

Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>

Арапов Б.Р.Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық.«Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

**6. Бақылау сұрақтары:**

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11	
Дәріс кешені	87 беттің 27 беті	

1. Қатты денелер кинематикасы және олардың кинематикалық параметрлері.
2. Денелердің іргерлемелі және жазық параллель қозғалыстарына талдау жасау.
3. Салыстырмалы тасымал және абсолют қозғалыстар туралы түсініктер.
4. Дененің жылдамдығы мен үдеуі. Кориолис үдеуі.
5. Дененің қарапайым және күрделі қозғалысы.

### №5 дәріс

**1. Дәріс тақырыбы:** Қозғалмайтын ось бойынша дененің айналуы. Айналмалы қозғалыс кезіндегі бұрыштықжылдам-дық және удеу. Шеңбер бойымен айналып тұрған дене нүктелерінің жылдам-дығы мен удеуі. Толық удеудің шамасы мен бағыты. Бірқалыпты және бірқалыпсыз айналмалы қозғалыс.

**2. Дәріс мақсаты:** Денеің және айналып тұрған дене нүктелерінің айналмалы қозғалыстары туралы түсініктер қалыптастыру. Сызықтық және бұрыштық кинематикалық қатынастар арасындағы байланыстар. Жылдамдық пен үдеудің шамасы мен бағытын анықтай білу.

#### 3. Дәріс тезистері:

##### 5.1 Қозғалмайтын ось бойынша дененің айналуы

Қатты дененің қарапайым қозғалыстарының бірі – айналмалы қозғалыс. Егер қозғалып тұрған дененің бойындағы екі нүктесі (немесе онымен қатаң байланысқан) қозғалыстың барлық уақытында да қозғалмайтын болса, онда айналмалы қозғалысы делінеді. Екі нүкте арқылы жүргізілген түзу айналу осі деп аталады. Оның бойындағы нүктелер қозғалмайтын болады, ал қалған нүктелер айналу осіне перпендикуляр жазықтықта центрі сол осьте жататын шеңбер бойымен қозғалыс жасайды. Айналамызда айналмалы қозғалыс жасайтындар өте көп кездеседі. Мысалы: автомобиль дөңгелегі, ығыстырғыш шнегі, сағат тілі, т.б.

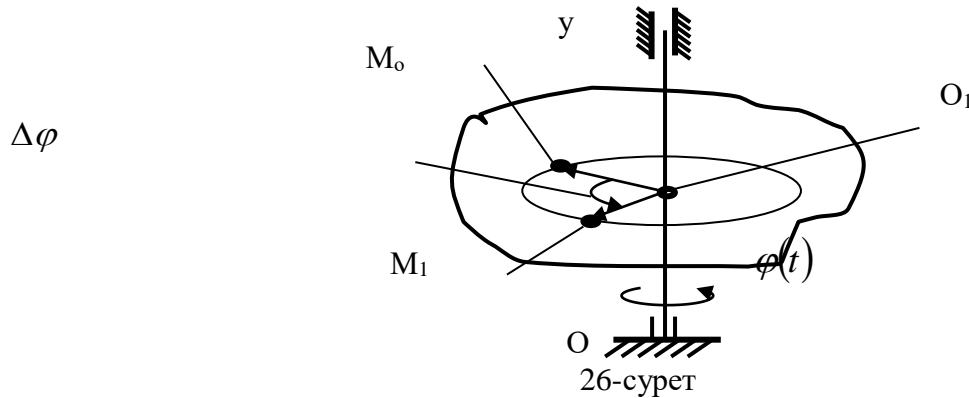
##### 5.2 Айналмалы қозғалыс теңдеуі

Қозғалмайтын осьті айнала қозғалуды түсіндіру үшін екі жазықтық аламыз, оның бірі қозғалмайтын, екіншісі денемен бірге қозғалатын. Онда қозғалатын жазықтық біраз уақыт өткенде  $\varphi$  бұрышына бұрылады және уақыт өткен сайын өзгеріп отырады. Нәтижесінде бұл бұрыштың уақытқа тәуелді функциясы екенін түсінеміз, яғни  $\varphi = f(t)$ . Бұл дененің бұрылу немесе айналу бұрышы делінеді және радианмен өлшенеді. Айналу бұрышы оң деп қабылданады, егер айналу осінің ұшынан қарағанда ол сағат тіліне қарама-қарсы бағытталса, керісінше теріс болады. Соңғы өрнек қозғалмайтын ось бойынша дененің айналмалы қозғалысының теңдеуі деп аталады және дененің айналу бағытын көрсетеді.

##### 5.3 Дененің бұрыштық жылдамдығы мен үдеуі

Дененің бір түзу бойында жылжымайтын нүктелері болып, ал қалған нүктелері сол түзудің айналасында шеңбер бойымен қозғалатын болса, оны қатты дененің айналмалы қозғалысы деп атайды (8 – сурет).

Дененің айналу осін ОУ деп белгілейік, осы өстің айналасында дене  $\varphi$  бұрышына бұрылатын болса, онда оның барлық нүктелері де дәл сондай бұрышқа бұрылатыны белгілі, яғни дененің еркіндік дәрежесі бірге тең болады. Олай болса дененің кез келген уақыттағы орны  $\varphi = \varphi(t)$  функциясы арқылы толық анықталатын болады. Ол функция дененің қозғалу немесе айналу заңы деп аталады.



Бастапқы мезетте дененің кез келген бір  $M_0$  нүктесін қарастырсақ, ол  $\Delta t$  уақыт өткенде  $\Delta \varphi$  бұрышына бұрылады, ал олардың қатынасы

$$\frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \omega_{op.}$$

дененің орташа бұрыштық жылдамдығы, ал оның  $\Delta t \rightarrow 0$  мезетіндегі шегі, яғни

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt} \quad [\text{рад/сек}]$$

дененің бұрыштық жылдамдығы деп аталады.

Дәл осы сияқты бұрыштық жылдамдықтың өзгеру шапшаңдығын (тездігін) бұрыштық үдеу деп атайды, яғни

$$\varepsilon_{op.} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \quad \text{орташа бұрыштық үдеу деп,}$$

$$\text{ал } \omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} \quad [\text{рад/сек}^2]$$

дененің бұрыштық үдеуі деп аталады.

Егер дене бір минут аралығында « $n$ » айналыс жасаса,  $M_0$  нүктесі  $\varphi = 2\pi n$  бұрышқа бұрылады, онда оның бұрыштық жылдамдығы

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30} \quad \text{рад/сек} \quad \text{болады.}$$

Егер  $\omega$  тұрақты болса, оның өрнегінен  $d\varphi = \omega dt$  болатынын, ал оның интегралы

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t,$$

мұндағы  $\varphi_0$  - бастапқы бұрылу бұрышы

Бұрыштық үдеу айнымалы болса, яғни  $\varepsilon = \varepsilon(t)$ , дененің қозғалысы не үдемелі не тежемелі (кемімелі) болады (бұрыштық жылдамдық пен үдеудің таңбаларына байланысты).

Бұрыштық үдеу  $\varepsilon$  тұрақты болған жағдайда, дененің айналмалы қозғалысы бірқалыпты айналмалы қозғалыс деп аталады, ал қозғалыс заңы және бұрыштық жылдамдық келесі түрде анықталады:

$$\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon, \text{ осыдан } d\omega = \varepsilon dt,$$

ал оның интегралы  $\omega - \omega_0 = \varepsilon t$ , яғни  $\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$  бұрыштық жылдамдық;

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega, \text{ осыдан } d\varphi = \omega dt, \text{ немесе } d\varphi = (\omega_0 \pm \varepsilon) dt, \text{ оның интегралы}$$

$$\varphi - \varphi_0 = \omega_0 t \pm \frac{1}{2} \varepsilon t^2, \text{ осыдан } \varphi = \varphi_0 + \omega_0 t \pm \frac{1}{2} \varepsilon t^2 \text{ қозғалыс заңы табылады.}$$

#### 5.4 Айналып тұрған дененің сызықтық жылдамдығы мен үдеуі

Кез келген бір  $M_0$  нүктесінің сызықтық жылдамдығы ол жасайтын шеңберге жанама және айналу бағытына бағыттас болады (27-сурет):

$$V = \omega R,$$

мұндағы  $R$  -  $M_0$  нүктесінің жасаған шеңберінің радиусы. Ал оның үдеуі

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t \text{ екі құраушыдан тұрады.}$$

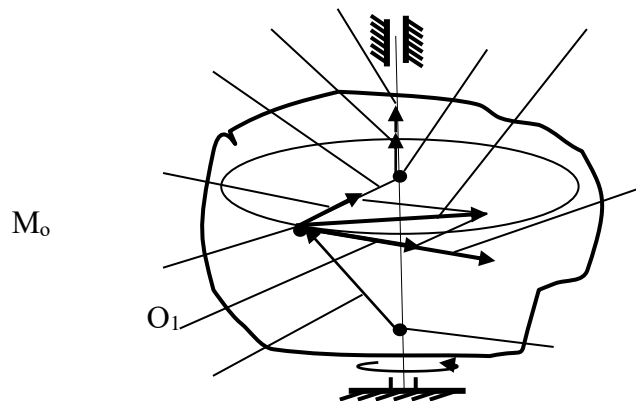
$$\omega \quad \varepsilon \quad O \quad \vec{a}$$

$R$

$$\vec{a}_n \quad \vec{V}_{M_0}$$

$$\vec{a}_t$$

$$\vec{r}$$



27-сурет.

Мұндағы  $\vec{a}_n$  радиус бойымен  $O$  нүктесіне бағытталған нормаль, ал  $\vec{a}_t$  тангенциал, шеңберге жанама бағытымен, үдемелі қозғалыс болса  $\vec{V}$  - ға бағыттас, керісінше тежемелі қозғалыс болса  $\vec{V}$  - ға қарсы бағытталатын үдеулер болып табылады.

$$\vec{V} = \vec{\omega} \times \vec{r}, \text{ оның модулі } V = \omega \cdot r \cdot \sin(\vec{\omega}, \vec{r}), \text{ ал}$$

$$r \cdot \sin(\vec{\omega}, \vec{r}) = R \text{ болғандықтан, } V = \omega R \text{ екенін аламыз.}$$

Айналмалы қозғалыс жасайтын дененің кез келген нүктесінің үдеуін табу үшін жылдамдықтың өрнегінен уақыт бойынша, бір туынды аламыз.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{\varepsilon} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \vec{V}$$

$$\text{Бұл жердегі } \vec{a}_t = \vec{\varepsilon} \times \vec{r}, \text{ оның модулі } a_t = \varepsilon \cdot r \cdot \sin(\vec{\varepsilon}, \vec{r}) = \varepsilon \cdot R$$

нүктенің тангенциал үдеуі деп, ал  
 $\bar{a}_n = \bar{\omega} \times \bar{V}$ , оның модулі  $a_n = \omega \cdot V \sin(\bar{\omega}, \bar{V}) = \omega \cdot V = \omega \cdot \omega \cdot R = \omega^2 R$   
( $\bar{\omega} \perp \bar{V}$  - болғандықтан,  $\sin 90^\circ = 1$ ), нормаль үдеу деп аталады.  
Нүктенің толық үдеуі  $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2} = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$  болса онда,  
оның бағыты  $tg(\bar{a}, \bar{a}_n) = \frac{a_t}{a_n} = \frac{\varepsilon}{\omega^2}$  өрнегімен анықталады.

**Анықтама.** Қатты дененің кейбір нүктелері қозғалмай, қалған нүктелері қозғалмайтын нүктелерге қатысты шеңбер бойынша қозғалыста болса, онда қатты дененің қозғалысы айналмалы қозғалыс деп аталады.

**Анықтама.** Қатты дененің қозғалмайтын нүктелер жиыны айналу өсі деп аталады.

Қатты дене z-осыне қатысты (I жағдай)  $\varphi$ -бұрышқа бұрылса, (II жағдай), онда қатты дененің кез-келген нүктесі де сол бұрышқа бұрылатын болғандықтан, айналмалы қозғалыс заңы, айналу бұрышымен сипатталады:

$$\varphi = \varphi(t) \quad (1)$$

**Анықтама.** Айналу шапшаңдығын сипаттайтын векторлық шама бұрыштық жылдамдық деп аталады.

$$\bar{\omega} = \frac{d\varphi}{dt} \quad (2)$$

**Анықтама.** Бұрыштың жылдамдықтың уақыт бірлігі ішінде өзгеруін сипаттайтын векторлық шама бұрыштық үдеу деп аталады.

$$\bar{\varepsilon} = \frac{d\bar{\omega}}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad (3)$$

Егер дене n айналым жасайтын болса, онда оның айналу бұрышы  $\varphi = 2\pi n$ .

Бұрыштық жылдамдық пен айналым саны арасындағы байланыс:

$$\omega = \frac{n\pi}{30} \quad (4)$$

Мұнда бұрыштық жылдамдық бірлігі (рад/сек), бұрыштық үде бірлігі (рад/сек<sup>2</sup>). (3)  
теңдеуден  $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$  немесе  $d\omega = \varepsilon \cdot dt$  (5)

(5) дифференциал теңдеуді интегралдай отырып, бұрыштық жылдамдықты анықтаймыз:

Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11
Дәріс кешені	87 беттің 31 беті

$$\int_{\omega_0}^{\omega} d\omega = \varepsilon \int_0^t dt; \quad (6)$$

$$\bar{\omega} - \bar{\omega}_0 = \bar{\varepsilon}t; \quad (7)$$

$$\bar{\omega} = \bar{\omega}_0 \pm \bar{\varepsilon}t, \quad (8)$$

$$\text{Бұрыштық үдеу: } \bar{\varepsilon} = \frac{\bar{\omega} - \bar{\omega}_0}{t}, \quad (9)$$

Мұнда  $\omega_0$  – бастапқы бұрыштық жылдамдық.

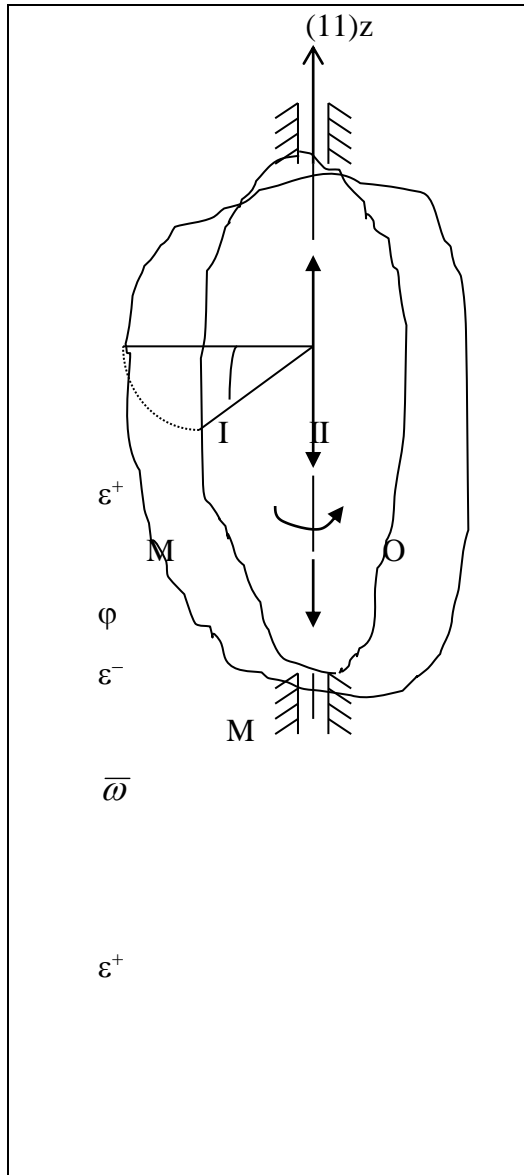
(2) теңдеу бойынша  $\bar{\omega} = \frac{d\bar{\varphi}}{dt}$  болғандықтан, (8) теңдеу

$$\frac{d\bar{\varphi}}{dt} = \bar{\omega}_0 \pm \bar{\varepsilon}t; \quad (10)$$

$$d\bar{\varphi} = \bar{\omega}_0 dt \pm \bar{\varepsilon}t dt; \quad (11)$$

(10) теңдеуді интегралдай отырып, айналмалы қозғалыс (заңын) теңдеуін аламыз:

$$\int_{\varphi_0}^{\varphi} d\bar{\varphi} = \bar{\omega}_0 \int_0^t dt \pm \bar{\varepsilon} \int_0^t t dt; \quad (12)$$



$$\varphi - \varphi_0 = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}; \quad (13)$$

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}, \quad (14)$$

Мұнда  $\varphi_0$  – бастапқы айналу бұрышы.

$$\varphi - \varphi_0 = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}; \quad (13)$$

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}, \quad (14)$$

Мұнда  $\varphi_0$  – бастапқы айналу бұрышы.

Егер  $\bar{\omega} = const$ ,  $\varepsilon = 0$  болса, онда бірқалыпты айналым қозғалысы.

Егер  $\bar{\omega} > 0$ ,  $\varepsilon = const$  болса, онда бірқалыпты үдемелі немесе кемімелі қозғалысы.

Егер  $\varepsilon > 0$  болса, онда үдемелі айналым қозғалысы.

Егер  $\varepsilon < 0$  болса, онда кемімелі айналым қозғалысы.

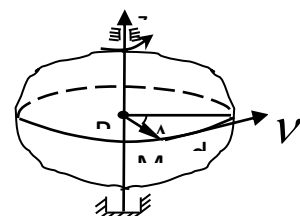
Айналым қозғалыстағы нүктенің сызықтық жылдамдығы мен үдеуі

Айналып тұрған қатты дененің М нүктесі, айналу осінен  $\rho = R$  қашықтықта шеңбер бойынша қозғалады, оның сызықтық жылдамдығы:

$$\bar{v} = R\bar{\omega}.$$

**Анықтама.** Айналым қозғалыстағы нүкте жылдамдығы айналу осімен нүктеге дейінгі қашықтықтың бұрыштық жылдамдыққа көбейтіндісіне тең.

Жылдамдық  $\bar{v}$  шеңберге жүргізілген жанама бойынша бағытталған, айналу осінде





O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казakhstanская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 33 беті

орналасқан нүктенің жылдамдығы нөлге тең.

Үдеу жылдамдықтан уақыт бойынша алынған туындымен анықталады:

$$\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} = \varepsilon \cdot R + \omega \cdot \bar{v},$$

Мұнда: жанама үдеу  $-\bar{a}_\tau = \bar{\varepsilon} \cdot R$

Нормаль үдеу  $-\bar{a}_n = \bar{\omega} \cdot \bar{v} = \bar{\omega}^2 R$ .

Толық үдеу шамасы:

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^2},$$

Бағыты: 
$$tg\left(\hat{a}, a_n\right) = \frac{a_\tau}{a_n} = \frac{\varepsilon}{\omega^2}.$$

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.

**5. Әдебиеттер: Негізгі:**

Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020  
 Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

**Қосымша әдебиеттер**

Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.

Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы :Эверо, 2014. - 256 с

Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы / . - Алматы :Эверо, 2015. - 68 б

Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусейтов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

**Электронды басылымдар**

OÑTÚSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11	
Дәріс кешені	87 беттің 34 беті	

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>

Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>

"Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.

Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>

Арапов Б.Р. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. «Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

## 6. Бақылау сұрақтары:

1. Қозғалмайтын ось бойынша дененің айналуы және олардың параметрлері.
2. Дененің бұрыштық жылдамдығы мен үдеуі.
3. Айналып тұрған дененің сызықтық жылдамдығы және үдеуі.
4. Толық үдеудің шамасы мен бағыты.

## №6 дәріс

**1. Дәріс тақырыбы:** Динамика және негізгі мәселелері. Материалдық нүкте динамикасы. Динамиканың негізгі заңдары мен теоремалары. Нүкте қозғалысының дифференциал теңдеулері. Үйкеліс теориясы. Үйкелістің түрлері. Даламбер принципі.

**2. Дәріс мақсаты:** Динамиканың негізгі мәселелерін шеше білу. Нүкте, қатты денелер және механикалық жүйелердің динамикасы туралы түсініктер қалыптастыру. Динамиканың негізгі заңдарын қолдануға және дифференциал теңдеулерін шешуге дағдыландыру. Үйкеліс құбылысы туралы түсінік.

## 3. Дәріс тезистері:

### 6.1 Динамика және негізгі мәселелері

Динамика денелер немесе материялық нүктелер қозғалысын және оның пайда болу себептерін қарастыратын механиканың бөлімі. Динамика – күш дегенді білдіретін грек сөзі. Денелердің қозғалыс динамикасында әсер ететін күштер мен денелердің масалары ескеріле отырып қозғалыстары толық зерттеледі.

Динамикада негізгі заңдары мен жалпы теоремаларына сүйене отырып, келесі негізгі екі мәселе шешіледі. Бірінші мәселеде массасы және қозғалыс заңы бойынша әсер етуші күштер анықталады. Бұл динамиканың тура мәселесі деп аталса да, оны шешу үшін алдымен кинематикалық шарттарға сәйкес үдеу анықталуы тиіс, сонан соң динамиканың негізгі заңдары бойынша қозғаушы күштер анықталады.

Екінші мәселеде, масса мен қозғаушы күш арқылы қозғалыс сипатталады. Бұл динамиканың мәселіне кері делініп, динамика заңдарын пайдаланып шешіледі және тура мәселеге қарағанда кері мәселені шешу қиынырақ.

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 35 беті

## 6.2 Материялық нүкте динамикасы

Денелер мен материялық нүкте, тіпті механикалық жүйе динамикасында да жоғарыда айтылған екі мәселе қарастырылады. Материялық нүкте динамикасында осы мәселер мына төмендегі ретпен шешіледі:

1. Санақ жүйесі таңдалып, нүктеге әсер етуші күштер көрсетіледі.
2. Нүкте байланыста болса, ойша байланыстан босатылады да, байланыс реакция күштерімен алмастырылады.
3. Барлық күштерді проекциялай отырып, таңдап алынған санақ жүйесіне қатысты материялық нүкте қозғалысының дифференциал теңдеулері құрылады.
4. Дифференциал теңдеулер шешіле отырып, белгісіз реакциялар анықталады.

## 6.3. Динамиканың негізгі заңдары

Классикалық механикадағы Ньютонның үш заңы және күш әсерінің тәуелсіздік заңы динамиканың негізгі заңдары болып саналады, сондықтан классикалық анықтамаларын өзгертпей беруге тырыстық.

1. Инерция заңы. Егер денеге басқа бірдене әсер етпесе, онда ол тыныштық күйін немесе түзу, не қисық сызықты бір қалыпты қозғалысын сақтайды. Дененің бұл қасиетін инерциялық қасиеті деп атайды.
2. Механиканың негізгі заңы. Дененің үдеуі оған әсер ететін күшке тура пропорционал және онымен бағыттас болады  $a = F/m$  осы негізгі заңнан денеге әсер ететін күш оның массасы мен үдеуінің көбейтіндісіне тең болады деген шығады, яғни  $F = ma$ .
3. Әсер және қарсы әсер заңы. Әрбір әсерге шамасы тең бағыты қарама-қарсы, әсер туындайды. Бұл заң денелердің бір-біріне әсерлерін сипаттайды.
4. Күштер әсерінің тәуелсіздік заңы. Дененің (нүктенің) бірнеше күштің әсерінен туындайтын үдеуі, сол күштердің геометриялық қосындысына тең, тең әсер күштің әсерінен болатын үдеудей болады.  $a = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n$  Теңдіктің екі жағында массаға көбейтсек,  $m$  көбейтіндісі  $ma = ma_1 + ma_2 + \dots + ma_n = F_1 + F_2 + \dots + F_n = F$

Материялық денелердің қозғалысын, оған әсер ететін күштерді және дененің массасын ескеріп, зерттейтін ілім денелердің қозғалысының динамикасы деп аталады. Дененің массасы оның тығыздығы ( $\rho$ ) мен көлеміне ( $Q$ ) тура пропорционал, яғни

$$m = \rho \cdot Q$$

Физика пәнінен  $m = \frac{G}{g}$ , екені белгілі

Мұндағы  $G$  - дененің салмағы,  $g$  - еркін түсу үдеуі.

Материялық нүктенің динамикасы. Динамиканың негізгі заңдары.

1. Инерция заңы (Галлилей – Ньютон заңы). Егер денеге күш әсер етпесе, ол тыныштық қалпын немесе түзу сызықты бірқалыпты қозғалысын сақтайды. Бұл дененің (нүктенің) инерциялық қасиеті деп аталады.

2. Ньютонның екінші заңы. Нүктенің қозғалу мөлшері  $m\bar{V}$  күшке тура пропорционал өзгереді, яғни

$$\frac{d(m\bar{V})}{dt} = \bar{F}.$$

Дененің массасы  $m$  тұрақты болғандықтан, ал  $\frac{d\bar{V}}{dt} = \bar{a}$  екенін ескерсек

$$m\bar{a} = \bar{F},$$

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 36 беті

мұндағы  $\bar{a}$  - нүктенің үдеуі, ол күштің бағытына бағыттас болады.

3. Ньютонның үшінші заңы. Әр сәтте кез келген әсерге, оған бағыты қарама қарсы, тең шамалы, кері әсер табылады, яғни

$$\bar{F}_1 = -\bar{F}_2$$

4. Күш әсерінің тәуелсіздік заңы. Нүктеге түсірілген бірнеше күштердің әсері сол күштердің жеке түсірілген тең әсер күшінің әсеріне тең. Бұдан шығатыны, егер денеге  $\bar{F}_1, \bar{F}_2, \dots, \bar{F}_n$  күштері әсер етсе, онда Ньютонның екінші заңын былай жазуға болады:

$$m\bar{a} = \sum_{K=1}^n \bar{F}_K, \text{ мұндағы } \bar{a} = \bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \dots + \bar{a}_n$$

Бұл динамиканың негізгі теңдеуі болып табылады.

Еркін материялық нүкте қозғалысының дифференциалды теңдеуі.

Массасы  $m$  материялық нүктесіне  $\bar{F}_1, \bar{F}_2, \dots, \bar{F}_n$  күштер жүйесі әсер етеді. Олай болса, динамиканың негізгі теңдеуі былай жазылады:

$$m\bar{a} = \sum_{K=1}^n \bar{F}_K, \text{ егер нүктенің орнын полярлық координатта } \bar{r} \text{ арқылы белгілесек, онда}$$

$$m \frac{d^2 \bar{r}}{dt^2} = \sum_{K=1}^n \bar{F}_K,$$

ал қозғалыс Декарт координаттар жүйесінде берілсе, динамиканың негізгі теңдеуі былай жазылады:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = \sum_{k=1}^n F_{kx}, \quad m \frac{d^2 y}{dt^2} = \sum_{k=1}^n F_{ky}, \quad m \frac{d^2 z}{dt^2} = \sum_{k=1}^n F_{kz}.$$

Нүкте динамикасының негізгі екі есебі бар, олар:

1. Массасы мен қозғалу заңы берілсе, нүктені қозғаушы күштерді анықтау;
2. Массасы мен қозғаушы күші берілген жағдайда оның қозғалу заңын анықтау.

#### 6.4 Үйкеліс түрлері

Бірдене келесі бір дененің үстімен жылжу барысында әрдайым салыстырмалы қозғалысқа кедергі туындайды. Осы құбылысты үйкеліс деп атайды. Үйкелісті екіге бөліп, құрғақ үйкеліс және сұйықтық үйкеліс деп қарастырады. Жартылайсұйық, не құрғақ та болуы мүмкін. Егер жанасатын беттер тікелей жанасатын болса, онда құрғақ үйкеліс делінеді. Егер беттер арасында сұйықтық, әсіресе май қабаты болып, тікелей жанаспайтын беттердегі үйкеліс түрін сұйықтық деп атайды.

Техникада үйкеліс құбылысының пайдалы жағы да, зиянды жағы да бар. Үйкелістің көмегімен қозғалыс, берілістер жасалса, тежеуіште, т.б. жұмысшы органдар да пайдалы жұмыстар атқарады. Сонымен қатар үйкелісетін беттер зақымданып, бөлшектер жарамсыз күйге ұшырап, техникалар істен шығып жатады.

Осы техникаларда қозғалыс түрлеріне байланысты сырғанау үйкелісі және домалау (теңселу) үйкелісі деп жатады. Сырғанау үйкелісі деп жанасатын денелердің жанасу нүктелеріндегі жылдамдықтары әртүрлі болатын қозғалыс үйкелісін айтады. Ал домалау үйкелісі деп жанасу нүктелеріндегі жылдамдықтарының шамасы да, бағыты да бірдей болатын қозғалыс үйкелісін айтамыз.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 37 беті

Сырғанау үйкелісі барысында бір дененің жанасатын бетінің бөлігі, тек сол бөлік қана басқа дененің әртүрлі бетімен жанасады. Ал домалау, не теңселу үйкелісі кезінде бір дененің әртүрлі беттері басқа дененің сәйкес беттері мен үнемі біртіндеп жанасып жатады. Сондай-ақ машина құрамындасырғанау, домалау үйкелісіне де қатысатын бөлшектер болады.

Үйкеліс түрлерінің табиғаты әртүрлі болғандықтан, машиналар мен механизмдердегі үйкелістерді есепке алу әдістері де әртүрлі, бірақтабарлығы да үйкеліс күшімен сипатталады. Денелердің жанасу беттерінде пайда болатын және жанама бойынша қозғалыс бағытына қарсы бағытталған кедергі күшті үйкеліс күші деп атайды.

Егер үйкелісіп жатқан беттерді үлкейтіп қарайтын болсақ, сол беттердің абсолютті тегіс еместігін, яғни кедір-бұдыр екенін көруге болады. 1-суретте осындай беттер үлкейтіліп көрсетілген. Ондағы элементар беттің реакциясын жалпы нормаль бойынша бағыттап, жылдамдық бағыты мен оған перпендикуляр құраушысына жіктесек, онда  $N$  нормаль құраушысы ауырлық күшімен теңгеріледі де,  $F$  күші қозғалысқа кедергі жасап қалып қалады. Міне, осы күш үйкеліс күші деп аталады. 1.6 – суретінде домалап бара жатқан денелер арасындағы үйкеліс күші көрсетілген.

### 6.5 Үйкеліс теориясы

Үйкеліс өте күрделі құбылыс, сондықтан ол толық зерттеліп біткен жоқ. Үйкеліс күшінің шамасы қалыпты (нормаль) қысымға тура пропорционал болады деген заңдылықты 1508 жылы Леонардо да Винчи ашса, оны 1699 жылы француз ғалымы Амонтон дәлелдеген. Сол формула  $F_{\text{үйк}}=f \cdot N$  бүгінгі күнге дейін қолданылуда.

Одан кейінгі зерттеушілердің тұжырымдаған үйкеліс теорияларын үш топқа, үйкелістің механикалық, молекулалық және молекула-механикалық теориясына бөлуге болады. Үйкелістің механикалық теориясының негізін салушылар сыртқы үйкеліс денелер беттерінің тегіс еместігінен болатын ілінісу шартына және денелердің абсолют қатты дене деп алыну шартына байланысты болады деп тұжырымдаған. Бұл тұжырымды алғаш ұсынған француз физигі И. Делагир болатын.

Молекулалық теорияны алғаш ұсынған ағылшын ғалымы И. Деагюлье. Үйкелістің молекулалық теориясы екі дененің жанасып тұрған беттері арасында пайда болатын молекулалық тартылысты жеңуге және үйкелген сайын кедір-бұдыр азайып, үйкеліс күші арта түсетіндігіне негізделген. Өйткені беттер неғұрлым жақындаса түссе, олардың арасындағы кедергі арта түседі. Үйкеліс кезінде қатты денелердің молекулалық өзара әсеріне назар аударған және ол өзара ілінісу деп атаған. Кулон болатын және сол бойынша мына формуланы ұсынған:

$$F_{\text{үйк}}=A+fN$$

мұндағы  $f$  – үйкеліс коэффициенті,  $N$  – қалыпты қысым, ал  $A$  – қысымға тәуелді емес, беттердің жанасу тәсілдеріне байланысты тұрақты үйкеліс алдын-ала жабысудан (ілінісуден) туындайтын тұрақты үйкеліс.

1939 жылы И. В. Крагельский үйкелістің молекула-механикалық теориясын ұсынған. Ол теория бойынша үйкеліс сыртқы және ішкі құраушылардан тұрады деп есептеген. Сөйтіп,  $F_{\text{үйк}}=F_{\text{мех}}+F_{\text{мол}}$  деген, мұндағы  $F_{\text{мех}}$  – үйкелістің сыртқы механикалық құраушысы болса,  $F_{\text{мол}}$  – үйкелістің ішкі молекулалық құраушысы.

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.

**5. Әдебиеттер: Негізгі:**

Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 38 беті

Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

### Қосымша әдебиеттер

Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.

Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы : Эверо, 2014. - 256 с

Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы / . - Алматы : Эверо, 2015. - 68 б

Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусеитов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

### Электронды басылымдар

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>

Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>

"Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.

Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>

Арапов Б.Р. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. «Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

### 6. Бақылау сұрақтары:

1. Материялық нүкте және қатты денелер динамикасы.
2. Динамиканың негізгі заңдары мен жалпы теоремалары.
3. Нүкте қозғалысының дифференциал теңдеулері.
4. Үйкеліс құбылысы. Үйкеліс түрлері және үйкеліс теориясы.

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11	
Дәріс кешені	87 беттің 39 беті	

## 5. Инерция және қозғалысқа кедергі күші.

### №7 дәріс

**1. Дәріс тақырыбы:** Динамика. Механикалық қозғалыстың күштік қабілеттілік сипатта- малары. Түзу және қисық сызықты қозғалыстағы күштің жұмысы. Күш қуаты және пайдалы әсер коэффициенті. Кинетикалық және потенциалдық энергия. Механикалық энергияның сақталуы мен өзгеруі

**2. Дәріс мақсаты:** Механикалық қозғалыстың күштік қабілетін сипаттайтын шамаларды: күш импульсі, жұмысы, қуаты және қозғалыс мөлшері мен кинетикалық, потенциалдық энергиялар туралы ұғымдарды оқып игеру және оларды практикада есептеп дағдылану, іс жүзінде қолдана алатындай еттік.

### 3. Дәріс тезистері:

#### 7.1. Механикалық қозғалыстың күштік параметрлерінің сипаттамасы.

Механикалық қозғалыстың күштік параметрлері екі түрлі өлшеммен сипатталады. Егер қозғалыс өлшемі ретінде қозғалыс мөлшері таңдалса, онда әсер етіп тұрған күштердің әсерінің өлшемі ретінде, сол күштердің импульсі алынады. Бұл жағдайда механикалық қозғалыс басқа қозғалыстарға өзгермейді.

Ал қозғалыс өлшемі ретінде кинетикалық энергия қабылданса, онда әсер етіп тұрған күштердің әсерінің өлшемі ретінде сол күштердің істеген жұмысы алынады. Бұл жағдайда механикалық қозғалыс материялық басқа қозғалыс түріне өзгеруі мүмкін. Осы қозғалыстың күштік қабілеттілігін сипаттайтын физикалық шамаларға жеке-жеке тоқталайық.

#### 7.2. Күш импульсі және қозғалыс мөлшері

Бір уақыт аралығында денелердің өзара әсерлесуі қозғалыстарының өзгеруіне себепші болады. Күштің әсері күш модулі мен дене массасына тәуелді болып қана қоймай, әсер ету уақытына да байланысты болады. Берілген уақыт аралығында күштің денеге әсерінің сипаттамасын анықтау үшін күш импульсі ұғымы енгізіледі және элементар импульс арқылы түсіндіріледі.

Элементар импульс деп күш пен оның әсер ететін шексіз аз уақыт аралығына көбейтіндісіне тең векторлық шаманы айтады, яғни  $ds = Fdt$ . Бұның координаталар осьтеріндегі проекциялары төмендегідей болады.

Тұрақты күштердің кез келген уақыт аралығындағы импульсін анықтау үшін сол уақыт аралығында интегралдаймыз және күшпен бағыттас толық импульсті аламыз. Күш уақытқа тәуелді айнымалы болса, онда импульс векторының координата осьтеріндегі проекциялары анықталады. Егер денеге бірнеше күш әсер ететін болса, онда жалпы импульс әрбір күштің импульстарының геометриялық қосындысына тең болады. Ары қарата күштің толық импульсінің модулі есептеледі және бағыттаушы косинустар арқылы бағыты анықталады. Күш импульсінің бірлігі ретінде С жүйесінде  $1Н \cdot c = 1кг \cdot м/с$  алынса, техникалық жүйеде 1 килограмм күш-секунд алынды. Егер денеге бірнеше күш әсер етеді.

Дененің механикалық қозғалысының векторлық өлшемі қозғалыс мөлшері деп аталатын вектормен беріледі. Қозғалыс мөлшері масса мен жылдамдықтың көбейтіндісіне тең және жылдамдықпен бағыттас болады, ал өлшем бірлігі күш импульсіндей болады.

Күштің уақыт бірлігіндегі жұмыс істеу қабілетін қуат дейді.

$dt \rightarrow dA = \vec{F} \cdot d\vec{s}$  болады, онда күш қуаты былай өрнектеледі:

$$W = \frac{dA}{dt} = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{s}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{V} = F \cdot V \cos \alpha \quad \eta = \frac{W_n}{W_T}$$

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 40 беті

Сонымен қуат күштің жанама құраушысы  $F_t$  мен  $V$  көбейтіндісіне тең. СИ жүйесінде  $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/сек. МКГСС 1 а.к.} = 75 \frac{\text{кг.м}}{\text{сек}}$

Онда машинаның толық жұмысы  $A_T = A_{\Pi} + A_3 \rightarrow A_{\Pi} = A_T - A_3$

Пайдалы жұмыстың машинаның толық жұмысына қатынасы ПӘК деп аталады және  $\eta$  әрпімен белгіленеді

$$\eta = \frac{A_{\Pi}}{A_T} = \frac{A_T - A_3}{A_T} = 1 - \frac{A_3}{A_T} \quad 0 \leq \eta < 1 \quad \text{көбінесе \% есептеледі.}$$

Айналып тұрған дененің жұмысы мен қуаты.  $\pm M_z(\bar{F})\varphi$

$$dA = F_t dS = F_t h d\varphi = \pm M_z(\bar{F})\varphi; \quad A = \pm \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} M_z(\bar{F})\varphi = \pm M_z(\bar{F})(\varphi_1 - \varphi_0)$$

$$W = \frac{dA}{dt} = \frac{M_z(\bar{F})d\varphi}{dt} = M_z(\bar{F})\omega$$

Айналым қозғалыстағы денеге әсер ететін күштің қуаты айналдырушы момент пен дененің бұрыштың жылдамдығының көбейтіндісіне тең.

### 7.3 Күш импульсы және қозғалысы мөлшері.

Бір уақыт аралығында денелердің өзара әсерлесуі қозғалысының өзгеруіне себепші болады. Күштің әсерері күш модулі мен дене массасына тәуелді болып қана қоймай, әсер ету уақытына да байланысты болады. Берілген уақыт аралығында күштің денеге әсерінің сипаттамасын анықтау үшін күш импульсы деген ұғым енгізіледі және элементар импульсы арқылы түсіндіріледі. Элементар импульс деп күш пен оның әсер ететін шексіз аз уақыт аралығына көбейтіндісіне тең в.ш.а.  $d\bar{S} = \bar{F} dt$  және күш векторымен бағыттас болады.

$$\bar{S} = \int_0^t \bar{F} dt \quad \left\{ \begin{array}{l} 1) \bar{F} = \text{const} \text{ болғанда, } \bar{F}(t - 0) = \bar{F} \cdot t \quad 1 \text{ н} \cdot \text{с} \frac{1 \text{ кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \text{ техн. жүйе } 1 \text{ кг} \cdot \text{с} \\ 2) \bar{F} - \text{күш айнымалы болғанда, үш коор} - T \text{ осіне проекцияланады} \\ S_x = \int_0^t F_x dt; \quad S_y = \int_0^t F_y dt; \quad S_z = \int_0^t F_z dt. \end{array} \right.$$

Егер денеге бірнеше күш әсер ететін болса, онда жалпы импульс әрбір күштің импульстарының геом-лық қосындысына тең.

Дененің мех-лық қозғалысының векторлық өлшемі қозғалыс мөлшері деп аталатын вектормен беріледі. Қозғалыс мөлшері масса мен жылдамдықтың көбейтіндісіне тең және жылдамдық векторымен бағыттас болады. Өлшем бірлігі  $1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{сек}}$

$$m \bar{a} = \bar{F}; \quad m \frac{d\bar{V}}{dt} = \bar{F}; \quad \frac{d}{dt}(m\bar{V}) = \bar{F}; \quad d(m\bar{V}) = \bar{F} dt; \quad d(m\bar{V}) = d\bar{S}; \quad \int_{V_0}^V d(m\bar{V}) = \int_0^t \bar{F} dt$$

$m\bar{V} - m\bar{V}_0 = \bar{S}$ . Қандайда бір уақыт аралығындағы қозғалыс мөлшерінің өзгеруі сол уақыт арасындағы күш импульсына тең.

Кинетикалық энергия және оның өзгеруі туралы теорема.

$$m a = F_t; \quad m \frac{dv}{dt} = F_t; \quad m \frac{dv ds}{dt ds} = F_t; \quad m \frac{ds dv}{dt ds} = F_t; \quad m v dv = F_t dS; \quad d\left(\frac{mv^2}{2}\right) = F_t dS = dA; \quad \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = A(V_0 V) \quad T_2 - T_1 = A$$

Қандайда бір орын ауыстырудағы кинетикалық энергияның өзгеруі сол орын ауыстырудағы оған әсер етуші күштің жұмысына тең.

Материялық нүктенің және механикалық жүйенің қозғалыс мөлшері.

Материялық нүктенің қозғалыс мөлшері деп, оның массасы мен жылдамдығының көбейтіндісін айтады

$$\bar{q} = m \cdot \bar{V}, \quad [\text{Нм}]$$



O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казakhstanская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 41 беті

Механикалық жүйенің қозғалыс мөлшері денені құрайтын барлық нүктелердің қозғалыс мөлшерінің векторлық қосындысына тең

$$\bar{Q} = \sum_{k=1}^n m_k \bar{V}_k .$$

Бірақ, дене де шексіз көп нүктелерден тұратын болатындықтан, бұл өрнекті қолдану мүмкін емес, сондықтан, жүйенің қозғалыс мөлшері дененің массалар орталығының жылдамдығы мен массасының көбейтіндісіне тең болады, яғни

$$\bar{Q} = M \cdot \bar{V}_c .$$

Дененің массасының орталығынан өтетін түзудің (өстің) айналасында айналмалы қозғалыс жасайтын дененің қозғалыс мөлшері нөлге тең болады. Қатты дененің немесе механикалық жүйенің қозғалыс мөлшерін өзгертіп тұратын күштер белгілі бір уақыт аралығында ғана әсер етеді. Осы әсерді сипаттау үшін, күштер импульсі деген векторлық шама енгізіледі.  $\bar{F}$  күшінің  $dt$  уақыт аралығындағы импульсі  $d\bar{S}$  элементар импульсі деп аталады.

$$d\bar{S} = \bar{F} dt$$

Бұдан, егер күш «0» ден « $\tau$ » аралығында әсер етсе,

$$\bar{S} = \int_0^{\tau} \bar{F} dt .$$

$$m \frac{d\bar{V}}{dt} = \sum_{k=1}^n \bar{F}_k .$$

Мұндағы  $m$  тұрақты шама болғандықтан, оны туындының астына алуға болады.

$$\frac{d(m \cdot \bar{V})}{dt} = \sum_{k=1}^n \bar{F}_k , \quad \text{яғни} \quad \frac{d\bar{q}}{dt} = \sum_{k=1}^n \bar{F}_k$$

Бұл материялық нүктенің қозғалыс мөлшерінен уақыт бойынша алынған бірінші туынды, ол сол нүктеге түсірілген күштердің векторлық қосындысына тең. Осы өрнек материялық нүктенің қозғалыс мөлшерінің өзгеруі туралы теоремасының дифференциалды түрі болып табылады.

Енді ол теңдеуді интегралдасақ, материялық нүктенің қозғалыс мөлшерінің өзгеруі туралы теореманың интегралдық түрін аламыз

$$d\bar{q} = \sum_{k=1}^n \bar{F}_k dt , \quad \int_{\bar{V}_0}^{\bar{V}_1} d\bar{q} = \int_0^{\tau} \sum_{k=1}^n \bar{F}_k dt , \quad \bar{q}_1 - \bar{q}_0 = \sum_{k=1}^n \bar{S}_k .$$

#### 7.4 Қозғалыс мөлшері мен кинетикалық энергия

**Анықтама - 1.** Қозғалтырушы күштің қозғалу уақытына көбейтіндісі күш импульсі деп аталады.  $\bar{S} = \bar{F}t$

**Анықтама-2.** Қозғалыстағы материялық нүкте(жүйе) массасының қозғалыс жылдамдығына көбейтіндісі (жүйенің) қозғалыс мөлшері деп аталады.

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11	
Дәріс кешені	87 беттің 42 беті	

Материялық нүкте қозғалыс мөлшері:  $\bar{q} = m\bar{v}$ .

Механикалық жүйенің қозғалыс мөлшері:  $Q = \sum \bar{q}_k = \sum m_k v_k$

Механикалық қозғалыстың екі түрлі өлшемін қатар қолдануға болады.

1. Егер қозғалыс өлшемі ретінде қозғалыс мөлшері алынса, онда түсіп тұрған күштердің әсерінің өлшемі ретінде сол күштердің импульсі алынады. Жалпы бұл жағдайда механикалық қозғалыс басқа қозғалыстарға айналмай механикалық қозғалыс ретінде қала береді.

2. Егер қозғалыс өлшемі ретінде кинетикалық энергия алынса, онда түсіп тұрған күштердің әсерінің өлшемі ретінде сол күштердің жасаған жұмысы алынады. Бұл жағдайда механикалық қозғалыс материяның басқа қозғалыс түрлеріне /жылулық, химиялық, т.б/ айналуы мүмкін. Энергия мен жұмыс табиғаттағы барлық құбылыстарды қарапайым механикалық қозғалыспен жалғастырады да түрлі қозғалыстардың бір-біріне айналуын зерттеуге мүмкіншілік береді.

**Анықтама-3.** Материялық нүктенің (механикалық жүйенің) механикалық қозғалысына байланысты жұмыс жасау қабілетін кинетикалық энергия деп атайды.

Материялық нүктенің кинетикалық энергиясы төмендегі өрнекпен анықталады:

$$T = \frac{1}{2} m v^2, \quad (1)$$

Мұнда:  $m$  - нүктенің массасы,  $\bar{v}$  - нүктенің жылдамдығы.

Кинетикалық энергия  $T$  - скаляр шама. Механикалық жүйенің кинетикалық энергиясы жүйеге нүктелерінің кинетикалық энергияларының қосындысына тең, ол скаляр шама төмендегі өрнекпен анықталады:

$$T = \sum_{K=1}^n T_K = \frac{1}{2} \cdot \sum_{K=1}^n m_K v_K^2 \quad (2)$$

Механикалық жүйенің кинетикалық энергиясы нольге тең болуы үшін системадағы барлық нүктелердің жылдамдықтары нольге тең болуы қажет.

Егер механикалық жүйе қатты денелерден тұрса, онда оның кинетикалық энергиясы сол денелердің кинетикалық энергияларының қосындысына тең. Мұнда әр дене, тежеп тұрған байланыстарға және оған түсіп тұрған күштерге байланысты, түрлі қозғалыста болуы мүмкін. Енді қатты дененің әр түрлі қозғалыстардағы кинетикалық энергияларын өрнектейік.

*I. Ілгерілемелі қозғалыстағы қатты дененің кинетикалық энергиясы.* Дене ілгерілемелі қозғалыста болса кез келген нүктесінің жылдамдығы массалар центрінің жылдамдығына тең болады, демек (2)-ші өрнек былай түрленеді:

$$T = \frac{1}{2} \sum_{K=1}^n m_K v_K^2 = \frac{1}{2} v_C^2 \sum_{K=1}^n m_K = \frac{1}{2} m v_C^2,$$

$$T = \frac{1}{2} M V_C^2 \quad (3)$$

яғни:

Сонымен, ілгерілемелі қозғалыстағы қатты дененің кинетикалық энергиясы дененің массасы мен жылдамдығының квадратының көбейтіндісінің жартысына тең болады.

Қатты дене тұрақты  $OZ$  өсіне қатысты  $\omega$  - бұрыштық жылдамдықпен айналғанда оның кез келген өс бойында жатпайтын нүктесі  $v_K = \omega h_k$  жылдамдықпен қозғаладытын болғандықтан, дененің кинетикалық энергиясын былай түрлендіруге болады:

$$T = \frac{1}{2} \sum_{K=1}^n m_K v_K^2 = \frac{1}{2} \sum_{K=1}^n m_K \omega^2 h_K^2 = \frac{1}{2} \omega^2 \sum_{K=1}^n m_K h_K^2 = \frac{1}{2} J_Z \omega^2 \quad T = \frac{1}{2} J_Z \omega^2$$

Сонымен, айналмалы қозғалыстағы дененің кинетикалық энергиясы дененің айналу өсіне қатысты инерция моменті мен оның бұрыштық жылдамдығының квадратының көбейтіндісінің жартысына тең.

### 7.5 Жазықтыққа параллель қозғалыстағы қатты дененің кинетикалық энергиясы

Қатты дененің жазықтыққа параллель қозғалысын полюспен бірге ілгерілемелі және сол полюске қатысты айналмалы қозғалыстарға жіктеуге болады. Егер біз полюсті дененің массалар центрінен, яғни  $C$ -дан таңдап алатын болсақ, онда дененің жазықтыққа параллель қозғалысын полюспен бірге ілгерілемелі және сол полюстен жазықтыққа перпендикуляр бағытталған  $CZ$  өсіне қатысты айналмалы қозғалыстарға жіктеуге болады, демек дененің кинетикалық энергиясы осы екі қозғалыстағы оның кинетикалық энергияларынан құралады:

$$T = \frac{1}{2} M V_C^2 + \frac{1}{2} J_{CZ} \omega_{CZ}^2 \quad (5)$$

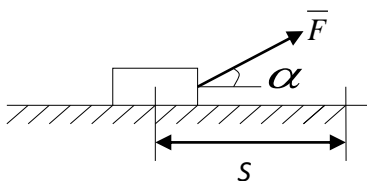
Мұнда  $M$  - дененің массасы,  $J_{CZ}$  - дененің  $CZ$  өсіне қатысты алынған инерция моменті,  $V_C$  - дененің массалар центрімен бірге ілгерілемелі қозғалыстағы жылдамдығы,  $\omega_{CZ}$  - дененің  $CZ$  өсіне қатысты айналмалы қозғалысындағы бұрыштық жылдамдық.

Бұл өрнектің бірінші мүшесі дененің ілгерілемелі қозғалысындағы кинетикалық энергиясын, ал екінші мүшесі оның айналмалы қозғалысындағы кинетикалық энергиясын береді.

### 7.6 Жұмыс пен қуат

Материялық нүктенің  $\vec{F}$  қозғалтырушы күшінің әсерінен өткенкендегі жолына көбейтіндісі жұмыс деп аталады. Жұмыс күш векторының орын ауыстыру векторына скалярлық көбейтіндісіне тең. Ілгерілемелі қозғалыстығы нүктенің жұмысы:

$$A = \vec{F} \cdot s \cos \alpha \quad (6)$$

	Егер $\vec{F}$ $\alpha < 90^\circ$ болса, $A > 0$ болады, Егер: $\alpha > 90^\circ$ болса $A < 0$ ; Егер: $\alpha = 90^\circ$ болса $A = 0$ болады. Күштің жол бойындағы жұмысы траекторияға тәуелді болады. СИ системасында күштің жұмысы джоульмен өлшенеді: $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Нм}$
---	---

Айналмалы қозғалыстағы нүктенің жұмысы:  $A = m_z (\vec{F}) \varphi_1$

Ауырлық күштің жұмысы:  $A = \pm pH = \pm mgH$

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11	
Дәріс кешені	87 беттің 44 беті	

Уақыт бірлігінде жасалатын күш жұмысы қуат деп аталады. Ілгерілемелі

$$N = \frac{A}{t} = Fv \cos(\vec{F}, \vec{v}). \quad (.9)$$

қозғалыстығы нүктенің қуаты:

Қуат күш пен жылдамдықтың скалярлық көбейтіндісіне тең. СИ системасында қуат ваттпен өлшенеді: 1Вт=1дж/с, 1кВт=10<sup>3</sup>Вт

$$N = \frac{A}{t} = m_z(\vec{F}) \cdot \omega.$$

Айналымды қозғалыстағы нүктенің қуаты:

Динамиканың негізгі заңы:

$$m\vec{a} = \vec{F} \quad (1) \quad \text{немесе}$$

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} \quad (2)$$

Бұл теңдеуді түрлентірсек, онда

$$m d\vec{v} = \vec{F} \cdot dt \quad (3)$$

қозғалыстың бірінші ретті дифференциалдық теңдеуін аламыз. Бұл теңдеуді бастапқы шартта: уақытты  $t = t_0 = 0$ , ал бастапқы жылдамдықты  $\vec{v} = \vec{v}_0$  белгілесек, онда оны интегралдай отырып шешеміз.

$$m \int_{\vec{v}_0}^{\vec{v}} d\vec{v} = \int_{t_0}^t \vec{F} dt \quad (4)$$

$$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{F}t \quad (5) \quad \text{немесе} \quad m\vec{v} - m\vec{v}_0 = S \quad (6)$$

Динамиканың негізгі заңы:

$$m\vec{a} = \vec{F} \quad (1) \quad \text{немесе}$$

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} \quad (2)$$

Бұл теңдеуді түрлентірсек, яғни теңдеудің екі жағын элементар жолға көбейтірсек, онда

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot ds = \vec{F} \cdot ds \quad (3)$$

қозғалыстың бірінші ретті дифференциалдық теңдеуін аламыз.

Бұл теңдеуді бастапқы шартта: бастапқы жолды  $-s_0$ , ал бастапқы жылдамдықты  $\vec{v} = \vec{v}_0$

белгілесек және  $\frac{ds}{dt} = v$  екендігін ескерсек, онда оны интегралдай отырып шешеміз:

$$m \int_{\vec{v}_0}^{\vec{v}} \vec{v} d\vec{v} = \int_{s_0}^s \vec{F} ds \quad (3)$$

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = F \cdot s \quad (4) \quad \text{немесе} \quad \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = A \quad (5)$$

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.

**5. Әдебиеттер:** Негізгі:

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 45 беті

Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020  
 Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

### Қосымша әдебиеттер

Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.

Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы :Эверо, 2014. - 256 с

Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы /. - Алматы :Эверо, 2015. - 68 б

Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусеитов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

### Электронды басылымдар

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>

Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>

"Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.

Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>

Арапов Б.Р.Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық.«Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

### 6. Бақылау сұрақтары:

1. Күш импульсы және қозғалыс мөлшері дегеніміз не.
2. Түзу және қисық сызықты қозғалыстағы күш жұмысы.
3. Күш қуаты және ПӘК.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 46 беті

4. Кинетикалық және потенциалдық энергия.
5. Механикалық энергияның сақталуы мен өзгеруі.

### №8 дәріс

**1. Дәріс тақырыбы:** Материалдар кедергісінің мақсаты мен міндеттері. Негізгі жорамалдар мен болжамдар. Материалдар және конструкция элементтерінің формасы. Ішкі күштер және қима тәсілмен анықтау. Деформациялар мен орын ауыстырулар.

**2. Дәріс мақсаты:** Материалдар кедергісінің мақсаты мен міндеттерін және негізгі жорамалдары мен болжамдарын білу. Ішкі жүктемелер және қима тәсілмен анықтау. Деформация түрлері.

#### 3. Дәріс тезистері:

##### 8.1 Материалдар кедергісінің мақсаты мен міндеттері

Адамзат зәулім ғимараттар мен күрделі құрылыстар тұрғыза бастағаннан, құрал-жабдықтар мен машиналар, кемелер жасай бастағаннан олардың төзімділігі мен шыдамдылығын және ұзақ пайдалнуды ойластыра бастады. Осының барлығы материалдар кедергісінің пайда болуына және ғылым болып қалыптасуына үлкен ықпал етті. Материалдар кедергісі ғылымының негізгі мақсаты салмағы жеңіл, беріктігі мен қатандығы жоғары, өзі арзан конструкциялардың жобасын жасау болып табылады.

Материалдар кедергісі механика заңдары мен ережелеріне және механикалық сынақтар нәтижелеріне негізделі отырып, анықтамалық мәліметтер мен ғылыми зерттеулер қорытындысын көп қолданатын бөлім. Бұл бөлімде әртүрлі сыртқы әсерден туындайтын деформация түрлері анықталып, ғимараттар мен конструкция элементтерінің, машиналар мен механизмдер бөлшектерінің құрылыс материалдарының, т.б. бұйымдардың беріктігі, қатандығы және орнықтылығы қарастырылады.

Пәннің басты мақсаты білім алушыларға материалдарды беріктікке, қатандыққа және орнықтылыққа есептеу жолдарын үйрете отырып, деформацияланатын денелер мен бұйымдар механикасы бойынша білімдерін жетілдіру. Ал міндеті – болашақ мамандарға техникалық білім беру және инженерлік есептерді шешуге дағдыландыру.

##### 8.2 Негізгі ұғымдар және олардың анықтамалары

Кез-келген дене сыртқы әсерден қозғалумен бірге деформацияға ұшырайды. Ол деформация көзге көрінбеуі де, адамдар сезбеуі де мүмкін. Осы деформацияға қарсыласуын сипаттайтындар материалдардың беріктігі мен қатандығы және денелердің өздерінің орнықтылығы. Материалдардың беріктігі дегеніміз, оның сыртқы әсерге, жүктемелерге қарсыласу қабілеті. Материалдың, немес одан дайындалған бөлшектердің қатандығы дегеніміз, сыртқы әсерден туындайтын деформациялардың тағайындалған қалыпты шамадан аспауы.

Құрылым элементтерінің, немесе бөлшектерінің орнықтылығы деп, олардың сыртқы әсерлерден бастапқы тепе-теңдік қалпын немес орнын сақтап қалуды айтады. Сондай-ақ денелер әртүрлі материалдардан дайындалады. Ал материалдар деп айтылатын жалпы ұғым конструкция элементтері мен машина бөлшектері дайындалатын қара және түрлі-түсті металлдар мен пластмассаларды, жасанды және құрама бұйымдары, тас, қыш, шыны, фарфор, ағаш, текстолит, бетон, сым сияқтыларды қамтиды.

Көп жағдайда материалдарды беріктікке есептеу жеткілікті болады, ал қатандыққа және орнықтылыққа есептеу қажеттілік туындағанда ғана жасалады, сондықтан тәжірибелік сабақтарда беріктікке есептеулер жиі қарастырылады.

##### 8.3 Негізгі жорамалдар мен болжамдар

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 47 беті

Инженерлі-техникалық пәндердің практикалық есептері күрделі болып келеді және студенттер шешу барысында қиындыққа тап болып жатады. Сондықтан материалдар кедергісі курсына конструкция элементтерін беріктікке, қатаңдыққа және орнықтылыққа есептеулерді жеңілдету және ыңғайлы ету үшін төмендегі жорамалдар мен болжамдар қабылдаймыз:

- беріктікке есептелетін дененің бүкіл көлемі осы материалдың шексіз кіші түйіршіктерімен толық толтырылған деп есептелінеді, яғни оның атомдық құрылымы ескерілмей, саңлаусыз тұтас дене деп қарастырылады;
- материалдар изотропты деп, яғни оның негізгі механикалық және физикалық қасиеттері кез келген бағытта бірдей деп есептелінеді;
- материал деформацияланғанда оның деформациясының мөлшері дененің бастапқы геометриялық өлшемдерінен әлдеқайда кіші деп есептеледі;
- материал деформациясы серпімді, яғни әсер етуші күш алынып тасталса деформацияда жойылады деп және күш пен деформация арасындағы байланыс сызықты деп қабылданады.

#### **8.4 Материалдар мен конструкция элементтерінің формасы**

Машина бөлшектері мен конструкция элементтерінің түрі мен формасы шын мәнінде алуан түрлі болып келетіні белгілі. Алайда беріктікке және қатаңдыққа есептеу барысында оларды келесі үш топқа келтіруге болады:

- а) сырықтар (брус, стержень) – бұлар бір өлшемі қалған екі өлшемінен әлдеқайда үлкен болып келетін дененің, материалдың (машина бөлшектері мен құрылым элементтерінің) түрі мен формасы;
- б) пластиналар – бұлар екі өлшемі қалған бір өлшемінен әлдеқайда үлкен болатын материалдың түрі; Пластиналар жазық немесе қисық бетті болуы мүмкін.
- в) массивті дене – бұл барлық үш өлшемі-де бір шамалас болып келетін материалдар түрі.

Практикада өте жиі кездесетін материалдар (машина бөлшектері) түрі сырық тәріздес болып келетіндіктен материалдар кедергісі бөлімінде көбінесе сырықтардың беріктігі, қатаңдығы және орнықтылығы қарастырылады. Ал пластина және массивті дене тәріздес материалдардың беріктігін есептеу үшін серпімділік теориясында немесе арнайы курстарда қарастырылған тәсілдер қолданылады.

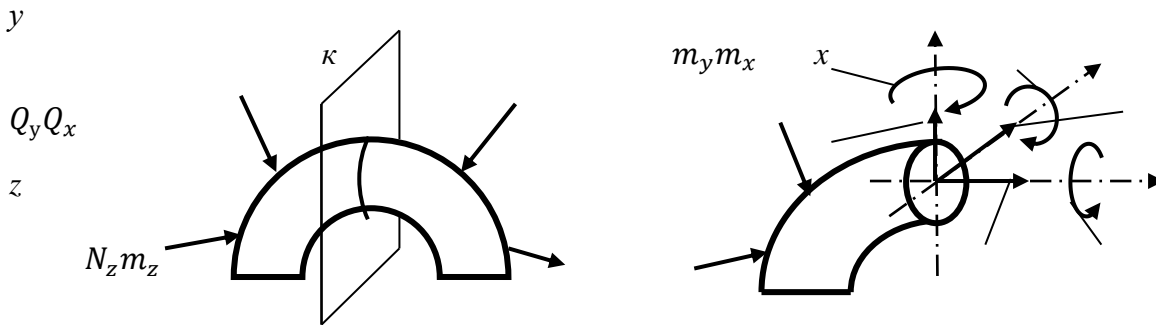
#### **8.5 Ішкі күштер және оларды анықтау**

Денеге әсер ететін сыртқы күштер оның бөліктерінің арасында қосымша күштердің пайда болуына әкеп соқтырады, ол күштер ішкі күштер деп аталады. Ішкі күштерді анықтау материалдарды беріктікке, қатаңдыққа және орнықтылыққа есептеудің негізі болып табылады. Материалдың беріктігі ішкі күштер шамасымен бағаланады. Яғни машина бөлшектері мен құрылым элементтерінің қималарындағы ішкі күштерді анықтау оларды беріктікке есептеудің алғы шарты болып табылады. Ішкі күштер материалдар кедергісі пәнінде кең таралған қима тәсілімен анықталады.

Бұл тәсілмен анықтау жолы 30-суретте көрсетілген. Суретте кескінделген кез келген бір дене тепе-теңдік жағдайда болсын. Ішкі күштерді анықтау үшін оны сол ішкі күштерді анықтайтын қима бойынша к жазықтығымен ойша қиып екіге бөлеміз.

Кез келген бір бөлігін ойша алып тастап келесі бөлігінің тепе-теңдігін қарастырамыз. Есептеу оңай болу үшін мүмкіндігінше сыртқы күштер аз бөлігін қалдырған

жөн. Мысалы сол жак бөлігін жеке алып қарастырайық. Қиманың ауырлық центрінен координаттар осьтерін жүргіземіз.



28-сурет

Ойша алып тастаған бөлік пен қарастырып отырған бөліктердің бір-біріне әсері ішкі күштермен сипатталады. Ол күштерді қиманың ауырлық центріне түсірілген басты күш  $F$  және басты момент  $M$  арқылы көрсетуге болады. Бұл басты ішкі күштерді олардың осьтердегі құраушыларына жіктеп  $Q_x, Q_y, N_z$  деп белгіленген осьтерге паралель күштермен және  $m_x, m_y, m_z$  деп белгіленген осьтерге қатысты моменттермен алмастыруға болады және бұлар ішкі күштік факторлар деп аталады.

Машина бөлшектерін беріктікке есептеуде ішкі күштердің осы алты құраушысын анықтау жеткілікті болады. Олардың мәнін анықтау үшін теориялық механикада қарастырылған статиканың тепе-теңдік теңдеулерін пайдаланамыз. Кеңістікте олардың да саны алтау, онда ішкі күштер толығымен анықталады. Бірақ та практикалық есептерді шығару барысында жазықтықта теңдеулердің үшеуі ғана пайдаланылатындығын ұмытпаған жөн.

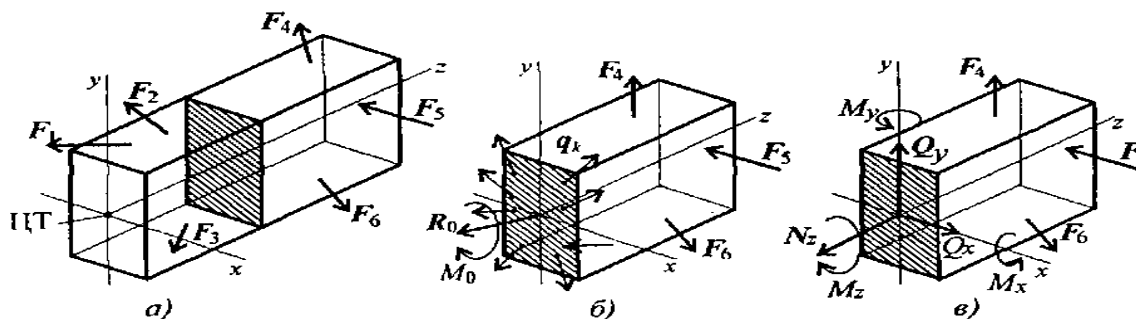
Онда ол теңдеулерді толық жаза отырып, олардан күштердің қандай құраушысы анықталатынын байқайық.

- 1)  $\sum M_x = 0$  осы теңдеуден  $m_x$  табамыз
- 2)  $\sum M_y = 0$  осы теңдеуден  $m_y$  табамыз
- 3)  $\sum M_z = 0$  осы теңдеуден  $m_z$  табамыз
- 4)  $\sum F_x = 0$  осы теңдеуден  $Q_x$  табамыз
- 5)  $\sum F_y = 0$  осы теңдеуден  $Q_y$  табамыз
- 6)  $\sum F_z = 0$  осы теңдеуден  $N_z$  табамыз

Ішкі күштік факторларға байланысты мынадай жағдайлар болуы мүмкін.

1. Егер  $N_z$  бойлық күші қимадан сыртқа қарай бағытталған болса, созылу деп, ал егер қимаға қарай бағытталса, сығылу деп атайды.
2. Тек көлденең күштер  $Q_x$  немесе  $Q_y$  әсер етсе, жаншылу не ығысу деформациясы пайда болады.





29-сурет

3. Бұралу моментінің бір өзі әсер етсе, онда дене бұралуға ұшырайды.

4. Көлденең күштер немесе иуші моменттердің әсерінен иілуге ұшырайды.

Ішкі күштік жүктемелердің  $N_z$  және  $M_6$  тура тепе-теңдік теңдеулерінен анықталып жатса,  $Q$  мен  $M_{и}$  –дің алдымен екі құраушысы анықталады. Сонан соң төмендегі формулалармен толық мәні есептеледі.

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.

**5. Әдебиеттер: Негізгі:**

Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020

Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

#### Қосымша әдебиеттер

Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.

Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы :Эверо, 2014. - 256 с

Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы / . - Алматы :Эверо, 2015. - 68 б

Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусейтов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

#### Электронды басылымдар

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

OҢTҮСТІК-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казakhstanская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 50 беті

Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>

Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>

"Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.

Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>

Арапов Б.Р. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. «Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

## 6. Бақылау сұрақтары:

1. Материалдар кедергісінің мақсаттары мен міндеттері.
2. Негізгі ұғымдар және олардың анықтамалары.
3. Тұтас денелердің формасы мен материалдары.
4. Қима тәсілімен ішкі жүктемелерді анықтау.
5. Деформациялар және орын ауыстырулар.

## №9 дәріс

**1. Дәріс тақырыбы:** Осьтік созылу және сығылу. Бойлық күш және нормаль кернеу. Сырықтың деформациялары және Гук заңы. Созылу және сығылу кезіндегі эпюралар мен диаграммалар.

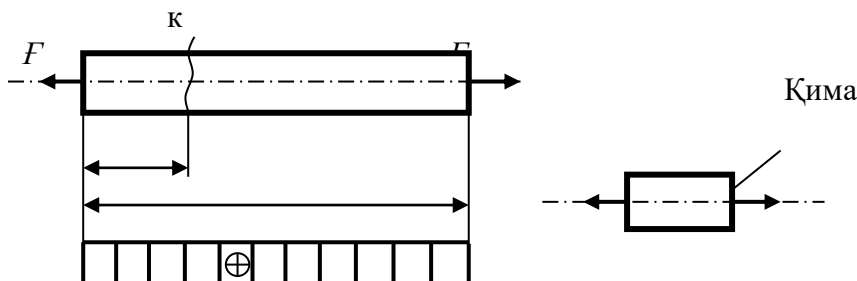
**2. Дәріс мақсаты:** Осьтік созылу және сығылу кезіндегі ішкі күштік жүктемелер мен деформацияларды анықтау. Гук заңы және эпюралар мен диаграммаларды салу.

### 3. Дәріс тезистері:

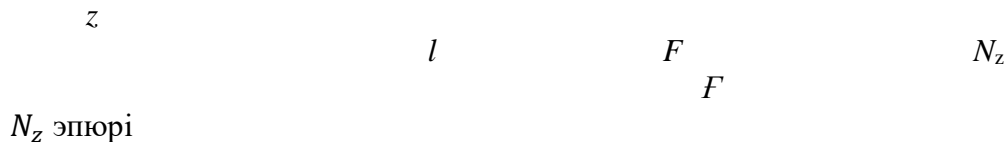
#### 9.1 Осьтік созылу және сығылу

Сырықтың екі жағынан оның осі бойымен қарама-қарсы бағытта әсер етіп жатқан күштердің әсерінен сырықта тура созылу немесе сығылу деформациясы туындайды. Созылу және сығылу барысында дененің ұзына бойы талшықтары бірдей шамаға ұзарады немесе қысқарады және қима деформациядан кейін де бастапқы қимаға параллель болып қала береді деген болжамдар жасалады.

Сырықтарға сырттан әсер ететін күштердің теңәсер күші сырықтың өсіне параллель әрі сол өс бойымен өтетін болса, онда сырық өстік созылуға немесе сығылуға ұшырайды. Демек өстік созылу деп сыртқы күш әсерінен оның бастапқы ұзындығының ұлғайып, қимасының ендік өлшемдерінің кішірейетін жағдайын айтады, ал өстік сығылу бұған керісінше болады. Өстік созылу-сығылу жағдайында сырықтың көлденең қимасында өткен тақырыпта көрсетілген алты ішкі күштердің тек біреуі ғана, яғни бойлық күш  $N_z$  пайда болады, ол қима тәсілімен анықталады. Осы жағдайда қима тәсілін пайдалану 32 – ші суретте көрсетілген.



O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казakhstanская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 51 беті



30-сурет.

Суреттен көрініп тұрғанындай сырықты кез келген жерінен ойша  $k$  жазықтығымен қию арқылы екіге бөлеміз, одан әрі оның бір бөлігін, біздің жағдайда оң жақ бөлігін ойша алып тастап сол жақ бөлігін жеке қарастырамыз. Ішкі бойлық күш  $N_z$  қиманың ауырлық центріне түсіріліп, қимадан сырықтың алып тастаған бөлігіне қарай бағытталады (сыртқы нормаль бағытымен). Енді бұл белгісіз ішкі күшті анықтау үшін статиканың келесі тепе-теңдік теңдеуін пайдаланамыз.

$$\sum F_z = 0 \text{ яғни } -F + N_z = 0 \text{ осыдан } N_z = F \text{ екенін табамыз.}$$

Егер ішкі бойлық күштің таңбасы оң болса сырық созылады, ал оның таңбасы теріс болса онда сырық сығылады. Ішкі бойлық күштің сырықтың ұзына бойына өзгеру заңдылығын көрсететін график осы күштің эпюрі деп аталады. Ол 32 – суретте көрсетілген және оң таңбамен белгіленген.

### 9.2 Нормаль кернеу

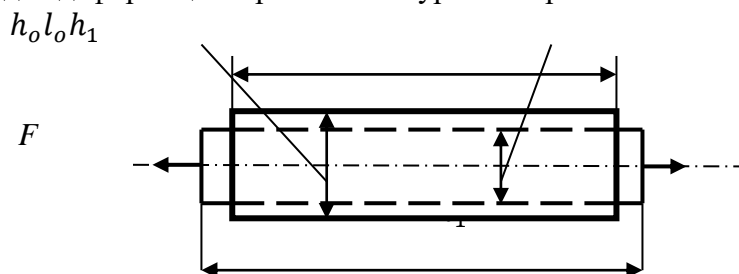
Ішкі бойлық күштің сырықтың қимасының ауданына қатынасы нормаль кернеу деп аталады, ол сырықтың қима ауданының бірлігіне келетін бойлық күштің шамасын көрсетеді, яғни ішкі күштің қарқындылығы (интенсивность) болып табылады-да келесі өрнекпен есептеледі.

$$\sigma = \frac{N_z}{A} \text{ [Н/м}^2\text{]}$$

Практикалық есептеулер кезінде көбінесе  $\text{кН/см}^2$  өлшемі қолданылады, яғни бұдан былай осы өлшемді тұрақты пайдаланамыз. Ал  $\sigma$  «сигма» деп оқылып, нормаль кернеудеп айтылады;  $A$  - сырықтың көлденең қимасының ауданы,  $\text{см}^2$  өлшемімен өлшенеді.

### 9.3 Сырықтың деформациялары және Гук заңы

Сыртқы күштердің әсерінен сырықтың бастапқы өлшемдерінің өзгеретіндігі туралы жоғарыда айтқан болатынбыз, ол өзгерулер сырықтың деформациялары деп аталады осындай деформациялар 33 - ші суретте көрсетілген.



31-сурет.

Бұл жердегі  $\Delta l = l_1 - l_0$  абсолюттік бойлық, ал  $\Delta h = h_0 - h_1$ , абсолюттік ендік деформациялар деп аталады, олардың өлшемі ұзындық өлшеміне тең, яғни  $m$  немесе  $cm$  өлшемімен өлшенеді. Абсолюттік бойлық деформацияның сырықтың бастапқы

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 52 беті

ұзындығына, ал абсолюттік ендік деформацияның енінің өлшеміне қатынастары салыстырмалы бойлық және салыстырмалы ендік деформациялар деп аталады, бұлар өлшемсіз шамалар болып табылады.

Материалдар кедергісі пәнінде денелердің тек серпімді деформациялары қарастырылады, яғни күш әсерін алып тастағанда жойылып кететін деформациялар серпімді болатынын жоғарыда айтқан болатынбыз.

$\varepsilon_\sigma = \Delta l / l_0$  салыстырмалы бойлық, ал

$\varepsilon_e = \Delta h / h_0$  салыстырмалы ендік деформациялар болып табылады.

Бұл екі деформациялар арасындағы тұрақты байланыс ендік деформация, немесе Пуассон коэффициенті деп аталады ол тең болады:

$$\mu = \varepsilon_e / \varepsilon_\sigma$$

бұл коэффициент кез келген материал үшін тұрақты болып келеді-де оның серпімділік қасиетін сипаттайды. Ол табиғатта кездесетін барлық материалдар үшін 0 мен 0,5 арасында жатады. Мысалы болат материал үшін ол коэффициент  $\mu = 0,25$  тең.

Гук заңы. Ағылшын ғалымы Роберт Гук күш пен сол күш әсер ететін сырықтың деформациялары арасында тура пропорционалдық байланыс барын анықтаған.

Ол байланыс Гук заңы деп аталады-да келесі формуламен өрнектеледі:

$$\sigma = \varepsilon_\sigma E; \frac{N_z}{A} = \frac{\Delta l \cdot E}{l_0}; N_z l_0 = \Delta l \cdot EA; \Delta l = \frac{N_z \cdot l_0}{A \cdot E}$$

бұл жердегі  $E$  — материалдың серпімділік модулі деп аталады, ол тәжірибеден анықталады, әрбір материал үшін тұрақты болып келеді-де материалдың серпімділік қасиетін сипаттайды. Мысалы болат материал үшін  $E = 2 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2$  тең.

Гук заңына кернеу мен деформацияның мәнін қойсақ абсолюттік бойлық деформация үшін келесі формуланы аламыз:

$$\Delta l = \frac{N_z \cdot l_0}{A \cdot E}$$

Бұл жердегі  $A \cdot E$  - сырықтың қатаңдығы деп аталады.

#### 9.4 Көлбеу қимадағы кернеулер.

Егер сырықты оның өсіне көлбеу орналасқан жазықтықпен қиятын болсақ онда ол қимада тік және жанама кернеулер туындайды. Көлбеу қиманың нормалы сырық өсімен  $\alpha$  - бұрышын құраса, ол жазықтықтың ауданы  $A_\alpha = \frac{A}{\cos \alpha}$ , болатыны белгілі, мұндағы  $A$  – сырықтың көлденең қимасының ауданы. Олай болса көлбеу қимадағы толық кернеу тең болады.

$$p = \frac{N}{A_\alpha} = \frac{N}{A} \cos \alpha = \sigma \cdot \cos \alpha$$

Енді бұл толық кернеуді көлбеу жазықтықтың нормаліна проекцияласақ, көлбеу жазықтық бетіндегі тік кернеудің өрнегін аламыз.

$$\sigma_\alpha = p \cdot \cos \alpha = \sigma \cdot \cos^2 \alpha$$

Ал толық кернеуді көлбеу жазықтықтың бетіне проекцияласақ, оның бетіндегі жанама кернеудің өрнегін аламыз.

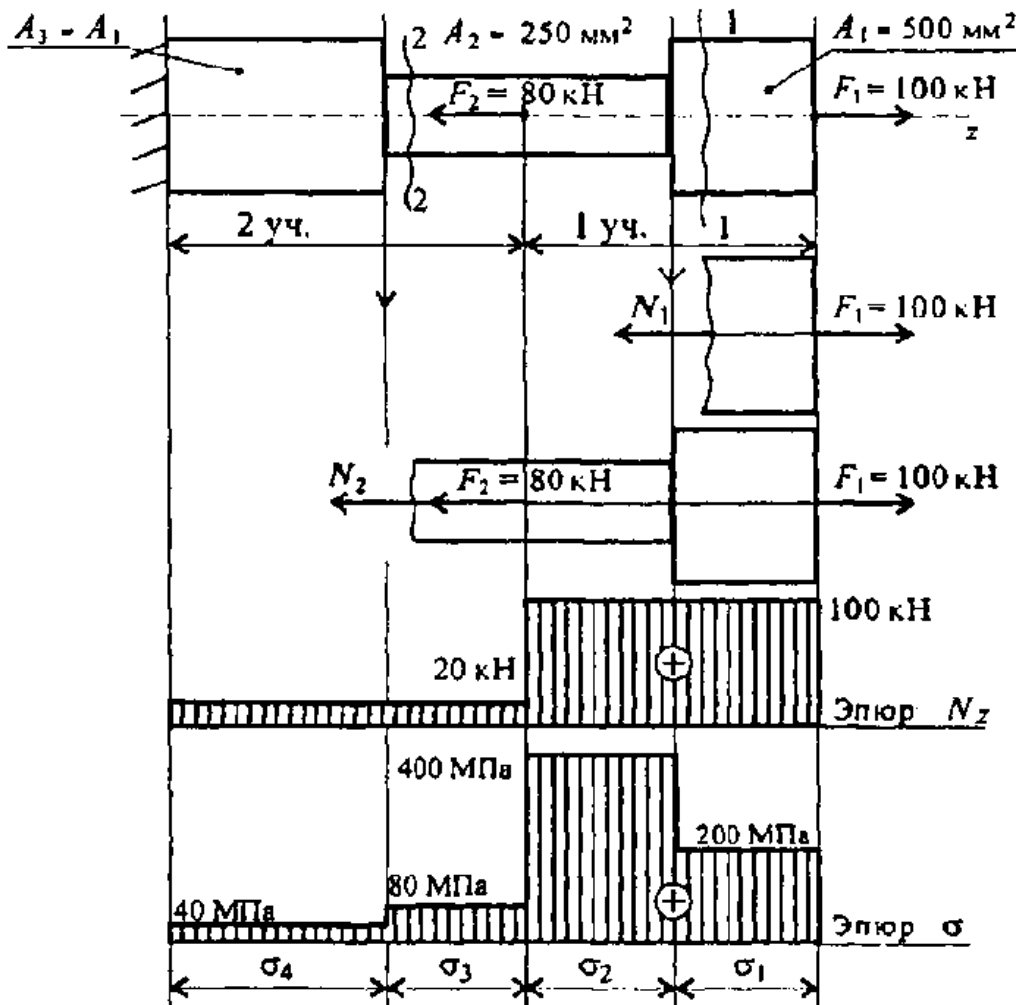
$$\tau_\alpha = p \cdot \sin \alpha = \sigma \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha = \sigma \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin 2 \alpha.$$

#### 9.5 Бойлық күш пен тік кернеу эпюрлары

Сырықтың көлденең қимасындағы бойлық күш пен тік кернеуді анықтау үшін мысал қарастырайық. Бойлық күштің сырық ұзындығы бойынша тарқалуын сипаттайтын график *бойлық күш эпюрасы* деп аталады.

Тік кернеудің сырық ұзындығы бойынша тарқалуын сипаттайтын график *бойлық тік кернеу эпюрасы* деп аталады.

Табылған бойлық күш пен кернеу теріс таңбалы болғанда, ол осьтің төменгі бөлігіне түседі.



32-сурет

## 9.6 Беріктік және қатандық шарттары

Созылатын немесе сығылатын материалдың беріктігі, тік кернеудің ең үлкен мәні бойынша бағаланады, яғни материал берік болу үшін келесі шарт орындалуы керек.

$$\sigma^{\max} = \frac{|N|^{\max}}{A} \leq [\sigma]$$

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11	
Дәріс кешені	87 беттің 54 беті	

Бұл шарт беріктік шарты деп аталады. Бұл жердегі  $[\sigma]$  - мүмкіндік кернеу, ол материалды қирататын кернеуді беріктік қоры коэффициентіне бөлу арқылы анықталатынын жоғарыда көрсеткенбіз, ол әрі материалдың беріктігін сипаттайтын шама болып табылады. Осы шарт орындалса есептелінетін машина бөлшегі немесе құрылыс құрылымының элементі берік болады.

Сырықтарды беріктікке есептеу беріктік шарты арқылы орындалады.

$$\sigma^{max} = \frac{|N|^{max}}{A} \leq [\sigma]$$

Бұл өрнек арқылы  $\sigma^{max} = [\sigma]$  деп алып, үш түрлі есептерді шешуге болады:

Материалдың (машина бөлшегінің) жүк көтеру қабілетін, яғни қауіпсіз қандай жүктің шамасын көтеріп тұратындығын анықтауға болады.

Демек

$$|N|^{max} = [\sigma] \cdot A.$$

2) Машина бөлшегінің қимасының ауданын, яғни олшемдерін табуға болады.

$$A = \frac{|N|^{max}}{[\sigma]}.$$

3) Материалдың барлық өлшемдері және сыртқы күш шамасы белгілі болса онда оның беріктігін тексеруге болады.

$$\sigma^{max} \leq [\sigma]$$

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.

**5. Әдебиеттер: Негізгі:**

Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020

Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

**Қосымша әдебиеттер**

Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.

Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы :Эверо, 2014. - 256 с

Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы / - Алматы :Эверо, 2015. - 68 б

Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусейтов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

**Электронды басылымдар**

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казakhstanская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 55 беті

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>

Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>

"Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.

Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>

Арапов Б.Р. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. «Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

## 6. Бақылау сұрақтары:

1. Осьтік созылу және сығылу кезіндегі деформация.
2. Бойлық күш және нормаль кернеуді анықтау.
3. Сырық деформациясы және Гук заңы.
4. Созылу және сығылу кезіндегі эпюралар мен диаграммалар.
5. Беріктік және қатаңдық шарттары.

## №10 дәріс

**1. Дәріс тақырыбы:** Материалдардың механикалық қасиеттері. Пуассон коэффициенті. Мүмкіндік және шектік кернеуі. Беріктік қор коэффициенті. Механикалық сынақтар мен ғылымизерттеулер нәтижелері. Кернеулік күй түрлері. Материалдың пропорционал беріктік, аққыштықшегі.

**2. Дәріс мақсаты:** Сынақ нәтижелерін талдай отырып, материалдардың сипаттамасы мен қасиеттері мен танысу. Материалдардың беріктік және пластикалық қасиеттерін сипаттайтын шамаларды анықтау.

### 3. Дәріс тезистері:

#### 10.1 Материалдардың сипаттамалары

Адам баласы әртүрлі құрылыстар тұрғызып, механизмдер жасай бастағаннан-ақ, олардың төзімді және сенімді болу жолдарын ойластыра бастаған. Ерте заманда итальян оқымыстысы Галилео Галилей кеме құрастыру барысында әрбір бөлшектерін сынақтардан өткізген. Міне, содан бері қандай да болмасын конструкцияларды құрастыру үшін, оларды құрайтын бөлшектердің материалдарының сипаттамаларын анықтап, беріктігіне, қатаңдығына және төзімділігіне баға берілуде.

Машина бөлшектері мен конструкция элементтері үшін материалдар таңдау барысында материалдардың сапасын және жарамдылығын білу қажет. Материалдардың сапасы мен жарамдылығын білу қажет. Материалдардың сапасы мен жарамдылығы механикалық, физико-химиялық және технологиялық сипаттамаларының жиынтығымен

бағаланады. Олар ережеге сәйкес зертханаларда материалдар үлгісіне жасалған сынақтардан анықталады.

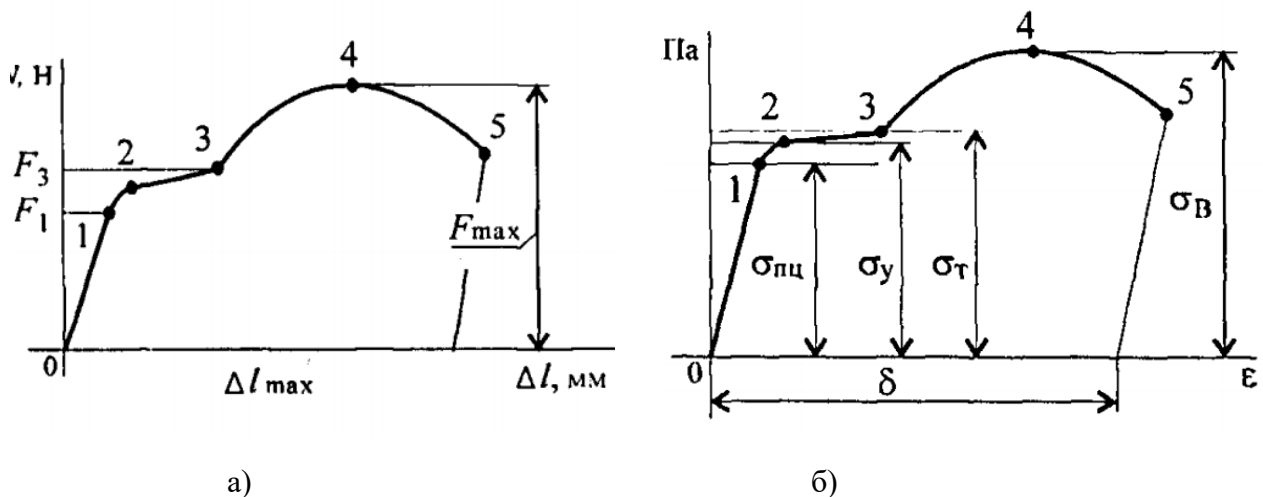
Жалпы материалдар туралы мәліметтер созылуға, сығылуға, кесілуге, қиылуға, бұралуға және иілуге жүргізілген сынақ барысында жасалған эксперименттер нәтижесі сұрыпталып жасалады және кестеге енгізіледі. Оларды инженерлік есептеулер жасау барысында, дайын кестелік мән ретінде пайдаланамыз.

### 10.2 Механикалық сынақ нәтижелері

Материалдардың механикалық қасиеттерін анықтау үшін жасалатын сынақ түрлері өте көп. Солардың ішінде материал үлгілерінің созылуға, сығылуға иілуге және қиылуға жасалатын сынақтар негізгісі болып табылады. Мемлекеттік стандарттарға сай арнайы зертханаларда жасалған сынақтардан кейін небір диаграммалар алынып жатады. Кейіннен ол диаграммалар өңделіп, материалдардың физика-механикалық қасиеттері сипатталады.

Диаграмма – салыстырылатын шамалардың бір-біріне арақатынасын көрнекі түрде бейнелейтін графикалық сызба. Ал үлгінің созылуы барысында оған түсірілген күш пен сол күшке сәйкес үлгінің ұзару деформациясы арасындағы байланысты бейнелейтін, қағазға автоматты түрде түсіріп берілген график материал үлгісінің созылу диаграммасы деп аталады.

Сондай диаграммалардың бірі аз көміртекті болат үлгінің созылу диаграммасы 40-суретте берілген. Созылу диаграммасының ерекше бөліктері 1,2,3,4,5 цифрларымен белгіленген. Координатаның бас нүктесінен 1-ге дейінгі аралық Гук заңымен тағайындалған, сыртқы жүктемеге деформация тура пропорционал өсетін аралық және 1 нүктесіне пропорционалдық шек сәйкес келеді де, одан әрі қисық сызық басталады. (40-сурет)



33-сурет

0 мен 2 аралығы материалдың серпімділік аралығы деп аталып, екі нүктесі серпімділік шегіне сәйкес келеді. Одан әрі материал серпімділік қасиетін жоғалтады. Ал үшінші нүктесіне материалдың аққыштық шегі сәйкес келіп, деформацияның үздіксіз өсуі басталады, яғни деформация шарықтау шегіне жетеді. 4 нүктесі максимал күшке сәйкес келеді және оның мәні сынақ машинасының автоматты тетігіне жазылып қалады. Бұл кезде үлгіде мойынша пайда болады, ал кернеу уақытша қарсыласу кернеуі деп аталып,



O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11	
Дәріс кешені	87 беттің 57 беті	

материалдың беріктік шегі болады. 4 пен 5 аралығында үлгі үзіледі де, материал кесілуге не қиылуға ұшырайды. Үлгінің үзілгеннен кейінгі өлшемдері мен бастапқы өлшемдері салыстырыла отырып, материалдың пластикалық қасиеттері анықталады.

### 10.3 Материалдардың механикалық қасиеттері

Машина бөлшектерінің беріктігі, бөлшектер жасалған материалдың механикалық қасиеттеріне сүйене отырып жасалады.

Материалдар кедергісінде (жалпы беріктікке есептеулерде) материалдың екі түрлі механикалық қасиеттері кең қолданылады, олар материалдың беріктік және пластикалық қасиеттері. Материалдың беріктік қасиеттері негізінен төмендегі үш кернеумен сипатталады:

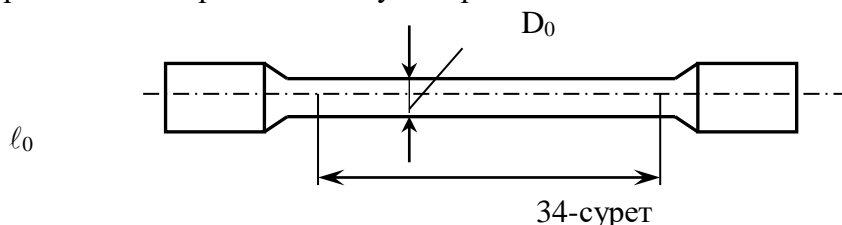
$\sigma_{пш}$  ( $\tau_{пш}$ ) – материалдың пропорционал шегі (МПа, кН/см<sup>2</sup>);

$\sigma_{аш}$  ( $\tau_{аш}$ ) – материалдың аққыштық шегі (МПа, кН/см<sup>2</sup>)

$\sigma_{бш}$  ( $\tau_{бш}$ ) – материалдың беріктік шегі (МПа, кН/см<sup>2</sup>)

Материалдардың механикалық қасиеттерін зерттеу үшін мемлекеттік стандарттарға сай, лабораториялық сынақтар жүргізіледі. Бұл сынақты жүргізу үшін жүк түсіру қабілеті 100 кН және одан да жоғары болатын кез-келген сынақ қондырғысы жарайды. Бұл қондырғының сынақ барысында сыналатын үлгіге әсер етуші күш пен оның деформациясы арасындағы байланысты көрсететін графикті, яғни үлгінің созылу диаграммасын, қағазға жазып беретін тетіктері бар.

Сынақты орындау үшін материалдан арнайы үлгі жасалынады. Осындай үлгінің кескіні мен өлшемдері 34 – суретте көрсетілген. Бұл өлшемдер және үлгіні жасау кезіндегі дәлдік деңгейі, үлгі бетінің тегістігі, сынақ өткізетін мезгілде қолданыстағы Мемлекеттік стандарттың талаптарына сай болуы шарт.



Мұндағы:  $l$  – үлгінің бастапқы ұзындығы, ол үлгінің цилиндр тәріздес

бөлігін қамтиды.  $l_0 = 100$  мм –ге тең болады. Осы ұзындыққа тең етіп, сынақ алдында, үлгі бетіне штангенциркульдің көмегімен белгі жасалынады;

$l_1$  – үлгінің сынақтан кейінгі ұзындығы;

$d_0$  – үлгінің сынаққа дейінгі бастапқы диаметрі;

$d_1$  – үлгі үзілген жердегі ең жіңішке қимасы – мойыншаның диаметрі.

Өлшемдері өлшеніп белгі салынған үлгі сынақ қондырғысының ілгектеріне орнатылады. Ол үшін үлгінің бұрандалы екі ұшына беті сфера тәріздес болып келетін қалпақшалар бұрап кіргізіледі. Қалпақшалар үлгімен бірге қондырғының ілгектеріндегі ойықтарға орнатылады.

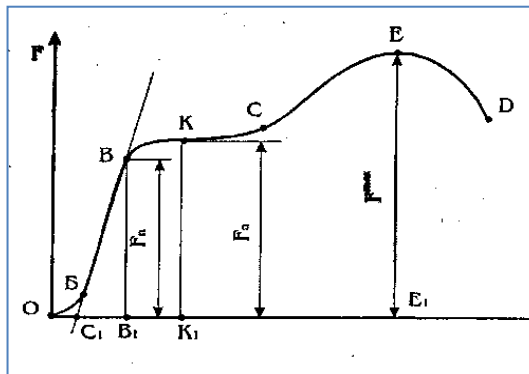
Одан әрі сынақ қондырғысы іске қосылады да үлгіге күш түсіріледі. Күш жылжымалы ілгектің 4...6 мм/мин жылдамдықпен қозғалуы арқылы түсіріледі. Сынақ үлгі үзілгенге дейін жүргізіледі. Үлгіні сынау барысында қондырғының график жазу тетігі үлгінің созылу диаграммасын жазып отырады.

Үлгі үзілген мезгілде қондырғы тоқтатылады. Сынақ қондырғысы жазып берген диаграмманың бастапқы аралығы қисық сызықты болып келеді, ол қондырғының диаграмма жазу тетігіндегі саңлаулар болуының әсерінен.

Созылу диаграммасының абсцисса өсінен Е нүктесіне дейінгі ара қашықтығы, күш өлшепштегі  $F^{\max}$  күшіне тең екені мәлім, олай болса, күш координатының нақты масштабын, яғни ордината өсінің масштабын келесі өрнектен табамыз.

$$\mu_F = \frac{F^{\max}}{DD_1} \left[ \frac{\kappa H}{\text{мм}} \right] \text{ анықталған масштабты пайдаланып}$$

$$F_n = BB_1 \cdot \mu_F \text{ және } F_a = CC_1 \cdot \mu_F \text{ екенін анықтаймыз.}$$



35-сурет

Материалдың беріктік қасиеттерін анықтаймыз:

пропорциональдық шегі:

$$\sigma_{\text{п.ш.}} = \frac{F_n}{A_0} \left[ \frac{\kappa H}{\text{см}^2} \right], \text{ МПа}$$

аққыштық шегі:

$$\sigma_{\text{аш.}} = \frac{F_a}{A_0} \left[ \frac{\kappa H}{\text{см}^2} \right], \text{ МПа}$$

Беріктік шегі:

$$\sigma_{\text{бш.}} = \frac{F^{\max}}{A_0} \left[ \frac{\kappa H}{\text{см}^2} \right], \text{ МПа}$$

Осы анықталған үш тік кернеумен, материалдың беріктік қасиеті сипатталады. Үлгі толық үзілгеннен кейін оның бөліктерін қондырғы ілгектерінен ажыратып алып, бұрандалы қалпақшаларды шығарып тастаймыз.

Үлгінің екі бөлігін үзілген беттері арқылы түйістіріп тұрып үлгі бетіндегі бастапқы жасалған белгілердің ара қашықтығын, яғни үлгінің үзілгеннен кейінгі ұзындығын  $l_1$  - ді өлшейміз.

Осы қалыпта мойыншаның диаметрін өлшеп аламыз. Ол үшін мойыншаның диаметрін бір – біріне перпендикуляр екі бағытта өлшеп олардың орташа мәнін  $d_1$  – мәні ретінде қабылдаймыз.

Материалдың пластикалық қасиеттерін сипаттайтын шамаларды анықтаймыз:

- үлгінің қалдық салыстырмалы ұзаруы;

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100\%$$

- үлгінің ауданының жіңішкеруі

$$Z = \psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100\%$$

Материалдың беріктік және пластеалық қасиеттерінің жиынтығы оның механикалық қасиеттеріне жатады.

Материалдың механикалық қасиеттері, оның сертификаты ретінде материалды жасаған завод, шығарылған бұйымдармен бірге береді.

Морт материалдар үшін оның пластикалық қасиеттерін сипаттайтын шамалары ( $\epsilon$ ,  $\delta$ ) өте аз не нөлге тең болады.

Пластикалық материалдар үшін оның қимасындағы тік кернеудің шамасы аққыштық шегіне жетсе, олар қирады деп есептелінеді, сондықтан осындай материалдар үшін мүмкіндік кернеу олардың аққыштық шегі арқылы келесі өрнекпен анықталады:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{аш}}{n_{аш}}$$

, бұл жерде  $n_{аш} = 1.5$ , беріктік қоры коэффициенті деп аталады.

Пластикалық морт және анизотропты материалдардың үлгісін сығуға сынау арқылы олардың механикалық қасиеттері анықталады.

Сығуға сынақ жүргізу үшін жүк түсіру қабілеті 250 кН және одан да жоғары болатын кез-келген пресс қолданылады. Сығуға сынақ жүргізу үшін мемлекеттік стандарт бекіткен үлгі аламыз. Стандарт талаптарына сәйкес келмейтін үлгілер мен орындалған сынақтар жарамсыз деп табылады.

#### 10.4 Сынақты жүргізу тәртібі.

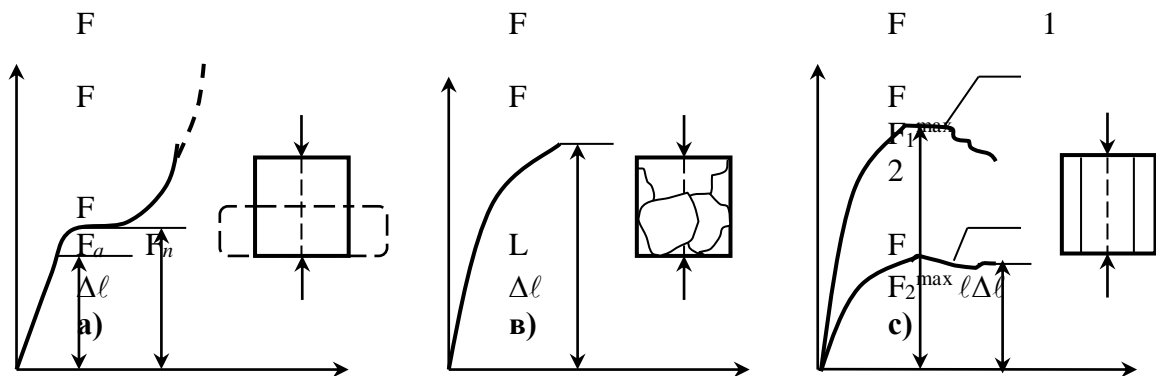
Сыналатын үлгілер пресстің жылжымалы және жылжымайтын табақшаларының ортасына орналастырылады да сығушы күш түсіріледі. Үлгінің сығылу диаграммасы қондырғы көмегімен жазылып алынады.

36а – суретте болаттан жасалған үлгінің сығылу диаграммасы көрсетілген.

Болат үлгі пластикалық материал болғандықтан оны қиратып тастауға болмайды.

Сығушы күш көбейген сайын үлгі мыжылып алғашқыда бөшке тәріздес одан әрі дөңгелек пластина тәрізденіп жалпайып деформацияланады.

Сондықтан сығылу диаграммасында күштің мәні шексіздікке дейін көбейгенімен үлгі қирамайтыны белгілі, олай болса пластикалық материал үшін қиратушы күш  $F^{max}$  – ның мәнін анықтап алмаймыз, яғни бұл материал үшін сығылу кезінде беріктік шегін таба алмаймыз. Осындай материалдардың сығылуындағы беріктік шегі шартты түрде созылу кезіндегі беріктік шегіне тең деп алынады.



36-сурет

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 60 беті

36б – суретте морт материалдың үлгісінің (шойын, дюралюмини т.с.с.) сығылу диаграммасы кескінделген. Морт материал сығылу кезінде сығушы күш бағытымен шамада 45° бұрыш жасай жарылып сыну арқылы қирайды (уатылып кетеді). Сондықтан морт материал үшін сығуға сынақ кезінде тек беріктік шегін ғана анықтай аламыз, себебі бұл материалдар үшін пропорционал және аққыштық күштері болмайды.

36в – суретінде ағаш үлгінің сығылу диаграммасы кескінделген. Бұл арада 1 – диаграмма үлгіні талшық бойымен сығу арқылы, ал 2 – диаграмма материалдың талшығына перпендикуляр бағытта сынау арқылы тұрғызылған

Бұл суреттен көрініп тұрғанындай ағаштан жасалған үлгінің механикалық қасиеті сығушы күштің бағытына байланысты болады екен. Ағаштың беріктігі талшық бағытымен сынағанда оның көлденең бағыттағы беріктігінен әлдеқайда үлкен екені көрініп тұр.

Мұндай материалдар анизотропты материалдар деп аталады. Яғни ағаш үшін біз екі беріктік шегін анықтаймыз. Олар: талшық бағытындағы және талшыққа көлденең бағыттағы қасиеттерін сипаттайды.

### 10.5 Шектік және мүмкіндік кернеу

Пластикалық материалдан жасалған конструкция элементтері мен машина бөлшектері көлденең қимасындағы тік кернеу аққыштық шегіне жеткенде пластикалық деформацияға ұшырайды. Конструкция элементтері мен машина бөлшектерінің пластикалық деформациялануы, оның жұмыс параметрлерін өзгертіп, жұмыс жасау қаблетін төмендетуі мүмкін. Сондықтан, пластикалық материалдар үшін аққыштық шегі  $\sigma_{аш}$ . Қауіпті кернеу болып саналады. Морт материалдардың қауіпті кернеуі, беріктік шегі  $\sigma_{б.ш}$ . болып табылады.

Конструкция элементтері мен машина бөлшектерінің қызметі сенімді болуы үшін, оның көлеміндегі ең үлкен кернеу қауіпті кернеуден кіші болуы қажет. Бұл кернеу төмендегі өрнекпен анықталады:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{аш}}{n}$$

Мұнда:  $[\sigma]$  – мүмкін болған кернеу;

$\sigma_{аш}$  - аққыштық шегіндегі кернеу;

$n$  - беріктік қоры коэффициенті.

Беріктік қоры коэффициенті деп мүмкіндік кернеудің қауіпті кернеуден неше есе кіші екендігін көрсететін шаманы атаймыз.


Беріктік қоры коэффициенті әр түрлі факторлардың әсерлерін ескеретін бірнеше құраушыларға жіктеліп, келесі түрде анықталады:

$$n = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot \dots$$

Құрастырушының біріншісі материалдың механикалық сипаттамаларының, сыртқы күштердің алдын ала жобаланған шамалардан ауытқуын ескерсе, екіншісі материалдардың даярлану технологиясын, механикалық өңдеу ерекшеліктерін т.с.с., ал үшіншісі температураны, қоршаған ортада жұмыс жасау шарттарын ескереді. Машина жасау өндірісінде беріктік қоры коэффициентінің құрастырушылары:  $n_1 = 1,2 \dots 1,4$ ;  $n_2 = 2 \dots 3$

және  $n_3 = 1 \dots 1,5$

Мүмкін болған кернеудің дұрыс анықталуы машина бөлшектерінің қауіпсіз, сенімді қызмет атқаруын қамтамасыз етумен қатар, материалды үнемдеп тиімді жұмсауға мүмкіндік береді.

OÑTÚSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11	
Дәріс кешені	87 беттің 61 беті	

### 10.6 Дененің кернеулік күйі

Машина бөлшектері мен құрлым элементтерінің бір-біріне әсері нормаль және жанама кернеулермен де сипатталады. Олардың мәні берілген нүкте арқылы жүргізілген қимаға байланысты. Қарастырылатын нүкте арқылы жүргізілген қимадағы ауданшалардың кернеулерінің жиынтығымен дененің кернеулік күйі айқындалады. Жанама кернеулер нольге тең ауданшалар басты ауданшалар деп, осы ауданшалардағы нормаль кернеулер  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  басты кернеулер деп аталады.

Басты кернеулердің екеуі нольге тең болатын жағдай сызықты кернеулі күй, ал ауданшаның біреуінде нормаль кернеу нольге тең болса, жазық кернеулі күй болады. Басты кернеулердің ешқайсы нольге тең болмаса, көлемдік кернеулік күй деп аталады.

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.

**5. Әдебиеттер: Негізгі:**

Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020

Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

#### Қосымша әдебиеттер

Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.

Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы : Эверо, 2014. - 256 с

Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы / - Алматы : Эверо, 2015. - 68 б

Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусеитов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

#### Электронды басылымдар

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>

Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 62 беті

"Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.

Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>

Арапов Б.Р. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. «Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

### 6. Бақылау сұрақтары:

1. Материалдардың механикалық және физикалық қасиеттері.
2. Пластикалық және морт сынғыш материалдар.
3. Машина бөлшектерін жасау үшін қолданылатын материалдар.

### №11 дәріс

**1. Дәріс тақырыбы:** Жазық қималардың геометриялық сипаттамалары.

Қималардың статикалық моменті. Полярлық, осьтік, кедергі және инерция моменттері. Біртекті дене-лер мен қарапайым фигура-лардың ауырлық орталығын анықтау.

**2. Дәріс мақсаты:** Геометриялық сипаттамаларды анықтай білу. Статикалық осьтік, полярлық кедергі, және инерция моменттерін талдап түсіну.

**3. Дәріс тезистері:**

#### 11.1 Жазық қималардың геометриялық сипаттамалары

Созылу және сығылу кезінде дененің деформацияға қарсыласуы ауданға да байланысты екенін байқау қиын емес. Мысалы, көлденең қимасының ауданы ұлғайған сайын дененің ұзаруы мен кернеу кеми түседі. Бұл жағдайда дененің қимасының ауданы қарапайым геометриялық сипаттамасы болып табылады және оны ескеріп отыру қажеттігі туындайды. Оның ауданы қима жазықтығы бойынша алынған шексіз кіші ауданша қосындысынан тұрады, яғни

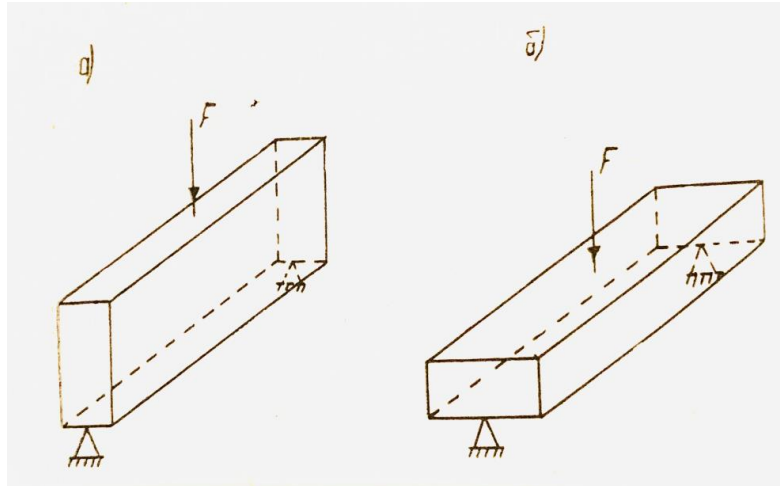
$$A = \sum_{i=1}^k \Delta A_i = \Delta A_0 + \Delta A_1 + \Delta A_2 + \dots + \Delta A_k \quad A = \int dA$$

Ауданды интегралдың көмегімен де есептеуге болады. Мысалы, көлденеңі төртбұрышты қиманың ауданы (37-сурет) төмендегідей болады.

$$A = \int_A dA = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} b dy = by \Big|_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} = b \left( \frac{h}{2} + \frac{h}{2} \right) = b \cdot h \text{ немесе}$$

$$A = \int_A dA = \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} h dx = hx \Big|_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} = h \left( \frac{b}{2} + \frac{b}{2} \right) = h \cdot b$$

Ауданды ескеріп отыруымыздың тағы бір себебі, деформация оның орналасуына байланысты болуы оны келесі суреттен көруге болады.



37-сурет

Бұл жерде арқалықтың қима аудандары бірдей, бірақ та иілулері әртүрлі болады. Сонымен бұралу және иілу деформациясының шамасы дененің орналасуына да байланысты екен.

Осыған дейін байқағанымыз созылу, сығылу кезінде сырықтардың беріктігі мен қатаңдығы көлденең қимада пайда болатын кернеу мен деформацияға тек әсер ететін күшке ғана емес, сонымен қатар қарапайым геометриялық сипаттамасы деп аталатын көлденең қимадағы ауданға да байланысты екен.

Бұралуға, иілуге, күрделі қарсыласуға есептегенде көлденең қиманың күрделірек геометриялық сипаттамаларын қолдануға тура келеді және ол үшін осы ауданшаның нүктеге, оське дейінгі арақашықтықтың көбейтіндісінің қосындысы түріндегі шартты шамалар енгізіледі. Олар қиманың статикалық, инерция және кедергі моменттері деп аталады.

### 11.2 Қиманың статикалық моменттері

Кезкелген қима ауданының оське байланысты орналасуын сипаттайтын шама статикалық момент. Статикалық моментті былай анықтауға болады. Жазық қима бетінің шексіз өте кіші бөлігінің оның ауырлық центрінен кез келген оське дейінгі арақашықтығына көбейтіндісі сол бөліктің статикалық моменті болады және олардың қосындысы арқылы толық қиманың статикалық моменті табылады. Онда қима бетінің кез келген жерінен  $\Delta A_i$  бөлігін алып, келесі өрнектерді аламыз

$$S_x = \sum S_{ix} = \sum y_i \Delta A_i \quad S_y = \sum S_{iy} = \sum x_i \Delta A_i$$

Бұл қосындылар интеграл арқылы есептеледі, сөйтіп статикалық моментер формуласы төмендегідей болады

$$S_x = \int_A y dA \quad S_y = \int_A x dA$$

Егер қиманың ауырлық центрінің координаталары белгілі болса, онда статикалық момент былай анықталады:  $S_x = A y_c$  және  $S_y = A x_c$ . Бұл өрнектерден қиманың ауырлық центрінен өтетін осьтерге қатысты статикалық моментер нольге тең болатыны көрініп тұр. Керсінше, егер қандайда бір осьтер арқылы анықталған статикалық моментер нольге тең болса, онда осы осьтер қиманың ауырлық центрі арқылы өтеді.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA</b> <b>AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL</b> <b>ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 64 беті

Сонымен қиманың бір оське қатысты статикалық моменті деп, қима ауданының сол оське дейінгі қашықтығына көбейтіндісін айтады. Статикалық моменттері ұзындық өлшем бірлігінің үшінші дәрежесімен өрнектеледі, мысалы; мм<sup>3</sup>, см<sup>3</sup>, м<sup>3</sup>.

Практикада статикалық момент арқылы қиманың ауырлық центрінің координаталары анықталып жатады.

$$x_c = S_y / A \quad y_c = S_x / A \quad \text{немесе} \quad x_c = \sum x_i A_i / \sum A_i \quad y_c = \sum y_i A_i / \sum A_i$$

Күрделі және құрама қималардың статикалық моменттері қиманың жеке бөліктерінің жоғардағы формуламен анықталатын статикалық моменттерінің қосындысына тең.

### 11.3 Инерция және кедергі моменттері

Иілу, бұралу барысында материалдардың деформацияға қарсыласу қабілеттерін сипаттайтын шамалар қиманың инерция және кедергі моменттері. Бұл моментер осьтік және полярлық болып екіге бөлінеді.

Қиманың осьтік инерция моменті деп толық қима бойынша алынған элементар ауданшалардың сол қима қарастырылып отырған жазықтықтағы қандайда бір осьтен арақашықтығының квадратына көбейтіндісінің қосындысы айтылады. Толық тұтас қима үшін

$$dI_x = y^2 dA, \quad I_x = \int_A y^2 dA \quad dI_y = x^2 dA \quad I_y = \int_A x^2 dA$$

Ал тұтас күрделі және құрама қима үшін бөлектердің әрқайсысын бөлек есептеп алып қосамыз, яғни

$$I_x = \sum I_{xi} \quad I_y = \sum I_{yi}$$

Осьтік инерция моментінің симметриялы қиманың ортақ осьтерінен ең үлкен қашықтыққа қатынасын осьтік кедергі моменті дейді

$$W_x = I_x / 0.5 h \quad W_y = I_y / 0.5 h$$

Қиманың полярлық өрістік инерция моменті деп толық қима бойынша алынған элементар ауданшалардың сол қиманың бір нүктесінен арақашықтығының квадратына көбейтіндісінің қосындысы айтылады, толық тұтас қима үшін;

$$dI_p = \rho^2 dA \quad I_p = \int_A \rho^2 dA$$

Ал  $\rho^2 = x^2 + y^2$  екені белгілі, олай болса

$$I_p = \int_A (x^2 + y^2) dA = \int_A x^2 dA + \int_A y^2 dA = I_x + I_y$$

Инерция және кедергі моменттері ұзындық өлшем бірлігінің төртінші дәрежесімен өрнектеледі. Өзара перпендикуляр осьтері бойынша инерция моментін центден тепкіш инерция моменті деп, төмендегі формуламен есептеуге болады.

$$dI_{xy} = xy dA \quad I_{xy} = \int_A xy dA \quad \text{деп аталады}$$

Практикада полярлық моментер қиманың ауырлық центріне қатысты қарастырылатын болса, инерция моменттері сол ауырлық центрі арқылы өтетін симметриялық осьтерге қатысты қарастырылады. Ол осьтер бас осьтер деп аталып, бір-біріне перпендикуляр болады және денені тең етіп екіге бөледі. Сондықтан практикалық есептеулерде кем дегенде бір симметриялық өсі бар денелер ұсынылады. Ал екі



ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA</b> <b>AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL</b> <b>ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 65 беті

симметриялы өсі бар денелерде әрбір ось бойынша инерция моменттері әртүрлі болуы мүмкін. Бір бас оське қатысты инерция моменті үлкен, ал екінші бойынша кіші болуы немесе керісінше болуы мүмкін. Сондай-ақ ортасы қуыс денелерде инерция және кедергі моменттері кемиді, яғни қуыс бөліктің инерция және кедергі моменттері алып тасталады.

#### 11.4 Қарапайым қималардың инерция және кедергі моменттері

Өндірісте материалдар әр түрлі қималы және профильді қылып дайындалады. Әртүрлі қарапайым қималылар төртбұрышты, үшбұрышты, квадрат, дөңгелек, ішкі қуыс дөңгелек, эллипс және т.б. формалы болып келеді. Сондай-ақ есептеу барысында күрделі қималылар осындай қарапайым қималыларға келтіріліп жатады. Онда олардың инерция және кедергі моменттерін есептей білген жөн болар. 1. Төртбұрышты қиманың есебін қарастырайық. Төртбұрыштың вертикаль және горизонталь симметрия осьтері қиманың ауырлық центрі арқылы өтетін болғандықтан оның басты осьтері болады және ол осьтер төртбұрышты ені бойынша да, биіктігі бойынша да тең бөліктерге бөледі. Онда төртбұрыштың кезкелген жерінен ені  $b$ -ға тең  $x$  осінен  $y$  қашықтығында жатқан қалыңдығы  $dy$ -ке тең элементар ауданша алсақ, оның ауданы  $dA = bdy$  болады, ал  $x$  осі бойынша толық инерция моменті

$$I_x = \int_A y^2 dA = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} y^2 b dy = \frac{by^3}{3} \Big|_{-h/2}^{h/2} = \frac{bh^3}{24} + \frac{bh^3}{24} = \frac{2bh^3}{24} = \frac{bh^3}{12}$$

Интегралдау арқылы  $y$  осіне байланысты қиманың инерция моменті анықталады.

$$I_y = \int_A x^2 dA = \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} x^2 h dx = \frac{hx^3}{3} \Big|_{-b/2}^{b/2} = \frac{hb^3}{24} + \frac{hb^3}{24} = \frac{2hb^3}{24} = \frac{hb^3}{12}$$

Ал төртбұрышты қима үшін кедергі моменті. Тең қабырғалы және тең бүйірлі үшбұрыштың бір ғана симметриялық осі болады. Ауырлық центрі сол осьтің бойында жатады. Алдымен үшбұрышты қиманың инерция моментін оның табаны арқылы өтетін  $x$  осі бойынша анықтаймыз.

Дөңгелек және ішкі қуыс дөңгелектің кезкелген диаметрі симметриялық осі бола алады. Ауырлық центрі сол дөңгелектің центрінде жатады. Қимадан қалыңдығы  $dg$ -ға тең шексіз жіңішке дөңгелек алсақ, онда оның ауданы  $dA = 2\pi dg$  тең болады.

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.

**5. Әдебиеттер: Негізгі:**

Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020  
 Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объединением вузов по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

**Қосымша әдебиеттер**

OÑTÚSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казakhstanская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 66 беті

Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.

Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы :Эверо, 2014. - 256 с

Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы / . - Алматы :Эверо, 2015. - 68 б

Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусеитов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

### Электронды басылымдар

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>

Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>

"Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.

Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>

Арапов Б.Р.Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық.«Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

### 6. Бақылау сұрақтары:

1. Жазық қималардың геометриялық сипаттамалары.
2. Қиманың статикалық, инерция және кедергі моменттері.
3. Қарапайым қималардың инерция және кедергі моменттері.
4. Параллель көшіру және бұру кезіндегі инерция моменттерінің өзгеруі.
5. Күрделі және құрама қималардың геометриялық сипаттамалары.

### №12 дәріс

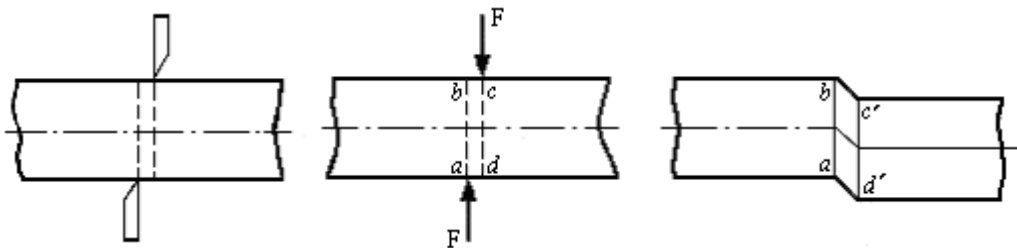
**1. Дәріс тақырыбы:** Ығысу, жаншылу және кесілу туралы түсініктер. Ығысу кезіндегі деформация мен Гук заңы. Ығысу модулі мен кернеу. Ығысу және жаншылу кезіндегі беріктік шарттары.

**2. Дәріс мақсаты:** Ығысу, жаншылу және кесілу кезіндегі денелер мен материалдарда болатын өзгерістермен танысу және іс жүзінде алдын алуға, практикада беріктікке есептеуге дағдыландыру.

**3. Дәріс тезистері:**

**12.1 Ығысу, жаншылу және кесілу туралы түсініктер**

Ығысу дене осіне перпендикуляр бағытталған екі күштің әсерінен пайда болады. Ығысуды сипаттайтын мысал ретінде төмендегі суретте металдарды қию процесі көрсетілген.



38-сурет

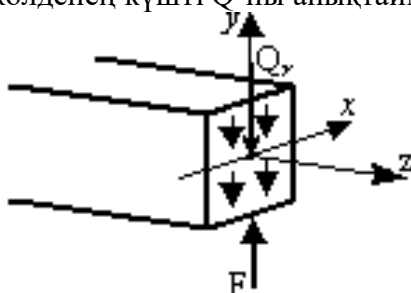
Темір қиятын қайшылар ығыстырудың көмегімен материалдарды қияды.

Кесілу мен ығысу кезінде конструкциялардың жекелеген элементтерінің жанасатын жерлерінде жаншылу қатар жүреді. Жаншылу деп қысым жасалатын бөліктің бет бойынша сығылу деформациясын айтады. Бөлшектер жаншылуға бүйір беттері бойынша ұшырайды. Жаншылуға жанасып жатқан бөлшектердің барлығы да ұшырауы мүмкін және ары қарата деформация жалғаса беретін болса, денелер бөлінеді. Бөлшектердің көлденең күштің әсерінен бөлінуі кесілуі, материалдың қиылуы деп аталады.

Ығысу мен жаншылу бөлшектердің бүлінуіне әкеліп соқса, кесілу бөлшектерді мүлдем жарамсыз етеді. Іс жүзінде заклепкалы және бұрандалы қосылыстар мен пісіріп біріктірулер ығысу, жаншылу және кесілуге ұшырайтын болғандықтан, осы бөлшектер беріктік шарты бойынша ығысуға, жаншылуға, қиылуға есептеліп жатады.

**12.2 Ығысу деформациясы**

Сырыққа әсер ететін сыртқы күштер өте аз арақашықтықта бір-біріне параллель, бірақта қарама-қарсы әсер ететін жағдайда ғана ығысу деформациясы туындайды. Тек көлденең күштің әсерінен дене формасының өзгеруі ығысу деформациясы деп аталады. Ығысу, жаншылу және қиылу деформациясы болсын ішкі күштер қима әдісімен анықталады. Онда төмендегі қимадағы күштердің тепе-теңдік теңдеуін құра отырып, көлденең күшті Q-ны анықтаймыз.



39-сурет

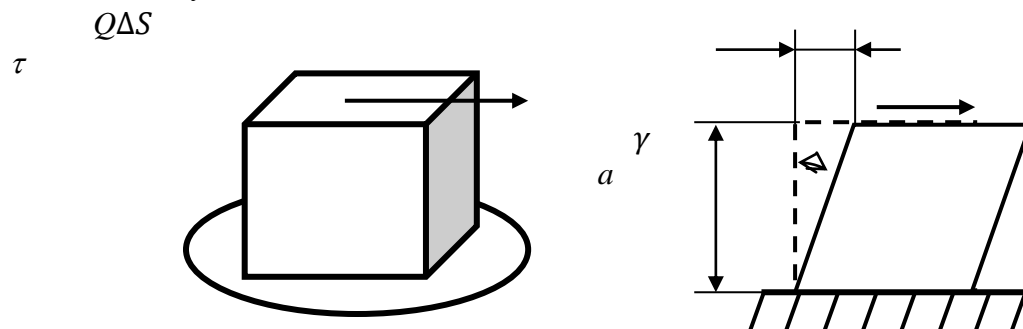
$\sum F_y = F - Q_y = 0$  осыдан  $Q_y = F$  яғни бір күш әсер етіп тұрғандықтан және бас осьтің бойында жатқандықтан  $Q = F$  болады.

Егер бас осьтің бойында жатпаса, онда  $Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_z^2}$  табылады және заклепкамен болттың санына байланысты  $Q = F/z$  есептеледі.

**12.3 Ығысу кезіндегі кернеу және Гук заңы**

Ығысу барысында қимада тек көлденең күш туындайтындығын жоғарыда айтқанбыз. Сол күштің қима ауданына қатынасы мен  $\tau = Q/A$  – жанама кернеу анықталады. Ығысу деформациясы кезінде дененің көлденең қимасында тек жанама кернеулер туындайтын болса таза ығысу деп аталады. Таза ығысуға ұшырайтын материалдың деформациялануы 42 – ші суретте көрсетілген. Тік бұрышты үшбұрыштан  $\Delta S/a = \text{tg} \gamma \approx \gamma$  анықталады және бұл жердегі  $\Delta S$  - абсолюттік ығысу деформациясы, ал  $\gamma$  - ығысу бұрышы деп аталады.

Ығысу кезіндегі Гук заңы  $\gamma = \tau/G$  формуласымен өрнектеледі, мұндағы  $G$  – ығысумодулі материалдың серпімділік қасиетін сипаттайтын тұрақты шама,  $A$  – материал қимасының ауданы.

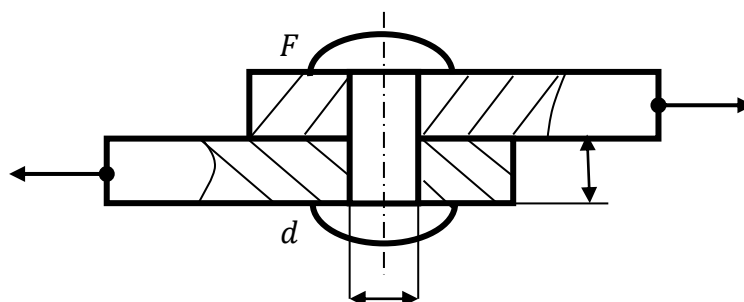


40-сурет

Ығысу деформациясы кезіндегі дененің кернеулік күйін қарастырайық. Осыған дейін қарастырылған денелерден бөлініп алынған кубтың үстіңгі бетіндегі жанама кернеулер мен тірек реакцияларының әсерінен осы дене тепе-теңдік қалпында болғандықтан  $x$  - өсіне параллель кез келген қыры айналасындағы моменттердің қосындысы нөлге тең болуы керек. Осылай деформацияланған дененің шексіз кіші бөлігін элементар куб ретінде қарастырсақ 43 – суретте кескінделген жағдайды аламыз. Кубтың қабырғасын  $a$  – деп белгілесек,  $x$  – өсі айналасындағы моменттердің қосындысы келесі  $\sum M_x = 0$  өрнегімен көрсетіледі:  $-\tau_{zy} a^3 + \tau_{yz} a^3 = 0$ ; осыдан  $\tau_{zy} = \tau_{yz}$  екенін табамыз жалпы айтатын болсақ:  $\tau_{xy} = \tau_{yx}$ ;  $\tau_{yz} = \tau_{zy}$ ;  $\tau_{zx} = \tau_{xz}$ . Бұл теңдіктер жанама кернеулердің жұптық заңы деп аталады.

#### 12.4 Ығысу және жаншылу кезіндегі беріктік шарттары

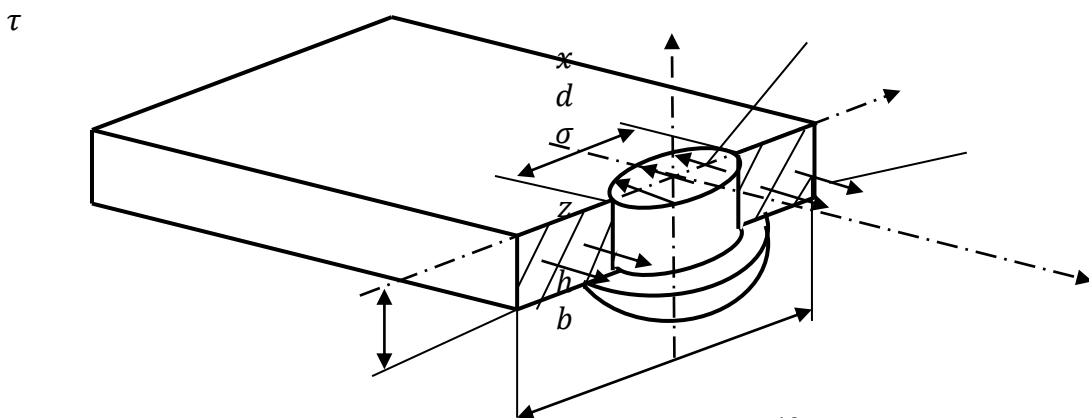
Практикада кейбір машина бөлшектері мен құрылым элементтерін ығысуға және жаншылуға беріктікке есептеуге тура келеді. Осындай бөлшектерге заклепка, бұранда (болт), шпонка, шпилька, штифт және пісіріп біріктірілген материалдар жатады. Мысал ретінде заклепканы қосылыстарды қарастырайық. 44-суретте пластикалардың заклепканы қосылысы кескінделген.



41-сурет.

Заклепка мен пластиналарда қандай кернеулер туындайтының көру үшін қима тәсілін қолданамыз, ол әдіс 42 – суретте кескінделген. Пластинаның таза қимасындағы нормаль кернеуді мүмкіндік кернеумен шектесек оның созылуға беріктік шартын аламыз, яғни

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{(b-d)h} \leq [\sigma]$$



42-сурет.

Бұл жердегі  $b$  - пластинаның ені;  $h$  - пластинаның қалыңдығы;  $d$  - заклепканың диаметрі,  $F$  - сыртқы күш.

Заклепканың пластина тесігінің бүйір бетіне заклепкамен жанасқан бетіне түсіретін кернеуін жаншылу кернеу деп атайды, ал оны жаншылуға (смятие) мүмкіндік кернеумен шектесек, онда жаншылуға беріктік шартын аламыз

$$\sigma_m^{\max} = \frac{F}{d \cdot h} \leq [\sigma]_{жс}$$

Бұл жердегі  $[\sigma]_{жс}$  - жаншылуға мүмкіндік кернеу.

Заклепканың қима ауданында туындайтын жанама кернеулердің мәнін заклепка материалының мүмкіндік жанама кернеуімен шектесек, заклепканың ығысуға беріктік шартын аламыз:

$$\tau^{\max} = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau]$$

Бұл жердегі  $Q = F$  - заклепка қимасындағы көлденең күш;  $[\tau]$  - мүмкіндікжанама кернеу. Егер заклепка бірнеше рет қиылатын болса және оның саны (диаметрлері бірдей) бірнешеу болса, онда жоғарыдағы өрнек былай жазылады:

$$\tau^{\max} = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2 \cdot z \cdot m} \leq [\tau]$$

мұндағы  $m$  - заклепканың қиылу саны;  $z$  - заклепканың саны.

OÑTÚSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 70 беті

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.

**5. Әдебиеттер: Негізгі:**

Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020  
 Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С  
 Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

**Қосымша әдебиеттер**

Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.  
 Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы :Эверо, 2014. - 256 с  
 Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы /. - Алматы :Эверо, 2015. - 68 б  
 Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусеитов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.  
 Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

**Электронды басылымдар**

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).  
 Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).  
 Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>  
 Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>  
 "Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.  
 Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>  
 Арапов Б.Р.Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық.«Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 71 беті

## 6. Бақылау сұрақтары:

1. Ығысу, жаншылу және кесілу туралы түсініктер.
2. Ығысу кезіндегі туындайтын кернеу және Гук заңы. Ығысу модулі.
3. Ығысу және жаншылу кезіндегі беріктік шарттары.
4. Ығысу деформациясы кезінде көлденең қимада туындайтын жүктемелер.

## №13 дәріс

**1. Дәріс тақырыбы:** Бұралу. Таза ығысу. Бұралу кезіндегі деформация және кернеу. Бұралу барысындағы ішкі күшті факторлар және бұралу бұрышы. Бұралу кезіндегі беріктік және қатаңдық шарттары.

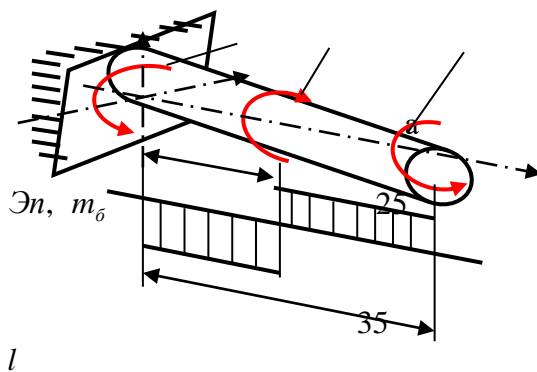
**2. Дәріс мақсаты:** Бұралу деформациясы туралы түсініктер. Бұралу бұрышы мен көлденең қималардағы бұралу моменті мен кернеулерді анықтау. Бұралу моментінің эпюраларын салу.

### 3. Дәріс тезистері:

#### 13.1 Бұралу деформациясы

Сыртқы күштер әсерінен сырықтың қимасында тек бұраушы момент (яғни сырықтың өсі айналасындағы момент) пайда болса, ол біліктердің бұралуы деп аталады. Яғни бұралуға ұшырайтын сырықтар біліктер деп аталатыны көрініп тұр. Мысал ретінде 43-суретте кескінделген қимасы дөңгелек білікті қарастырайық.

$$M_A T_1 T_2$$



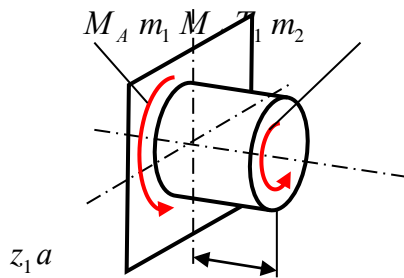
43-сурет.

Білікке сырттан әсер ететін моменттерді  $T$  - әрпімен белгілесек  $T_1 = 60$  кН·М;  $T_2 = 25$  кН·М тең дейік. Білікті беріктікке есептеу үшін ішкі бұраушы моменттердің эпюрін тұрғызуға тура келеді, себебі тек солай етсек ғана ішкі бұраушы моменттің ең үлкен мәнін таба аламыз. Ол үшін тірек моментін табайық, алдымен өз қалауымызша осы моментті сағат тілі жүрісіне қарсы бағытталған деп есептейік, ол 35 суретте көрсетілген. Статиканың теңдеуін жазамыз:

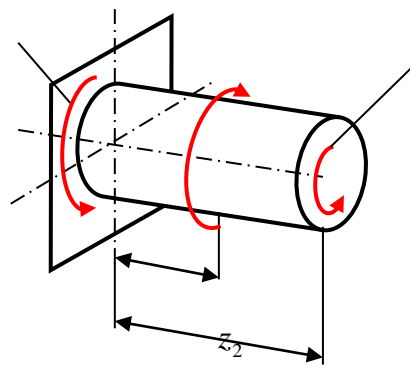
$\sum M_z = 0$ ; олай болса  $M_a - T_1 + T_2 = 0$ ; осыдан  $M_a = T_1 - T_2 = 35$  кН·М екенін табамыз. Статиканың теңдеуін жазғанда сағат тілі жүрісіне кері бағытталған моменттерді оң, ал

бағытталған моменттерді теріс таңбамен аламыз. Енді қима тәсілін пайдаланып бірінші аралық үшін ішкі бұраушы моменттерді анықтаймыз (44 – сурет):

$\Sigma M_z = 0$ ;  $M_a + m_1 = 0$ ; бұдан  $m_1 = -M_a = -35 \text{ кН}\cdot\text{М}$  екенін тауып эпюрін тұрғызамыз. Бұл жерде ішкі бұраушы моментті қимаға біліктің алып тастаған бөлігі жағынан қарағанда сағат тілі жүрісіне кері бағыттаймыз.



44 – Сурет.



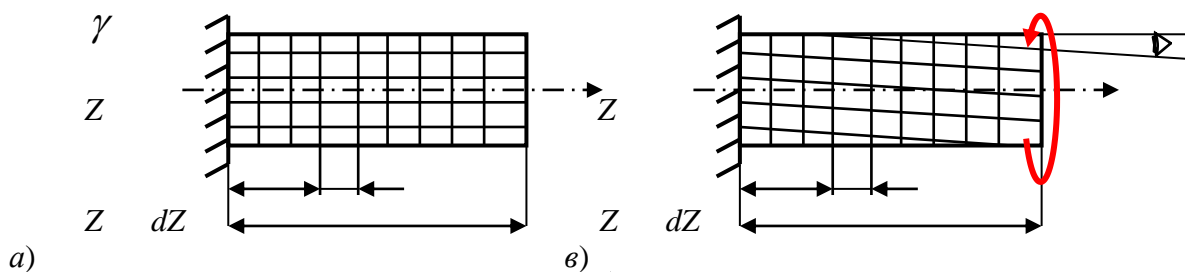
45 – Сурет.

Екінші аралықтағы ішкі бұраушы моментті дәл осындай тәсілмен табамыз. Екінші аралықтың қимасы 45 суретте кескінделген. Статиканың теңдеуін жазып екінші аралықтағы ішкі бұраушы моментті табамыз.

$\Sigma M_z = 0$ ;  $M_a - T_1 + m_2 = 0$ ;  $m_2 = T_1 - M_a = 25 \text{ кН}\cdot\text{М}$  екенін тауып эпюрін тұрғызамыз. Ішкі бұраушы моменттердің эпюрі 35 суретте көрсетілген. Тұрғызылған эпюрден көрініп тұрғанындай ең үлкен ішкі бұраушы момент  $m^{\max} = |-35| \text{ кН}\cdot\text{М} = 35 \text{ кН}\cdot\text{М}$  тең, осы момент кейін білікті беріктікке есептегенде пайдаланылады. Ең үлкен бұраушы момент әсер ететін аралық немесе қима қаупті аралық, немесе қима деп саналады.

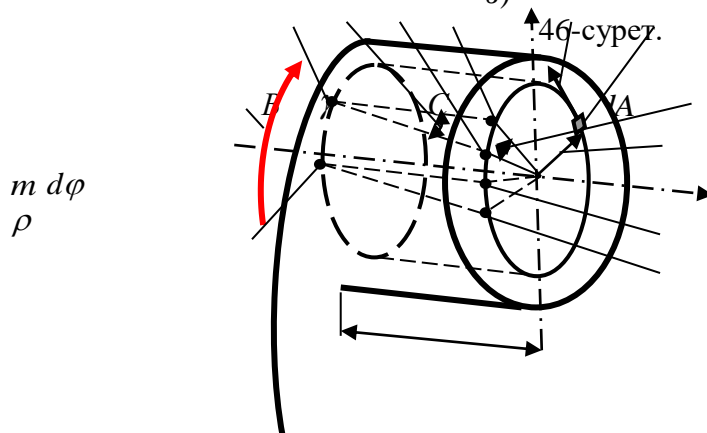
### 13.2 Біліктердің бұралуы барысындағы кернеу

Қимасы дөңгелек болып келген біліктің бұралуын тәжірибеден зерттейік, ол үшін біліктің бүйір бетіне оның жасаушысына параллель және шеңбер бағытындағы сызықтар арқылы торкөздер сызайық (38,а сурет). Білік бетіне түсірілген осы төртбұрыштар білікке бұраушы момент әсер еткенде (38,в сурет) іргелес қималар бір-бірімен сырғанап қозғалып Z



а)

б)



46-сурет.



ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA</b> <b>AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL</b> <b>ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 73 беті



47-сурет.

осі айналасында бұралу салдарынан ромбыларға айналады. Демек біліктің материалы бұралу кезінде ығысу деформациясына ұшырайтының анықтаймыз. Цилиндр жасаушысының бастапқы қалпы мен оның деформациядан кейінгі орнының арасындағы бұрыш  $\gamma$  - ығысу бұрышы немесе ығысу деформациясы деп аталады. Тәжірибенің нәтижесі көрсеткендей, дөңгелек біліктің бұралуы кезінде оның деформацияға дейінгі жазық қимасы деформациядан кейін-де жазық күйінде, ал радиусы түзу сызық күйінде қалады екен. Қима жазықтықтардың деформацияға дейінгі ара қашықтықтары деформациядан кейін-де сол күйінде өзгермей қалады деп есептеледі. Біліктің, ұзындығы шексіз кіші, яғни  $dZ$ -ке тең бөлігін жеке алып қарастырайық және көрнекі болу үшін оны үлкейтіп көрсетейік.

а) *Есептің статикалық жағы:*

47 суретте көрсетілгендей оң жақ қимадағы бұраушы момент осы қимадағы жанама күштердің  $Z$  осі айналасындағы моменттерінің қосындысына тең. Яғни  $dA$  шексіз кіші ауданының бетіндегі күштің моменті тең болады:

$$dm = \tau \cdot dA \cdot \rho \quad (18)$$

ал бүкіл қима бетіндегі осындай моменттердің қосындыс ішкі бұраушы моментке тең болады:

б) *Есептің геометриялық жағы:*

Қарастырып отырған элементтің абсолюттік деформациясы

$$\Delta C_1 = \rho \cdot d\varphi = \gamma \cdot dZ \text{ олай болса салыстырмалы ығысу деформациясы}$$

$$\gamma = \rho \cdot d\varphi / dZ \text{ болады.}$$

в) *Есептің физикалық жағы:*

Ол Гуктың заңы арқылы өрнектеледі, олай болса

$$\tau = G\gamma = G\rho \cdot d\varphi / dZ \text{ осыдан } \frac{d\varphi}{dZ} = \frac{\tau}{G\rho} \quad (21)$$

екенін табамыз. Енді (21)-ші өрнектегі жанама кернеудің мәнін (19)-шы статиканың теңдеуіне қойсақ, келесі өрнекті аламыз:

$$m = \int_A \tau \cdot \rho \cdot dA = \int_A \rho \cdot G \cdot \frac{d\varphi}{dZ} \cdot \rho \cdot dA = G \cdot \frac{d\varphi}{dZ} \int_A \rho^2 \cdot dA \quad (22)$$

Бұл жердегі  $\int_A \rho^2 \cdot dA = J_p$  деп белгілесек ол дөңгелек қиманың өрістік инерция

моменті деп аталады,  $\text{см}^4$  - өлшемімен өлшенеді.

Олай болса

$$m = G \cdot \frac{d\varphi}{dZ} \cdot J_p; \frac{d\varphi}{dZ} = \frac{m}{G \cdot J_p}; \quad (23)$$

ал (21) өрнекке  $\frac{d\varphi}{dZ} = \frac{\tau}{G \cdot \rho}$  сүйене отырып  $\frac{\tau}{G \cdot \rho} = \frac{m}{G \cdot J_p}$  екенін одан

$$\tau = \frac{m}{J_p} \rho \quad (24)$$

жанама кернеудің формуласын табамыз.

Бұл жердегі  $\rho$  қима бетіндегі жанама кернеу анықталатын нүктенің қиманың ауырлық орталығынан қашықтығы. Яғни жанама кернеудің мәні нүктенің қима орталығынан қанша қашықтықта орналасқанына байланысты екені көрініп тұр, және ол байланыс түзу сызықты. Сондықтан жанама кернеудің мәні қима орталығында нөлге, ал қима шетінде ең үлкен шамасына тең болады.

$\tau^{\max} = \frac{m}{J_p} \rho^{\max}$  бұл жердегі  $\rho^{\max} = r = d/2$  олай болса ең үлкен жанама кернеу тең болады:

$$\tau^{\max} = \frac{m}{J_p} \cdot r = \frac{m}{W_p} \quad (25)$$

Бұл жердегі  $W_p$  қиманың өрістік кедергі моменті деп аталады-да келесі өрнекпен анықталады:

$$W_p = J_p / r \quad (26)$$

Олай болса біліктің бұралуы кезіндегі беріктік шарты былай жазылады

$$\tau^{\max} = \frac{m}{W_p} \leq [\tau] \quad (27)$$

Бұл жердегі  $[\tau]$  - мүмкіндік жанама кернеу деп аталады, ол тәжірибеден лабораториялық сынақтар арқылы табылады, ал  $m = |m|^{\max}$  біліктің бойындағы абсолюттік шамасы жағынан ең үлкен бұраушы моментке тең деп алынады.

### 13.3 Дөңгелек қиманың геометриялық сипаттамалары

Дөңгелек қиманың геометриялық сипаттамалары келесі формулалармен анықталады:

Тұтас дөңгелек қима үшін  $J_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \text{ см}^4$  және  $W_p = \pi d^3 / 16 \text{ см}^2$ , (28)

ал дөңгелек сақина тәріздес қима үшін

$$J_p = \frac{\pi \cdot D^4}{32} (1 - c^4) \text{ см}^4; W_p = \frac{\pi \cdot D^3}{16} (1 - c^4) \text{ см}^3 \quad (29)$$

Бұл жердегі  $c = d/D$  – ішкі диаметрдің сыртқы диаметрге қатынасы.

Бұралу кезіндегі деформация бұралу бұрышы болып табылады, ол (23)-ші өрнекті пайдаланып былай анықталады:

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 75 беті

$\frac{d\varphi}{dZ} = \frac{m}{G \cdot J_{\rho}}$  ; одан  $d\varphi = \frac{m \cdot dZ}{G \cdot J_{\rho}}$  ; бұл өрнекті біліктің ұзындығы бойынша интегралдасақ  $\varphi = \int_0^l \frac{m \cdot dZ}{G \cdot J_{\rho}}$  тең, ал егер біліктің қима ауданы мен материалы оның ұзындығы бойынша тұрақты болса  $\varphi = \frac{m \cdot l}{G \cdot J_{\rho}}$  (30)

бұл жердегі  $G \cdot J_{\rho}$  - біліктің қатандығы деп аталады.

Егер білік бірнеше аралықтан тұратын болса оның толық бұралу бұрышы келесі өрнекпен анықталады-да, оны алдын ала берілген бұралу бұрышымен шектесек біліктің қатандық шартын аламыз:

$$\varphi = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot l_i}{G_i \cdot J_{\rho i}} \leq [\varphi] \quad (31)$$

(31) өрнек біліктің қатандық шарты болып табылады. Бұл жердегі  $[\varphi]$  - мүмкіндік бұралу бұрышы болып табылады, ол машина бөлшегінің жұмыс істеу жағдайына байланысты тағайындалады.

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.

**5. Әдебиеттер: Негізгі:**

- Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020  
 Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С  
 Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

#### **Қосымша әдебиеттер**

- Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.  
 Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы :Эверо, 2014. - 256 с  
 Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы / . - Алматы :Эверо, 2015. - 68 б  
 Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусеитов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.  
 Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

#### **Электронды басылымдар**

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 76 беті

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>

Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>

"Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.

Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>

Арапов Б.Р. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. «Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

## 6. Бақылау сұрақтары:

1. Бұралу деформациясы және бұралуға ұшырайтын бөлшектер.
2. Бұралу кезіндегі деформация және оны сипаттау.
3. Бұралу бұрышы мен бұралу моментін анықтау.
4. Бұралу деформациясының эпюралары.
5. Дөңгелек қималардың дөңгелек сипаттамалары.

## №14 дәріс

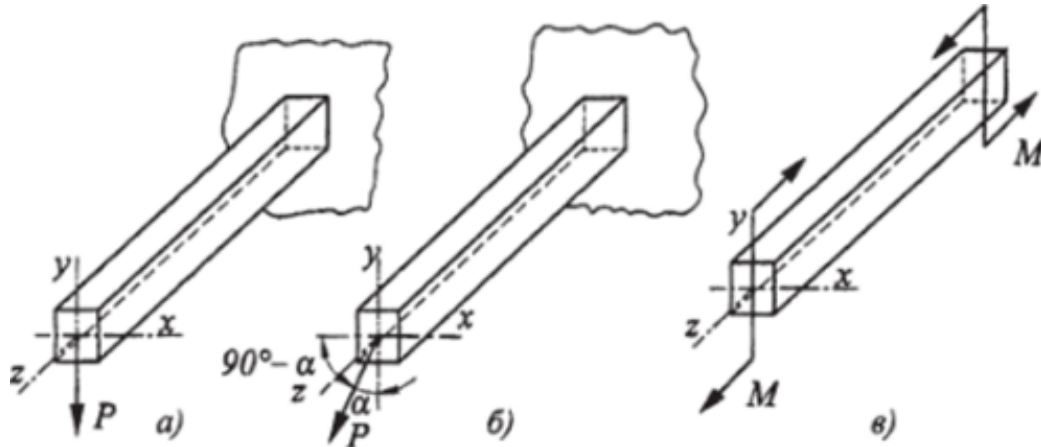
**1. Дәріс тақырыбы:** Иілу. Иілу түрлерінің классификациясы. Иілу кезіндегі ішкі күштік факторлар. Бойлық және көлденең иілу. Иілу момент және көлденең күш арасындағы Дифференциал байланыстар. Иілу кезіндегі нормаль және жанама кернеу.

**2. Дәріс мақсаты:** Иілу және күрделі деформация туралы түсінік қалыптастыра отырып, ішкі күштік факторларды анықтау.

### 3. Дәріс тезистері:

#### 14.1 Иілу және күрделі деформациялар

Өте жиі кездесетін бойлық көлденең иілу, бұл кезде сыртқы күштер арқалықтың бойлық осіне перпендикуляр, арқалықтың осімен көлденең қимасындағы басты осьтердің бірі арқылы өтетін жазықтықта, дербес жағдайда арқалықтың симметрия жазықтығымен сәйкес келетін жазықтықта әсер етеді. Бұндай иілуді тура иілу деп атайды. Егерде иілу деформациясын туындататын күштер арқалықтың осі арқылы өтетін, бірақта оның көлденең қимасының бірде-бір басты осі арқылы өтпейтін жазықтық арқылы әсер ететін болса, онда қиғаш иілу орын алады.



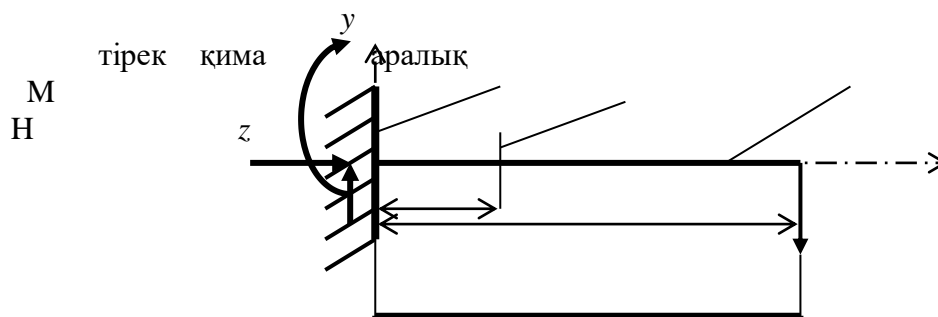
48-сурет

Иілу барысында арқалықтың көлденең қимасында екі ішкі күштік факторлар: иілу моменті және көлденең күш туындайды. Егер арқалықтың қимасында тек иілу момент болып, көлденең күш 0-ге тең болса, онда арқалықтың таза иілуі деп аталады. Ал қимада момент пен көлденең күш бір уақытта пайда болса, ол арқалықтың жазық иілуі болады.

Практикада көптеген машина бөлшектері бір уақытта бірнеше қарапайым деформациялар әсеріне ұшырайды. Ол деформациялардың көбісі иілумен қатарласып болып жатады. Олардың жиі кездесетін жекелеген түрлеріне қиғаш иілу, иіліп созылу немесе сығылу, иіліп бұралу жатады. Бұл жағдайда материал күрделі деформацияға ұшырады деп айтады. Ал жалпы жағдайдағы деформациялану, қарапайым деформациялардың барлық түрі бір мезгілде орын алған күрделі түрі болып табылады. Материалдарды қарапайым деформациялар жағдайында беріктікке есептеу тәсілдерін меңгерген студентке күрделі деформацияға ұшыраған материалды беріктікке есептеу көп қыйындық туғызбайды. Күрделі деформация кезінде сырықтың (материалдың) қимасында бір мезгілде бірнеше ішкі күштер пайда болады. Мысалы қиғаш иілу жағдайында арқалықтың қимасында бір мезгілде екі өстің айналасындағы иуші моменттер және осы екі өске параллель болатын көлденең күштер туындайды, ал қарапайым деформацияға жататын жазық иілу кезінде, арқалықтың қыймасында тек бір күш және бір иуші момент туындайтынын, қарапайым деформацияларды қарастырғанда көрген болатынбыз.

## 14.2 Арқалықтардың иілуі және тірек түрлері

Сыртқы күштердің әсерінен сырықтың түзу осі майысатын болса ол иілу деформациясы деп аталады. Иілуге ұшырайтын сырықтар арқалықтар (балка) деп аталады. Сонымен арқалық деп жұмыс барысында иілуге ұшырайтын сырықтарды айтады екен және арқалықтар да сырықтар сияқты тірекке орнатылады немесе бекітіледі. Арқалықтар тіректерге әртүрлі тәсілмен бекітіледі: бір тіректі қатаң бекітілген және қос тіректі топсалы бекітілгендер болады.



OÑTÚSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казakhstanская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы		76/11
Дәріс кешені		87 беттің 78 беті

R

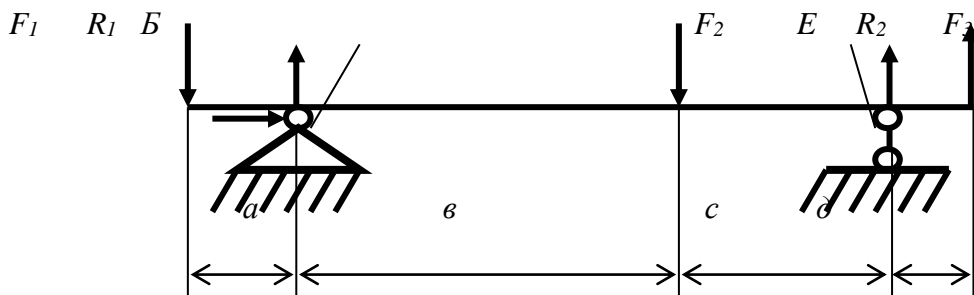
Z

Q,кН

m, кН·м

49-сурет

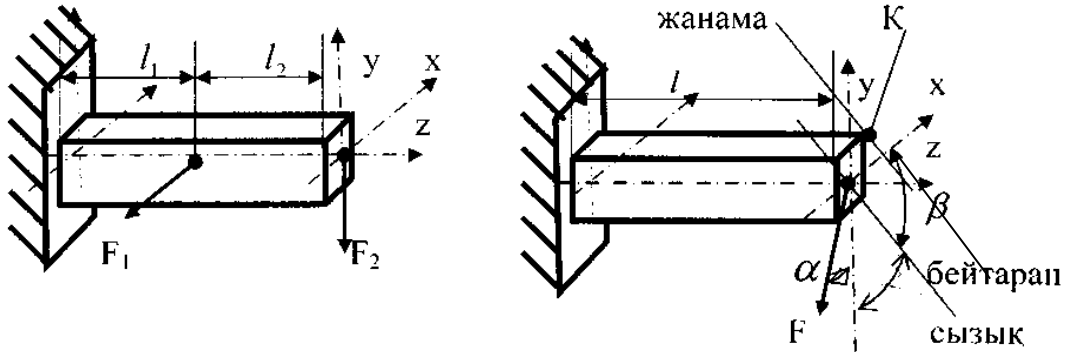
Арқалық ретінде кезкелген жабдықтар мен машиналарда кездесетін білікті, осьті, ұзын винттерді және қабырғаға бекітілгендерді, құрылыста екі қабырға арасына орналыстырылатын бөренелерді, немесе еденге төселетін тақтайларды алып қарастыруға болады.



50-сурет

### 14.3 Қиғаш иілуі

Қиғаш иілу арқалыққа кеңістік күштер (1а- Сурет) немесе қиманың басты өстерімен дәл келмейтін жазықтықтар бетінде жататын күштер (1б -Сурет) әсерінен туындайды. Қиғаш иілу кезінде арқалықтың иілген өсі кеңістік қыйсық болып табылады. Арқалықтың қимасында екі өстер айналасындағы моменттер  $m_x$  және  $m_y$  туындайды. Иілген арқалық үшін негізінен иуші момент қауіпті болатындықтан қиғаш иілу кезінде тек иуші моменттерді ғана қарастырамыз.



51-сурет

51a - суреттегі бір ұшынан қатаң бекітілген арқалықтың қауіпті қимасы тірекке бекітілген қима болғандықтан сол қима үшін иуші моменттер келесі өрнектерден анықталады:

$$m_x = F_2 \cdot (l_1 + l_2) \quad m_y = F_1 \cdot l_1 \quad (1)$$

Ал 51б - суреттегі арқалыққа әсер ететін күш  $F$  қиманың басты өстері « $x$ » және « $y$ » өстерімен дәл келмегендіктен оны осы өстерге параллель құраушыларына

$$\text{жіктеуге болады, яғни } F_x = F \cdot \sin\alpha \quad F_y = F \cdot \cos\alpha \quad (2)$$

$$\text{Олай болса } m_x = F_y \cdot l = F \cdot \cos\alpha \cdot l \quad m_y = F_x \cdot l = F \cdot \sin\alpha \cdot l \quad (3)$$

Қиманың кез келген нүктесіндегі толық тік кернеу екі иуші моменттерден жеке-жеке туындайтын тік кернеулердің алгебралық қосындысы екенін жоғарыда айтқанбыз. Олай болса қиғаш иілген арқалықтың қимасындағы нүктедегі толық тік кернеу тең болады:

$$\sigma_{\text{тол}} = \frac{m_x}{J_x} \cdot y + \frac{m_y}{J_y} \cdot x \quad (4)$$

Мұндағы ( $x$ ) және ( $y$ ) қима бетіндегі кернеу анықталатын нүктенің, қиманың басты өстерінен алғандағы координаттары.

Қима бетіндегі ең үлкен тік кернеу қиманың бейтарап қабатынан ең қашық жатқан нүктеде туындайды, ал ол нүктенің орнын қима бетіндегі бейтарап сызықтан өлшеу арқылы анықтаймыз. Олай болса алдымен бейтарап сызықтың орнын анықтап алуымыз керек. Бейтарап сызық дегеніміз қима бетіндегі кернеуі нөлге тең болатын нүктелердің орны екені белгілі. Сондықтан толық тік кернеудің өрнегін (4) нөлге теңестіре отырып қима бетіндегі бейтарап сызықтың теңдеуін аламыз, яғни

$$\sigma_{\text{тол}} = \frac{m_x}{J_x} \cdot y + \frac{m_y}{J_y} \cdot x = 0$$

Бұл өрнекке (3) теңдеудегі иуші моменттердің мәнін қойып бейтарап сызық үшін келесі теңдеуді аламыз.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 80 беті

$$\sigma_{\text{мол}} = \frac{F \cdot \cos \alpha \cdot l}{J_x} \cdot y + \frac{F \cdot \sin \alpha \cdot l}{J_y} \cdot x = 0 \quad (5)$$

Бұл өрнектен бейтарап сызық координаттар бас нүктесінен өтетіні көрініп тұр, енді оны түрлендіріп және ұқсас мүшелерін қысқартсақ, келесі өрнекті аламыз:

$$\frac{\cos \alpha}{J_x} \cdot y = -\frac{\sin \alpha}{J_y} \cdot x \quad \text{осыдан}$$

$$\frac{y}{x} = -\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \cdot \frac{J_x}{J_y}, \quad \text{яғни}$$

Мұндағы  $x, y$  – бейтарап сызықтың нүктелерінің координаттары.

$$\operatorname{tg} \beta = -\frac{J_x}{J_y} \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (6)$$

Бұл өрнек қима бетіндегі бейтарап сызықтың орнын анықтайтын  $\beta$  бұрышының мәнін табуға мүмкіндік береді. Бұл бұрыш « $x$ » өсінен  $\alpha$  бұрышына бағыттас бағытта өлшеніп салынады (16 - сурет).

Ең қауіпті нүктелер орны, яғни ең үлкен толық тік кернеу туындайтын нүктенің орны қима бетіне, бейтарап сызыққа параллель, жанама жүргізу арқылы анықталады. Осындай нүкте 16 - суретте «К» әрпімен белгіленген. Бұл

нүктеде  $y_k = y_{\text{max}}$  және  $x_k = x_{\text{max}}$  екенін ескерсек (4) өрнекті пайдаланып ең үлкен толық тік кернеудің мәнін табамыз. Ал арқалық берік болу үшін ол мүмкіндік кернеуден кіші немесе оған тең болуы керек, яғни:

$$\sigma_{\text{мол}}^{\text{max}} = \frac{m_x}{J_x} \cdot y_{\text{max}} + \frac{m_y}{J_y} \cdot x_{\text{max}} \leq [\sigma] \quad (7)$$

$$W_x = \frac{J_x}{y_{\text{max}}}, \quad \text{және} \quad W_y = \frac{J_y}{x_{\text{max}}} \quad \text{екенін ескерсек (7) өрнек келесі}$$

ықшам түрге келтіріледі:

$$\sigma_{\text{мол}}^{\text{max}} = \frac{m_x}{W_x} + \frac{m_y}{W_y} \leq [\sigma] \quad (8)$$

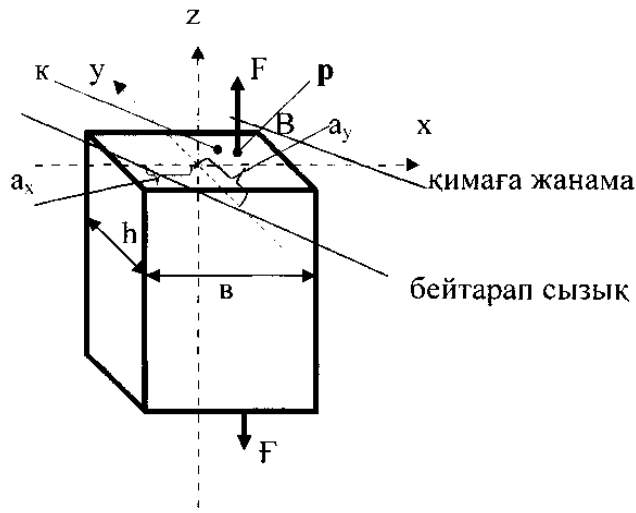
Бұл формула қыйғаш иілген арқалықтың беріктік шарты деп аталады.

#### 14.4 Центрден тыс созылу немесе сығылу

Егер сырық бір мезгілде июші моменттер мен созатын немесе сығатын күштер әсеріне ұшыраса, онда оның қимасында екі июші момент, екі көлденең күш пен бойлық



күштер туындауы мүмкін. Сырықтың осылай жүктелуі, бойлық күштің бағытына байланысты, иіліп созылу немесе иіліп сығылудеп аталады. Көптеген жағдайларда сырықтардың әрі иіліп әрі созылуы немесе сығылуы, сырықтың өсінен тыс жатқан, бірақ өске параллель, бір күштің әсерінен-де орын алады. Сырықтардың осылай жүктелуінің бір мысалы 9 -суретте көрсетілген.



52-сурет

F күшінің түсірілген нүктесін (p) әріпімен белгілеп күштің полюсідеп атаймыз, олай болса оның координаттары  $X_p$  және  $Y_p$  болады. Осыған байланысты F күші X және Y өстерінен алшақ жатыр, олай болса сырықтың кимасының бетінде ішкі июші моменттер  $m_x$  және  $m_y$  туындайды. Олар тең болады:

$$m_x = F \cdot y_p; \quad m_y = F \cdot x_p \quad (9)$$

Ал бойлық күштің сырық өсіне проекциясынан, ішкі бойлық күштің туындайтынын табамыз, ол тең .

$$N = F \quad (10)$$

Осындай жүктелу жағдайында қимадағы көлденең күштер нөлге тең болады.

Енді қиманың кез келген (к) нүктесіндегі (9-сурет) тік кернеу, жоғарыда анықталған ішкі күштерден туындайтын тік кернеулердің алгебралық қосындысына тең болады, себебі июші моменттер мен бойлық күштерден қимада тек тік кернеу туындайтыны белгілі.

$$\sigma_N = \frac{N}{A}; \quad \sigma_{m_x} = \frac{m_x}{J_x} \cdot y_K; \quad \sigma_{m_y} = \frac{m_y}{J_y} \cdot x_K$$

Олай болса қимадағы толық тік кернеу тең болады.

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{m_x}{J_x} \cdot y_K + \frac{m_y}{J_y} \cdot x_K \quad (11)$$

Бұл өрнек арқалықтың қиғаш иілуі кезіндегі тік кернеудің формуласы болып табылады. Енді осы формулаға ішкі күштердің F күші арқылы өрнектелген мәндерін

Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11
Дәріс кешені	87 беттің 82 беті

қойып, және қимадағы кез келген нүктенің координаттарына көшіп, келесі түрге келтіруге болады.

$$\sigma = \frac{F}{A} + \frac{F \cdot y_P}{J_x} \cdot y + \frac{F \cdot x_P}{J_y} \cdot x = \frac{F}{A} \left( 1 + \frac{y_P \cdot y}{i_x^2} + \frac{x_P \cdot x}{i_y^2} \right) \quad (12)$$

Мұндағы  $i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}}$ ;  $i_y = \sqrt{\frac{J_y}{A}}$  инерция радиустары.

Бұл өрнек өстен тыс орналасқан созушы күш үшін алынған, ал күштің бағыты сығушы болған жағдайда өрнектің оң жақ бөлігінің алдына теріс таңба қою керек болады, яғни ( $\pm$ ) таңбасы қойылады, мұндағы (+) таңба өстен тыс созылу, ал (-) таңба өстен тыс сығылу жағдайында алынады:

$$\sigma = \pm \frac{F}{A} \left( 1 + \frac{y_P \cdot y}{i_x^2} + \frac{x_P \cdot x}{i_y^2} \right) \quad (13)$$

Бұл өрнек дұрыс қорытынды беру үшін, қима бетіндегі координаттар өстері (басты өстер), күш әсер ететін нүкте - полюсоның бірінші ширегінде орналасатындай етіп қабылдануы шарт. Осындай жағдайда алынған (13) өрнек, қима бетіндегі кез келген нүктедегі толық кернеудің мәнін, оның құраушыларының алгебралық қосындысы ретінде анықтауға мүмкіндік береді.

Осы өрнектен, тік кернеу қима бетінде әркелкі болып және түзу сызықты (жазықтық бетімен) зандылықпен таралатыны көрініп тұр. Олай болса арқалықтың деформацияға дейінгі жазық қимасы деформациядан кейін-де жазық болып қалады, яғни деформациялану кезінде қима қандай-да бір бейтарап сызықтың айналасында бұрылады. Демек қимадағы ең үлкен кернеу бейтарап сызықтан ең қашық орналасқан нүктеде орын алады. Бейтарап сызықтың орнын, яғни теңдеуін, тік кернеудің өрнегін нөлге теңестіру арқылы табамыз.

$$\sigma = \pm \frac{F}{A} \left( 1 + \frac{y_P \cdot y}{i_x^2} + \frac{x_P \cdot x}{i_y^2} \right) = 0 \quad \text{осыдан } F \neq 0 \text{ болғандықтан}$$

$$\left( 1 + \frac{y_P \cdot y}{i_x^2} + \frac{x_P \cdot x}{i_y^2} \right) = 0 \quad (14)$$

Бұл өрнек бейтарап сызықтың формуласы болып табылады. Мұндағы ( $x$ , және  $y$ ) бейтарап сызықтың нүктелерінің координаттары. Осы өрнектен бейтарап сызықтың түзу сызық екені және оның координаттар бас нүктесінен өтпейтіні көрініп тұр, демек бұл түзу, координаттар өстерінен қандай-да бір кесінділерді кесіп түседі. (14) өрнекті пайдаланып осы кесінділерді анықтаймыз.

Егер  $x = 0$  десек

$$y = a_y = -\frac{i_x^2}{y_P} \quad (15)$$

бейтарап сызықтың  $y$  өсінен кесетін кесіндісін табамыз,

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11	
Дәріс кешені	87 беттің 83 беті	

ал  $y = 0$  десек

$$x = a_x = -\frac{i_y^2}{x_p} \quad (16)$$

бейтарап сызықтың  $x$  өсінен кесетін кесіндісін табамыз, олар 9-шы суретте көрсетілген.

Бейтарап сызыққа параллель түзумен қима бетіне жанама жүргізу арқылы қауіпті нүктенің орнын, яғни ең үлкен кернеу туындайтын нүктенің (B) орнын табамыз. Енді осы нүктенің координаттарын (13) өрнекке қоя отырып ең үлкен кернеудің мәнін есептейміз, ал оны мүмкіндік кернеумен шектесек өстен тыс созылып немесе сығылу кезіндегі беріктік шартын аламыз.

$$\sigma^{\max} = \pm \frac{F}{A} \left( 1 + \frac{y_p \cdot y_B}{J_x} + \frac{x_p \cdot x_B}{J_y} \right) \leq [\sigma] \quad (17)$$

Ал 9 - суреттегі тәрізді, сырықтың қимасы тік төртбұрыш, қоставр, швеллер т.е.с. қималар үшін (11) формуланы пайдаланып ең үлкен кернеу келесі түрде-де есептеледі:

$$\sigma^{\max} = \frac{F}{A} + \frac{m_x}{W_x} + \frac{m_y}{W_y} \leq [\sigma] \quad (18)$$

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.

**5. Әдебиеттер: Негізгі:**

Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020

Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объед. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

**Қосымша әдебиеттер**

Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.

Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы :Эверо, 2014. - 256 с

Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы / - Алматы :Эверо, 2015. - 68 б

Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусейтов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объед. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

**Электронды басылымдар**

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 84 беті

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>

Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>

"Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.

Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>

Арапов Б.Р. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. «Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

## 6. Бақылау сұрақтары:

1. Иілу деформациясы және олардың түрлері.
2. Иілу кезінде көлденең қимада туындайтын ішкі жүктемелер.
3. Иілу кезіндегі қатаңдық пен беріктік шарттары.
4. Бір ұшы қатаң бекітілген арқалықтардың иілуі.
5. Қос тіректі арқалықтардың иілуі.

## №15 дәріс

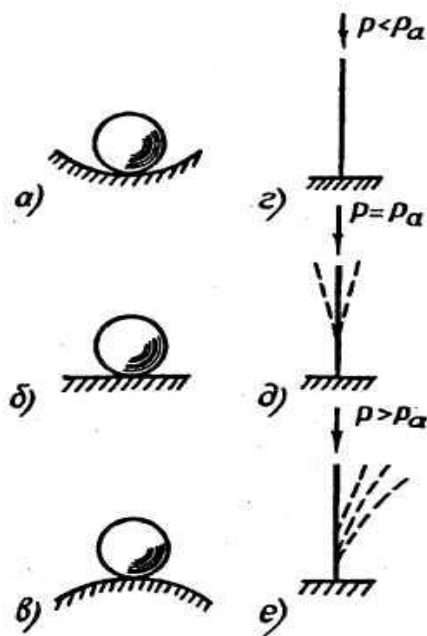
**1. Дәріс тақырыбы:** Курделі қарсыласу. Курделі деформациялану түрлері. Сығылған сырықтар орнықтылығы.

**2. Дәріс мақсаты:** Орнықтылық және орнықсыздық туралы түсінік қалыптастыру. Дағдарыс кезіндегі аумалы күш пен кернеуді анықтай білу. Формулаларды қолдану шарттары.

### 3. Дәріс тезистері:

#### 15.1 Тепе-теңдік күйдің орнықсыздығы және орнықтылығы туралы ұғым

Машина бөлшектері мен конструкция элементтерін беріктікке, қатаңдыққа есептегенде, оған әсер етуші сыртқы күштер мен оның көлденең қималарындағы ішкі күштер өзара орнықты тепе-теңдік күйде болады дедік, бірақта кез келген серпімді жүйенің тепе-теңдік күйі орнықты бола бермейді. Мұндай құбылыстар туралы түсінікті болу үшін келесі мысалдарды қарастырайық.



53-сурет

1. Ойыс жердің ең төменіне орналасқан шарды аздап қозғап еркіне жіберсек, ол өзінің бастапқы орнына қайта оралады (1 а-сурет). Дененің мұндай күйі орнықты тепе-теңдік күй деп аталады.

2. Горизонталь жазықтық бетінде жатқан шарды аздап қозғап еркіне жіберсек, ол бастапқы орнына қайтып оралмай, қозғалып барып тоқтайды (1б-сурет). Мұндай құбылыс дененің шектеусіз тепе-теңдік күйі деп аталады.

3. Дөңес беттің, ең жоғарғы нүктесіндегі жатқан шарды аз ғана қозғап еркіне жіберсек, ол қозғалысын онан әрі шексіз жалғастыра береді, бірақ орнына қайтып келмейді (1в-сурет). Мұндай құбылыс дененің орнықсыз тепе-теңдік күйі деп аталады.

Сырықтың көлденең қимасына, оның ұзындығы бойымен әсер ететін бойлық сығушы күштің әсерінен, күштің шамасын бірте-бірте көбейткен жағдайда, сырық бастапқы орнықты тепе-теңдік қалпынан ауытқып майысуы мүмкін. Сырықтың бойлық сығушы күш әсерінен, тепе-теңдігін жоғалтуын (майысуын) оның орнықтылығын жоғалтуы деп аталады.

Сырықтың орнықтылығын жоғалтуына жеткізетін күштің шамасы аумалы (критическая) күш деп атаады. Машина бөлшектеріндегі және әсіресе құрылыстағы жүк көтеруші сығылған сырықтардың орнықтылығын жоғалтуы үлкен апаттарға соқтырады. Сондықтан сығылған сырықтардың орнықтылығын қамтамасыз етуге, яғни оларды орнықтылыққа есептеуге, үлкен мән беріледі.

Орнықтылыққа есептеу дегеніміз келесі екі мәселені шешу болып табылады:

- біріншіден аумалы күштің мәнін тауып, оны орнықтылық коэффициентіне бөлу арқылы, өлшемдері мен материалы белгілі, сығылған сырықтың жүк көтеру қабілетін анықтау;

- екіншіден сырыққа әсер ететін күштің шамасы белгілі болса, оны қауіпсіз, яғни орнықтылығын жоғалтпай көтеріп тұратын, материалы мен өлшемдері белгілі, сырықтың қимасының өлшемдерін анықтау болып табылады.

Бірінші мәселе бойынша аумалы күштің шамасы сығылған сырықтың геометриялық өлшемдеріне, материалына, және сырықтың ұштарының бекітілу шартына байланысты анықталады. Аумалы күш, егер қимадағы тік кернеудің шамасы сырықтың материалының пропорционал шегінен аспаса, Эйлердің өрнегімен анықталады.

$$F_a = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(\mu l)^2} \quad \text{мұндағы: } E - \text{сырықтың материалының серпімділік модулі,}$$

$J_{\min}$  - сырықтың қимасының ең кіші өстік инерция моменті,

$l$  - сырықтың толық ұзындығы (1 – сурет),

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA</b> <b>AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL</b> <b>ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 86 беті

$\mu$  - сырықтың ұштарының бекітілу тәсіліне тәуелді коэффициент.

Егер сырықтың екі ұшы топсалы бекітілсе (1 – сурет) бұл коэффициент бірге тең болады, яғни  $\mu = 1,0$ . Бекіту коэффициентінің сырық ұшының әртүрлі бекіту жағдайындағы мәндері 1 – ші суретте келтірілген.

Анықталған аумалы күштің мәнін орнықтылық қоры коэффициентіне бөліп, сырық қауіпсіз көтере алатын (мүмкін болатын) бойлық сығушы күшті табамыз.

$$[F] = \frac{F_a}{k_{op}} \quad \text{мұндағы: } k_{op} - \text{орнықтылық қоры коэффициенті, болатқа } k_{op} =$$

1,8...3,5 аралығында, шойынға  $k_{op} = 5,0...5,5$  мәндері, ал ағашқа  $k_{op} = 2,8...3,2$  мәндері қабылданады.

Кернеудің мәні материалының пропорционал шегінен үлкен болған жағдайда аумалы күш төмендегі Ясинскийдің өрнегімен анықталады.

$$F_a = (a - b\lambda) \cdot A \quad (2)$$

Мұндағы:

- «a» және «b» сырықтың материалына тәуелді тұрақты коэффициенттер, тәжірибеден анықталады;

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} \quad \text{сырықтың иілгіштігі;}$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}} \quad \text{қиманың ең кіші инерция радиусы.}$$

Бұл формула сырықтың иілгіштігі шекті  $\lambda_{ш}$  иілгіштіктен кіші және ең төменгі иілгіштіктен  $\lambda_0$  үлкен болған жағдайда қолданылады.

Шекті иілгіштік келесі өрнекпен есептеледі.

$$\lambda_{ш} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{ши}}} \quad (3)$$

Ал көптеген материалдар үшін

$$\lambda_0 = 40 \quad (4)$$

Сырықтың иілгіштігі ең төменгі иілгіштіктен  $\lambda_0 = 40$  кем болғанда, сырық орнықтылығын жоғалтпайтындықтан, кәдімгі өстік сығылудағы мүмкіндік кернеу бойынша, беріктікке есептеледі.

Одан әрі (2) өрнекті пайдаланып мүмкін болатын күштің шамасы есептеледі.

Аумалы кернеу. Эйлер формуласын қолдану шарттары. Ясинский формуласы. Орнықтылық шарты мен қор коэффициенті.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН <b>MEDISINA          АКАДЕМИАСЫ</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казakhstanская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	76/11	
Дәріс кешені	87 беттің 87 беті	

$$\sigma = \frac{F_a}{A}$$

Аумалы кернеудің шамасын Эйлер өрнегімен анықтауға болады:

$$\sigma = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

Аумалы кернеудің шамасы Яссинский өрнегімен анықтауға болады:

$$\sigma_a = (a - b\lambda)$$

Кернеудің мәні сырықтың иілгіштік шегі  $\lambda_\phi = 100$  үлкен болған жағдайда Эйлер өрнегімен, ал бұл шарт орындалмаған жағдайда Яссинский өрнегімен анықталады.

Сығылған стержендерді орнықтылыққа есептеу. Екінші мәселе, қиманың өлшемдерін анықтау, орнықтылық шарты өрнегін пайдаланып орындалады.

$$\sigma = \frac{F}{A_m} \leq [\sigma_i] \quad (4)$$

Мұндағы  $A_m$  қиманың толық (брутто) ауданы;

$[\sigma_i]$  орнықтылыққа мүмкіндік кернеу;

$$[\sigma_i] = \varphi \cdot [\sigma] \quad (5)$$

$\varphi$  негізгі мүмкіндік кернеуді төмендетуші коэффициент;

$[\sigma_i]$  негізгі мүмкіндік кернеу.

Бұл жердегі  $\varphi$  негізгі мүмкіндік кернеуді төмендетуші коэффициент сырықтың иілгіштігіне  $\lambda$  тәуелді. Бұл тәуелділік 2 – кестеде келтірілген.

$$\sigma = \frac{F}{A_m} \leq \varphi \cdot [\sigma] \quad (6)$$

Бұл өрнектегі  $\varphi$  коэффициенті иілгіштікке, ал ол өз кезегінде қиманың өлшемдеріне тәуелді болғандықтан, яғни бір шартта екі белгісіз бар болғандықтан, (6) формуланы пайдалану бірте-бірте жақындау тәсілімен атқарылады. Кестеден көрініп тұрғандай  $\varphi$  коэффициенті «0» мен «1» мәндерінің арасында өзгереді.

Сондықтан бірінші жақындау кезінде оның орташа мәнін қабылдап қиманың оған сәйкес келетін өлшемдерін және геометриялық сипаттамаларын анықтаймыз,

яғни  $\varphi_1 = 0,5$  Олай болса (70) формуладағы теңдікті пайдаланып қиманың ауданын табамыз.

$$A_m = \frac{F}{0,5 \cdot [\sigma]} \quad (7)$$

Енді қиманың түрін ескеріп, осы ауданға сәйкес келетін имерция радиусын келесі

$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}}$  өрнек бойынша есептейміз-де сырықтың иілгіштігін табамыз. Кестеден

O'NTUSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 88 беті

анықталған илгіштікке сәйкес келетін  $\varphi_1'$  коэффициентінің мәнін сызықты интерполяция тәсілімен есептеп табамыз.

Егер осындай тәсілмен анықталған  $\varphi_1'$  коэффициентінің мәні осы жақындаудың басында қабылданған шамаға  $\pm 5\%$  ауытқумен сәйкес келсе (7) өрнектен табылған қиманың ауданы талапқа, яғни орнықтылық шартына, сай деп саналады. Керісінше ауытқу  $\pm 5\%$  - дан көп болса келесі жақындауды орындауға тура келеді.

Келесі жақындау кезінде  $\varphi_2$  коэффициентінің мәні алдыңғы жақындаудың басында қабылданған шамасы мен сол жақындаудың аяғында кестеден табылған мәндерінің орташасы ретінде қабылданады. Яғни екінші жақындау кезінде негізгі мүмкіндік кернеуді төмендетуші коэффициенті тең.

$$\varphi_2 = \frac{\varphi_1 + \varphi_1'}{2} \quad (8)$$

Бұл өрнекті жалпы түрде келесі түрде жазуға болады.

$$\varphi_{i+1} = \frac{\varphi_i + \varphi_i'}{2} \quad (9)$$

Мұндағы  $i = 1 \dots n$  жақындаулар реті,  $n$  жақындаулар саны.

Бірте-бірте жақындаулар, (8) өрнекпен тексерілетін орнықтылық шарты орындалғанша жүргізіле береді, яғни қимадағы кернеудің мәні орнықтылыққа мүмкіндік кернеумен салыстырғанда айырмасы  $\pm 5\%$  - дан аспауы керек.

## 15.2 Сырықтардың орнықтылығы

Сырықтың көлденең қимасы оның ұзындығынан әлдеқайда кіші болып және ол бойлық сғатын күштің әсеріне ұшыраса, осындай жағдайда сығушы күштің шамасын бірте-бірте көбейте отырып, сырықты бастапқы орнықты тепе-теңдік қалпынан ауытқытып майысуына жеткізуге болады екен. Сырықтың осындай күйге ұшырауы оның орнықтылығын жоғалтуы деп аталады.

Сырықтың орнықтылығын жоғалтуына жеткізетін күштің шамасын аумалы (критическая) күш деп атайды. Машина бөлшектеріндегі және әсіресе құрылыстағы жүк көтеруші сығылған сырықтардың орнықтылығын жоғалтуы үлкен апаттарға соқтырады. Сондықтан сығылған сырықтардың орнықтылығын қамтамасыз етуге, яғни оларды орнықтылыққа есептеуге, үлкен мән беріледі.

Орнықтылыққа есептеу дегеніміз келесі екі мәселені шешу болып табылады:

- біріншіден аумалы күштің мәнін тауып, оны орнықтылық коэффициентіне бөлу арқылы, өлшемдері мен материалы белгілі, сығылған сырықтың жүк көтеру қабілетін анықтау;
- екіншіден сырыққа әсер ететін күштің шамасы белгілі болса, оны қауіпсіз, яғни орнықтылығын жоғалтпай көтеріп тұратын, материалы мен өлшемдері белгілі, сырықтың қимасының өлшемдерін анықтау болып табылады.

Бірінші мәселе бойынша аумалы күштің шамасы сығылған сырықтың геометриялық өлшемдеріне, материалына, және сырықтың ұштарының бекітілу шартына байланысты анықталады. Аумалы күш, егер қимадағы тік кернеудің шамасы сырықтың материалының пропорционал шегінен аспаса, Эйлердің формуласымен, ал кернеудің мәні материалының



пропорционал шегінен үлкен болған жағдайда Тетмайер-Ясинскийдің формуласымен анықталады.

Эйлердің формуласы келесі түрде жазылады:

$$F_a = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(\mu l)^2} \quad (61)$$

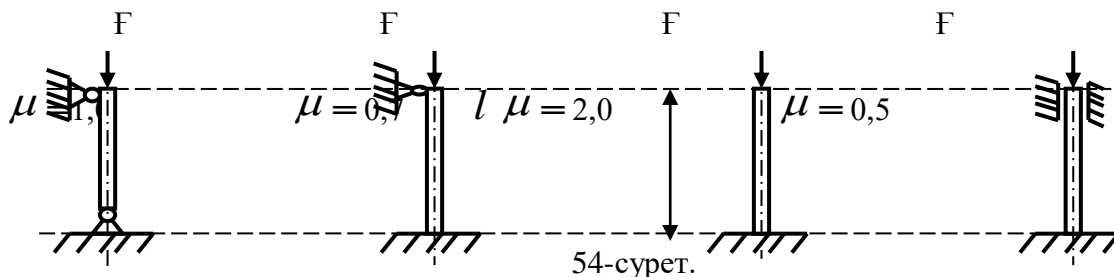
Мұндағы:  $E$  – сырықтың материалының серпімділік модулі,

$J_{\min}$  - сырықтың қимасының ең кіші өстік инерция моменті,

$l$  - сырықтың толық ұзындығы (28 – сурет),

$\mu$  - сырықтың ұштарының бекітілу тәсіліне тәуелді коэффициент.

Егер сырықтың екі ұшы топсалы бекітілсе (28 – сурет) бұл коэффициент бірге тең болады, яғни  $\mu = 1,0$ . Бекіту коэффициентінің сырық ұшының әртүрлі бекіту жағдайындағы мәндері 28 – ші суретте келтірілген.



Анықталған аумалы күштің мәнін орнықтылық қоры коэффициентіне бөліп, сырық қауіпсіз көтере алатын (мүмкін болатын) бойлық сығушы күшті табамыз.

$$[F] = \frac{F_a}{k_{op}} \quad (62)$$

Мұндағы  $k_{op}$  - орнықтылық қоры коэффициенті, болатқа  $k_{op} = 1,8...3,5$  аралығында, шойынға  $k_{op} = 5,0...5,5$  мәндері, ал ағашқа  $k_{op} = 2,8...3,2$  мәндері қабылданады.

Кейбір жағдайларда, сығылған сырықтың қимасын тұтас бір денеден тұратын етіп жасаудың орнына, оны бірнеше қималардан құралған күрделі қима ретінде жасаған тиімді болады. Мысалы № 27 қоставр ( $J_x = 5010 \text{ см}^4$ ,  $J_y = J_{\min} = 260 \text{ см}^4$ ,  $A = 40,2 \text{ см}^2$ ) орнына, бір-бірінен «а» қашықтықта орналасқан екі швеллерді қабылдаған тиімді. Себебі

осы қоставрдың өстік инерция моменттерінің қатынасы ( $\frac{J_x}{J_y} = 19,27$ ) 20 есеге жуық екені

көрініп тұр. Қоставрдан жасалған сырық орнықтылығын жоғалтқанда қимадағы қатандығы ең кіші жазықтық бойымен иілер еді. Ал Эйлердің өрнегінен көрініп тұрғанындай, егер сырықтың қимасын барлық бағытта бірдей қатандықта болатын етіп құрастырса, яғни

OÑTÚSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 90 беті

$J_x = J_y$ , сырықтың жүк көтеру қаблетін көбейтуге болар еді, ол үшін қиманы құрама етіп жасауға тура келеді.

Тетмайер-Ясинскийдің формуласы келесі түрде жазылады:

$$F_a = a - b\lambda \quad (65)$$

Мұндағы:

- «a» және «b» сырықтың материалына тәуелді тұрақты коэффициенттер, тәжірибеден анықталады;
- $\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}}$  сырықтың иілгіштігі;
- $i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}}$  қиманың ең кіші инерция радиусы.

Бұл формула сырықтың иілгіштігі шекті  $\lambda_{\text{ш}}$  иілгіштіктен кіші және ең төменгі иілгіштіктен  $\lambda_0$  үлкен болған жағдайда қолданылады. Шекті иілгіштік келесі өрнекпен есептеледі.

$$\lambda_{\text{ш}} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{\text{ши}}}} \quad (66)$$

Ал көптеген материалдар үшін

$$\lambda_0 = 40 \quad (67)$$

Сырықтың иілгіштігі ең төменгі иілгіштіктен  $\lambda_0 = 40$  кем болғанда, сырық орнықтылығын жоғалтпайтындықтан, кәдімгі өстік сығылудағы мүмкіндік кернеу бойынша, беріктікке есептеледі.

Одан әрі (62) формуланы пайдаланып мүмкін болатын күштің шамасы есептеледі.

Орнықтылыққа есептеудің практикалық тәсілі. Қиманың өлшемдерін анықтау орнықтылық шарты өрнегін пайдаланып орындалады.


$$\sigma = \frac{F}{A_m} \leq [\sigma_y] \quad (68)$$

**4. Иллюстрациялық материалдар:** плакаттар, слайдтар, видео-роликтер.

**5. Әдебиеттер: Негізгі:**

Арапов Б. Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық. Ақнұр - 2020  
 Байжанов, Ә. Ж. Механикалық берілістер : оқу құралы / Ә. Ж. Байжанов, К. Ә. Жалғасова. - Алматы : ЭСПИ, 2021. - 124 бет. С

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объед. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

OÑTÚSTIK-QAZAQSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 <b>SKMA</b> -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Инженерлік пәндер кафедрасы	Дәріс кешені	76/11 87 беттің 91 беті

### Қосымша әдебиеттер

Моллах , Хамид Управление рисками в фармацевтическом производстве : монография / М. Лонг, Г. Бейсмен, пер. с англ. под общ. ред. А. В. Александровой. - 2-е изд. испр. - М. : ВИАЛЕК, 2017. - 464 с.

Мардонов, Б. М. Расчетно-проектировочные работы по сопротивлению материалов сборник / Алматы :Эверо, 2014. - 256 с

Арпабеков, М. И. "Материалдар кедергісі" пәнінен жаттығулар және есептер жинағы: оқу құралы /. - Алматы :Эверо, 2015. - 68 б

Хиббелер, Р. Ч. Статика мен материалдар механикасы [Текст] : т.1 : оқулық / Р.Ч. Хиббелер ; Қаз.тіл.ауд. Е.Б.Даусеитов, С.Жүнісбеков. - 4-басылым. - Алматы : ЖШС РПБК "Дәуір", 2017. - 436 б. с.

Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике [Текст] : учеб. пособие / И. В. Мещерский ; под ред. В. А. Пальмова. - 51-е изд., стер ; Рек. Учеб.-методическим объедин. по ун-тскому политехн. образованию. - СПб. : Изд-во "Лань", 2012. - 448 с. : ил.

### Электронды басылымдар

Түсіпов, А. Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Теориялық және қолданбалы механика [Электронный ресурс] : оқулық / А. Түсіпов, Қ. Түсіпов. - Электрон. текстовые дан. ( 118Мб). - Алматы : [б. и.], 2015. - эл. опт. диск (CD-ROM).

Материалдар кедергісі. / Арапов Б.Р. оқу құралы : Қарағанды, 2020. 82 бет. <https://www.aknurpress.kz/reader/web/2463>

Теориялық механика негіздері: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. - 360б. <http://rmebrk.kz/>

"Материалдар кедергісі" пәніне жаттығулар және есептер жинағы : Оқу құралы. . - Алматы: Эверо, 2017. - 68 б <http://rmebrk.kz/>.

Елгондина, Марден Базарбаевна Теориялық механиканың мысалдары мен есептері: оқу-әдістемелік құралы / М. Б. Елгондина, М. О. Ноғайбаева; - Алматы : Қазақ ун-ті, 2017. - 145 б. - 100 (таралым). <http://elib.kaznu.kz>

Арапов Б.Р.Теориялық және инженерлік механика негіздері. Оқулық.«Medet Group» ЖШС. Қарағанды, 2020. - 232 бет <https://aknurpress.kz/reader/web/2422>

### 6. Бақылау сұрақтары:

1. Орнықтылық және орнықсыздық туралы түсініктер.
2. Дағдарыс күші мен кернеуді анықтау.
3. Эйлер және Тетмайер-Ясинский формулаларын қолдану шарттары.
4. Сығылған сырықтардың көтеру қабілетін анықтау.