

С. И. НИГМАТУЛЛАЕВ

# АМАЛИЙ МЕХАНИКА

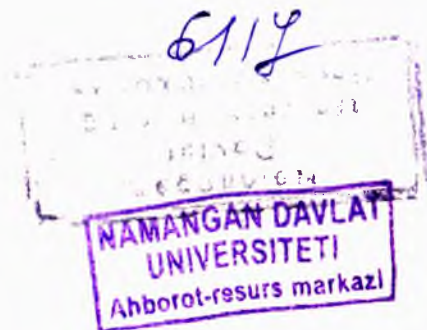


“ЎЗБЕКИСТОН”

**С.И.НИГМАТУЛЛАЕВ**

# **АМАЛИЙ МЕХАНИКА**

*Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус  
таълим вазирлиги Олий техника ўқув юртлари  
талабалари учун ўқув қўлланма сифатида  
тавсия этган*



Тақризчилар: т.ф.н. доцент **У.Х Қўчқоров.**  
т.ф.д. проф. **Х.С Нурмухамедов.**

Муҳаррир **Т. Назаров**

Мазкур ўқув қўлланма кадрлар тайёрлаш миллий дастурига мувофиқ бакалаврлар тайёрлаш йўналишларининг ўқув режаларига мослаб ёзилди:

- 5522400 — Кимёвий технология (электрокимёвий ишлаб чиқариш буйича)
- 5522500 — Нефт ва нефт газни қайта ишлаш технологияси
- 5522600 — Ёғочсозлик саноати технологияси, машиналари ва жиҳозлари
- 5522900 — Биотехнология
- 5541100 — Озиқ-овқат технологияси (маҳсулот турлари буйича)
- 5850100 — Атроф муҳит муҳофазаси (тармоқлар буйича)
- 5140900 — Касб таълим (бакалаврият йўналишлари буйича)

Ўқув қўлланмани тайёрлашдан мақсад «Назарий механика», «Материалшунослик», «Материаллар қаршилиги», «Машина деталлари», «Машина ва механизмлар назарияси» фанларининг асосий тушунчалари, элементлари, теоремалари, принциплари, ҳисоблаш усуллари, ЭҲМни лойиҳалашда қўллаш, баъзи қисм ва механизмларнинг математик моделларини ясашни ўргатишдан иборатдир. Деформациянинг турларини ўрганиш, мустақкамлик назарияларини, устуворликни, машина ва механизмларнинг, конструкцияларнинг узоқ ишлаш муддатини таъминлаш фаннинг асосий мазмунидир.

ISBN 5-640-02461-5

Н  $\frac{1603010000-104}{351(04)-2003}$  2003

## 1. УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР

Назарий механика фани моддий жисмларнинг бир-бирига кўрсатадиган таъсири ва механик ҳаракатнинг умумий қонунлари ҳақидаги фандир.

Фазода вақтнинг ўтиши билан моддий жисмларнинг бир-бирларига нисбатан кўчиши механик ҳаракат дейилади. Бу ҳаракат жисмларнинг ўзаро бир-бирларига кўрсатган таъсирлари натижасида содир бўлади.

Назарий механика фани масаланинг қўйилишига қараб уч қисмга: статика, кинематика ва динамикага бўлинади.

Моддий жисмларнинг мувозанати, уларга қўйиладиган кучларни қўшиш, айириш ва кучларни таъсир жиҳатидан тенг бўлган эквивалент кучлар системаси билан алмаштириш масалалари назарий механиканинг статика бўлимида текширилади.

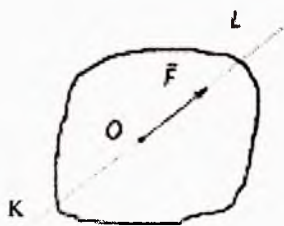
Жисмларнинг ҳаракатини уларнинг массаси ва уларга таъсир этувчи кучларга боғламай, фақат геометрик нуқтаи назаридан текшириш масаласи кинематика қисмига тегишлидир.

Динамикада эса моддий жисмларнинг ҳаракати шу ҳаракатни вужудга келтирувчи куч билан биргаликда текширилади.

## 2. СТАТИКА

Статикада қабул қилинган асосий тушунчаларнинг таърифлари.

1. *Моддий нуқта* деганда ҳаракати ёки мувозанатини текширишда ўлчамлари ва шаклининг аҳамияти бўлмаган, массаси бир нуқтага жойлашган деб тасаввур қилинадиган жисм тушунилади.



2. Куч таъсиридаги жисмнинг ихтиёрий иккита нуқтаси орасидаги масофа доимо ўзгармасдан қолса бундай жисм *абсолют қаттиқ жисм* дейилади.

3. Жисмларнинг бир-бирига кўрсатган ўзаро таъсирларининг миқдорий ўлчови *куч* дейилади. Бу таъсир натижасида жисмнинг кинематик ҳолати ёки шакли ўзгаради (деформацияланади).

$O$  — куч қўйилган нуқта;

$\vec{F}$  — кучнинг йўналишини кўрсатувчи куч вектори;

$F$  — кучнинг миқдори;

$KL$  — кучнинг таъсир чизиги.

Куч миқдорга ва йўналишга эга бўлганлиги учун вектор катталиқ  $\vec{F}$  билан ифодаланади.

4. Жисмга қўйилган  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$  кучлар тўплами *кучлар системаси* дейилади. Агар  $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$  кучлар системаси кўрсатадиган таъсирни бошқа  $(\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, \dots, \vec{Q}_n)$  кучлар системаси бера олса, бундай икки куч системаси *эквивалент кучлар системаси* дейилади:

$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \Leftrightarrow (\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, \dots, \vec{Q}_n)$$

5. Кучлар системасининг жисмга таъсирини ёлғиз бир куч бера олса, бундай куч *тенг таъсир этувчи куч* дейилади:  $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \Leftrightarrow \vec{R}'$

6. Тинч турган жисм унга қўйилган  $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$  кучлар системаси таъсирида ҳам тинч ҳолатда қолса, бундай кучлар системаси *мувозанатлашган кучлар системаси* ёки *нолга эквивалент система* дейилади:  $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \Leftrightarrow 0$

7. Механикада берилган жисмнинг ҳаракати ёки ҳолати бирор жисм билан боғланган координаталар системасига нисбатан текширилади. Бу координаталар системаси *саноқ система* дейилади. Статика бўлимида Ер билан бевосита боғланган саноқ системасидан фойдаланилади.

8. Жисм фазода ихтиёрий томонга ҳаракатлана олса, бундай жисм *эркин жисм* дейилади.

### Статиканинг асосий аксиомалари

Назарий механиканинг статика қисми тажриба ва кузатишлар ёрдамида аниқланган куйидаги аксиомаларга асосланади:

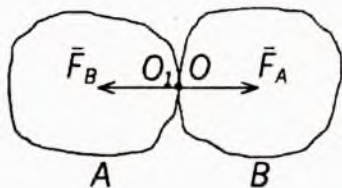
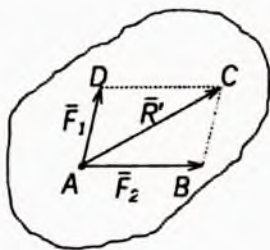
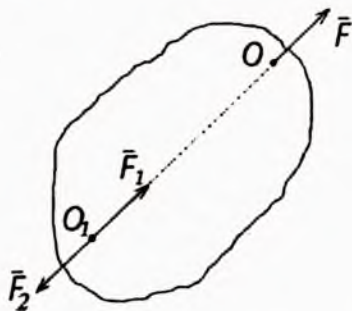
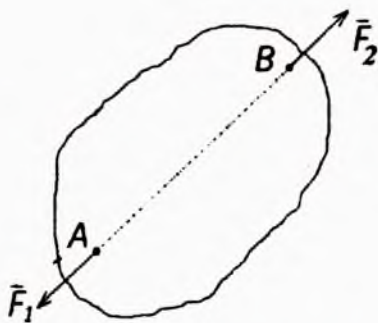
1-аксиома. Эркин жисмнинг исталган икки нуқтасига миқдорлари тенг, йўналиши эса шу нуқталардан ўтувчи чизиқ бўйича қарама-қарши томонга йўналган иккита куч таъсир этса, бундай кучлар ўзаро мувозанатлашади. Кучлар миқдори  $|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|$  йўналишини эътиборга олсак,  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ . Бу нолга эквивалент системадир:

$$(\vec{F}_1 = -\vec{F}_2) \Leftrightarrow 0.$$

2-аксиома. Нолга эквивалент системани жисмга таъсир этувчи кучлар системасига қўшиш ёки ундан айириш билан кучлар системасининг жисмга таъсири ўзгармайди. Бу аксиомадан куйидаги хулоса келиб чиқади: Куч ўз таъсир чизиғи бўйлаб бир нуқтадан иккинчи нуқтага миқдори ва йўналиши ўзгартирилмай кўчирилса, унинг жисмга таъсири ўзгармайди.

3-аксиома (параллелограмм аксиомаси). Жисмнинг бирор нуқтасига қўйилган турли йўналишдаги икки кучнинг тенг таъсир этувчиси миқдор жиҳатдан шу кучларга қурилган параллелограммнинг улар қўйилган нуқтадан ўтувчи диагоналига тенг бўлиб, шу диагональ бўйлаб йўналади:  $\vec{R}' = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ .

4-аксиома. Жисмларнинг бир-бирига таъсири ўзаро тенг ва бир тўғри чизиқ бўйлаб қарама-қарши томонга йў-



налади:  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ . Бу аксиома Ньютоннинг 3-қонунини ифода-  
 далайди.

**5 - аксиома.** Берилган кучлар таъсирида деформация-  
 ланадиган жисм мувозанат ҳолатида абсолют қаттиқ жисм-  
 га айланса, унинг мувозанати ўзгармайди. Бу аксиома қотиш  
 принципи дейилади.

### Боғланиш ва боғланиш реакциялари

Жисмнинг ҳаракати ёки ҳолати бирор сабаб билан че-  
 гараланган бўлса, унга *боғланишдаги жисм* дейилади.

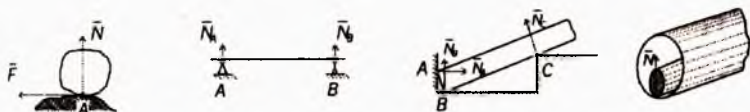
Жисмнинг ҳаракати ёки ҳолатини чекловчи сабабга эса  
*боғланиш* дейилади.

Масалан, рельсларда турган вагоннинг вертикал йўна-  
 лишдаги ҳаракати чекланган. Бунда рельслар вагон учун  
 боғланиш вазифасини ўтайди, вагон эса боғланишдаги  
 жисмдир.

Боғланишнинг жисмга кўрсатадиган таъсирини белги-  
 ловчи кучга *боғланиш реакция кучи* дейилади.

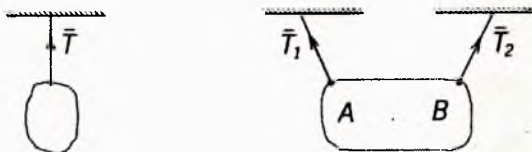
**6 - аксиома.** Боғланишдаги жисмни эркин жисм шак-  
 лига келтириш учун жисмга таъсир этувчи кучлар қаторига  
 боғланиш кучини ҳам қўйиш керак. Бу аксиома жисмни боғ-  
 ланишдан бўшатиш аксиомаси дейилади.

Жисмлар, асосан, таянчлар (қирралар, шарнирлар, ип,  
 занжир ва қайишлар) воситасида боғланган бўлади.



$\vec{N}$  — нормал реакция кучи;

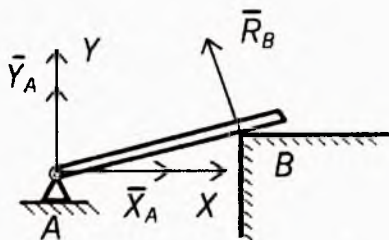
$\vec{F}$  — уринма реакция кучи ёки ишқаланиш кучи.



Жисмлар чўзилмайдиган ип, занжир, қайиш ёки стер-  
 женлар воситасида осилган бўлса, улардаги реакция куч-  
 лари  $\vec{T}_1, \vec{T}_2$  — таранглик кучи дейилади.

Реакция кучларининг йўналиши олдиндан номаълум бўлган боғланишлар ҳам учрайди. Масалан, жисм А нуқтада цилиндрик шарнир воситасида кўзгалмас текислик билан боғланган.

Бунда боғланиш реакция кучининг таъсир чизиги А нуқтадан ўтади, лекин йўналиши номаълум.



### 3. МАТЕРИАЛЛАР ҚАРШИЛИГИ ҲАҚИДА АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Машина ва иншоотлар мустаҳкам, бикир ва устувор бўлиши керак. *Материаллар қаршилиги фани машина ва иншоот қисмларининг мустаҳкам, бикир ва устувор бўлишини ҳисоблашда зарур бўлган зўриқиш ва деформацияларни аниқлаш методларини ўрганувчи фандир.* Материаллар қаршилиги ҳақидаги дастлабки назарий ва тажриба ишлари 17-асрда Галилей, Гук, Кулон ва бошқалар томонидан асос солиб ўтказилган. Россияда материаллар қаршилиги фанига 18-асрдан бошлаб асос солинган. Рус олимларидан Д.И.Журавский, Х.С.Головин, Ф.С.Ясинский ва А.В.Годолдин кабиларнинг ишлари, машҳур олимлар Н.М.Беляев, А.А.Ильющин, В.В.Соколовский, Х.А.Рахматулин, В.З.Власов, М.Т.Ўрозбоев ва бошқалар материаллар қаршилиги фанининг ривожланишига катта ҳисса қўшдилар.

Назарий механика моддий нуқталар ва моддий нуқталар системаси ҳаракати ҳамда унинг мувозанатини текширади.

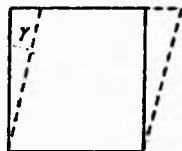
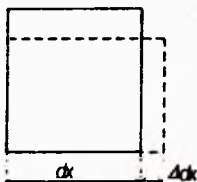
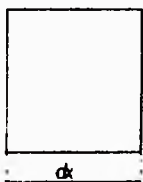
Назарий механиканинг қонун ва формулалари *жисмлар деформациясини эътиборга олмайди.*

Назарий механикада жисмлар *абсолют қаттиқ* деб қаралади.

Жисмларнинг ўз геометрик шаклини ўзгартириши *деформация* деб аталади.

Агар жисмларда ташқи куч таъсиридан ҳосил бўлган деформация жисмдан куч олинганидан кейин йўқолиб кетса бундай деформация *эластик деформация* дейилади. Агар жисмдан ташқи куч олинганда деформация йўқолмаса бундай деформация *қолдиқ ёки пластик деформация* деб аталади.





$\gamma$  — силжиш бурчаги, бурчак деформацияси ёки сил-жиш деформация.

$\epsilon$  — нисбий деформация ёки чизикли деформация.

$$\epsilon = \frac{\Delta dx}{dx} \text{ ёки } \frac{\Delta l}{l}$$

### Конструкция элементлари ва тузилмалари

Қаттиқ жисмларнинг геометрик шаклига қараб уларни уч гуруҳга бўлиш мумкин.

1. Бруслар.
2. Плита ёки пластинка ёхуд қобиклар.
3. Массивлар.

Кўндаланг кесим ўлчамлари узунлик ўлчамларига қараганда жуда кичик бўлган жисмлар *бруслар* деб аталади.

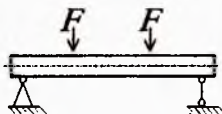
Жисмнинг қалинлиги қолган икки ўлчамадан кичик бўлса, *плита* ёки *пластинка* дейилади; агар жисм эгри сирт билан чегараланган бўлса, *қобик* дейилади.

Уч ўлчови бир хил тартибда бўлган жисм *массив* дейилади. Масалан: бинонинг фундаментлари, кўприк таянчлари.

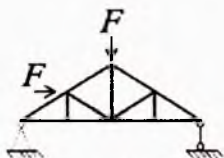
Ташқи кучлар таъсир қилишига қараб бруслар иккига: *стержень* ва *балкаларга* бўлинади.



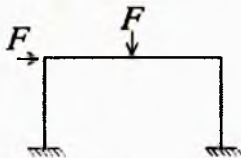
*стержень*



*балка*



*ферма*



*рама*

Бир неча стерженни шарнирлар ёрдамида туташтиришдан ҳосил бўлган система геометрик ўзгармас бўлса, бундай система *ферма* деб аталади.

Бир неча брус бикир қилиб туташтирилган конструкция қисмлари *рама* дейилади.

### Ташқи кучлар ва уларнинг классификацияси

Конструкцияга таъсир қилувчи кучлар асосан икки гуруҳга: сиртқи кучлар ва ҳажмий кучларга бўлинади.

Сиртқи кучларга — иккинчи жисмдан таъсир қилаётган юклар, реакция кучлари киради.

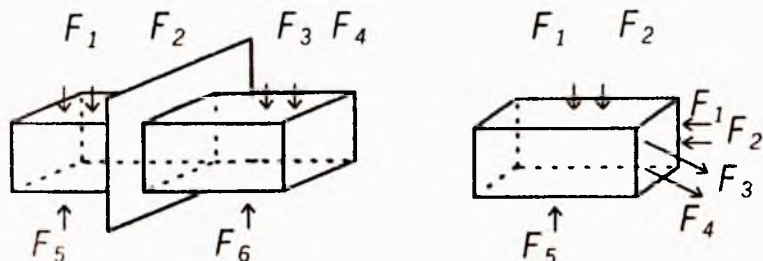
Ҳажмий кучларга — жисмнинг ўз оғирлиги, ҳаракатланаётгандаги инерция кучлари киради.

Сиртқи кучлар тўпланган ёки ёйилган бўлади. Тўпланган кучлар т (тонна), кг (килограмм) бирликларида, ёйилма кучлар эса (масалан, томдаги қор)  $\text{кг}/\text{м}^2$ ,  $\text{т}/\text{м}^2$ ,  $\text{кг}/\text{м}$ ,  $\text{т}/\text{м}$  бирликларида ўлчанади.

### Ички кучлар. Кесиш методи.

Ташқи кучлар таъсиридан брус деформацияланади ва унинг кесимларида *ички кучлар* (кесилган бўлак заррачалари бир-бирига кўрсатган таъсир кучлари) ҳосил бўлади, булар кўпинча *зўриқиш кучлари* ҳам дейилади.

Брус кесимларида ҳосил бўладиган зўриқиш кучларининг тенг таъсир этувчисини топиш учун кесиш методидан фойдаланилади. Брусга қўйилган кучлар системаси  $\bar{F}_1$ ,  $\bar{F}_2$ ,  $\bar{F}_3$ ,  $\bar{F}_4$  таъсиридан брусда  $\bar{F}_5$ ,  $\bar{F}_6$  реакция кучлари ҳосил бўлади, бунинг натижасида брус мувозанатда туради.



Бруснинг бирор кесимидаги ички кучларни топиш учун қуйидаги тўртта иш бажарилиши керак:

1. Брус фикран кесилиб икки қисмга ажратилади.
2. Ажратилган қисмнинг бир томони ташлаб юборилади ва иккинчи томонида мувозанат йўқолади.
3. Ташланган қисмнинг қолган қисмга илгари кўрсатган таъсири  $F_1, F_2, F_3, \dots$  кучлар билан алмаштирилади, бу кучлар кесим юзи бўйича тақсимланади.
4. Қолдирилган чап қисмнинг мувозанат шарти ёзилади:

$$\Sigma X = 0; \quad \Sigma Y = 0; \quad \Sigma M = 0$$

Буларга *статиканинг мувозанат тенгламалари* дейилади.

### Муҳандислик ҳисоблашларининг умумий принциплари

Конструкцияларни ҳисоблаш усули уларнинг ишлаш шароити ва уларга қўйилган талабларга боғлиқ; асосан, мустаҳкамликка (синдирувчи кучга), деформацияси кичик бўлиши керак бўлган конструкцияларда бикирликка ҳамда устувор турғунликка ҳисобланади. Конструкция элементлари асосан кучланишларни топиш усулида ҳисобланади.

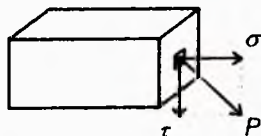
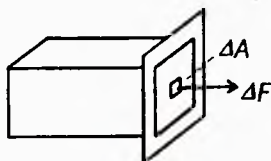
Муҳандислик ҳисоблашларида конструкция элементлари мустаҳкамлик ва триботехника ишончилигига ҳисобланади. Буларга қуйидагилар киради: чўзилиш ва сиқилиш, силжиш ва буралиш, кесим нуқтасининг деформацияланган ва кучланган ҳолати, эгилиш ва мураккаб қаршилиқ, стерженларнинг устуворлиги, ўзгарувчан кучланишдаги мустаҳкамлик, триботехника асослари (деталларнинг бирикиб ишқаланиб ишлаши натижасида едирилиши).

### Кучланишлар

Кесимнинг бирор нуқтасида элементар юзача  $\Delta A$  ажратамиз, бу юзачага таъсир қилган ички кучларнинг тенг таъсир этувчиси  $\Delta F$  бўлсин. Бу ички кучнинг ажратилган юзачага нисбати *ўртача кучланиш*  $P_{\text{ўр}}$  дейилади. *Ҳақиқий кучланиш*  $P$  қуйидагича топилади:

$$P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A}, \quad \text{н/мм}^2 \text{ ёки Па, МПа} \quad P_{\text{ўр}} = \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

Демак, *кучланиш кесим юзаси бирлигига тўғри келган ички кучдир*. Кесимнинг бирор нуқтасига таъсир қилаётган кучланишни ( $P$ ) кесим юзига тик ( $\sigma$ ) ва параллел ( $\tau$ ) йўналган иккита тузувчига ажратамиз:



$$P = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$$

Бу тузувчиларнинг биринчиси *нормал кучланиш* ва иккинчиси *уринма кучланиш* дейилади.

### **Материаллар қаршилиги фанида қабул қилинган гипотезалар**

Конструкция элементларини ҳисоблаш ишларини осонлаштириш мақсадида, материал, юк ва деталларнинг бири-бирига таъсир кўрсатиш характериға нисбатан материаллар қаршилигида баъзи гипотезаларға (чекланишларға) йўл қўйилади.

1 - гипотеза. Жисм материали яхлит (ғоваксиз) деб ҳисобланади.

2 - гипотеза. Жисм материали бир жинсли ва изотоп бўлади. Яъни материал ҳар бир нуқтада ҳар томонға қараб бир хил хусусиятларға эга деб ҳисобланади.

3 - гипотеза. Жисм юкланишдан олдин унда бошланғич зўриқиш кучлари бўлмайди деб фараз қилинади. (Пўлат деталларнинг нотекис совиши, ёғочнинг нотекис қуриши ёки бетоннинг нотекис қотиши натижасида уларда бошланғич зўриқиш кучлари пайдо бўлади).

4 - гипотеза. Кучлар таъсирининг мустақиллик принципи.

5 - гипотеза. Сен-Венан принципи. Жисмға қўйилган кучнинг таъсир нуқтасидан етарлича узоқда жойлашган нуқталарда ҳосил бўладиган ички кучлар характери ташқи кучнинг таъсир характериға боғлиқ эмас. Бу принципға асосан, жисмға у қадар катта бўлмаган юзачаларда тақсимланган кучларни шу кучларнинг тенг таъсир этувчисини ифодаловчи битта тўпланган куч билан алмаштирилиши мумкин, бунинг натижасида ҳисоблаш ишлари осонлашади.

## 4. ЧЎЗИЛИШ ВА СИҚИЛИШ

### Брусларнинг кўндаланг кесимларида ҳосил бўладиган зўриқиш кучлари

Чўзилган ёки сиқилган бруснинг кўндаланг кесимида фақат *бўйлама зўриқиш кучи*  $N_x$  ҳосил бўлади. Чўзувчи кучни мусбат, сиқувчи кучни эса *манфий* деб оламиз.



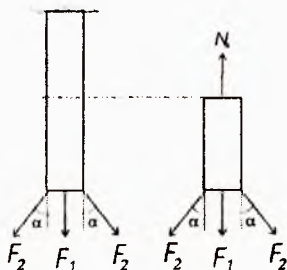
Кесиш методига кўра зўриқиш кучларини топиш учун брусни фикран кесамиз ва қолдирилган қисмининг мувозанатини ёзамиз:

$$\sum_{\text{кк}} X = N_x + \sum_{\text{кк}} \text{пр} F_i = 0$$

бундан

$$N_x = -\sum_{\text{кк}} \text{пр} F_i \quad (1)$$

Мисол.



$$\sum_{\text{кк}} X = -N_x + F_1 + 2F_2 \cos \alpha = 0$$

$$N_x = F_1 + 2F_2 \cos \alpha$$

Бруснинг кўндаланг кесимида ҳосил бўлган ички нормал кучларнинг тенг таъсир этувчиси бруснинг шу кесимидаги *бўйлама куч* деб аталади:

$$N_x = \int_A \sigma \cdot dA \quad (2)$$

Агар бруснинг ҳар қайси кўндаланг кесимида ҳосил бўладиган бўйлама кучларнинг қийматлари турлича бўлса, уларнинг брус ўқи бўйича ўзгариш қонунини кўрсатувчи график *бўйлама куч эпюраси* дейилади. Бу эпюра  $N_x = f(x)$  тенглама ёрдамида чизилади.

### Чўзилган (сиқилган) стерженларнинг мустаҳкамлик шарти

$$\sigma_{\text{max}} = N / A \leq [\sigma] \quad (3)$$

Бу ерда:  $\sigma_{\max}$  — максимал нормал кучланиш;  
 $N$  — бўйлама куч;  
 $A$  — кесим юзаси;  
 $[\sigma]$  — рухсат этилган нормал кучланиш (тур-  
ли материаллар учун қиймати ҳар хил).

Бу формула асосида қуйидаги уч хил масалани ҳал қилиш мумкин:

1. Мустаҳкамликни текшириш  $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$
2. Кесим танлаш  $A \geq N / [\sigma]$
3. Стержень кутара оладиган кучни топиш  $N \leq A \cdot [\sigma]$

### Бўйлама деформация. Гук қонуни. Кучишлар

$l$  — стерженнинг деформациягача бўлган узунлиги;

$l_1$  — стерженнинг деформациядан кейинги узунлиги;

Стержень узунлигининг ортиши *абсолют чўзилиш* деб, камайиши эса *абсолют қисқариш* деб аталади:

$$\Delta l = l_1 - l, \text{ мм}$$

Стерженнинг узунлик бирлигига тўғри келган абсолют бўйлама деформацияси *нисбий бўйлама деформация* дейилади:

$$\varepsilon = \Delta l / l \quad (4)$$

Агар стерженнинг чўзилиши фақат эластик деформация чегарасида қаралса, чўзувчи куч билан абсолют чўзилиш орасида *тўғри пропорционал боғланиш* мавжуд. Бу боғланишни инглиз физиги Роберт Гук топган.

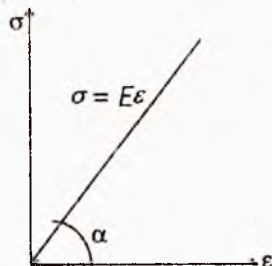
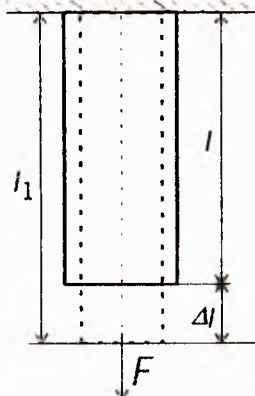
Гук қонуни бундай ифодаланади: *Чўзилган стерженларда нормал кучланиш нисбий чўзилишга тўғри пропорционалдир*:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \quad (5)$$

$E$  — *пропорционаллик коэффициентини ёки эластиклик модули* дейилади.

Энди (5) формуладан  $\sigma$  ни  $F/A$  билан,  $\varepsilon$  ни  $\Delta l/l$  билан алмаштирсак қуйидаги ифода ҳосил бўлади:

$$\Delta l = \frac{Fl}{EA} \quad (6)$$



Бу формула *чўзилишдаги Гук қонуни* дейилади. Бу ерда *EA* бикирликни билдиради.

### **Кўндаланг деформация. Пуассон коэффиценти**

Стержень чўзилганда ёки сиқилганда кўндаланг кесим ўлчамларининг ўзгариши *кўндаланг деформация* дейилади.

*Нисбий кўндаланг деформация* қуйидагича ифодаланади:

$$\epsilon' = \Delta a/a \quad (7)$$

Тажрибалар  $\epsilon'$  кўндаланг деформация билан  $\epsilon$  бўйлама деформация абсолют қийматларининг нисбати  $\mu$  *ўзгармас миқдор* эканлигини кўрсатди.

$$\mu = \left| \frac{\epsilon'}{\epsilon} \right|, \quad (8)$$

$\mu$  — кўндаланг деформация коэффиценти ёки (француз математиги шарафига) *Пуассон коэффиценти* дейилади.  $\mu = 0.. 0,5$ .

### **Чўзилган ёки сиқилган стерженларнинг ўз оғирликларини ҳисобга олиш**

Стерженнинг *абсолют чўзилиши* қуйидагича ифодаланади:

$$\Delta l = \frac{\gamma A l}{EA} \cdot l/2 = \frac{Ql}{2EA}. \quad (9)$$

Бу ерда:  $\gamma$  — стержень материалининг солиштирма оғирлиги;

$A$  — кўндаланг кесим юзи;

$l$  — узунлиги;

$\gamma A l$  — стерженнинг ўз оғирлиги.

### **Чўзилиш ва сиқилишдаги статик аниқмас масалалар**

Стерженларда ҳосил бўладиган зўриқиш кучларининг сони ёки системада ҳосил бўладиган номаълум реакция кучларининг сони статиканинг мувозанат тенгламалари сонидан ортиқ бўлган система *статик аниқмас система* деб аталади.

Статик аниқмас масалаларни ечиш учун статиканинг мувозанат тенгламалари тузилади, сўнгра «ортиқча» номаълумларнинг сони аниқланади. Кейин система дефор-

мациясининг шартидан фойдаланиб қўшимча тенгламалар тузилади. Қўшимча тенгламаларнинг сони албатта «ортиқча» номаълумлар сонига тўғри келиши керак.

$$\sum Y = R_a + R_b - F = 0$$

В нуқтанинг кўчишини топиш учун Гук қонунидан фойдаланамиз:

$$\delta_B = -\frac{R_B l_3}{EA_3} - \frac{R_B l_2}{EA_2} - \frac{R_B l_1}{EA_1} + \frac{F l_1}{EA_1} = 0;$$

$$R_B = \frac{F l_1}{A_1(l_1/A_1 + l_2/A_2 + l_3/A_3)}; \quad R_A = \frac{F(l_2/A_2 + l_3/A_3)}{l_1/A_1 + l_2/A_2 + l_3/A_3};$$

Энди стерженнинг ҳар қайси қисмида ҳосил бўладиган бўйлама кучларни топиш учун кесиш методидан фойдаланса бўлади.

Статик аниқмас масалаларни ечиш учун қуйидагилар бажарилади:

1. Берилган масалада ҳамма реакция кучларини ёки номаълум зўриқиш кучларининг йўналиши кўрсатилади.

2. Шу масала учун лозим бўлган ҳамма мувозанат тенгламалари ёзилади (статик аниқмаслик даражаси белгиланади).

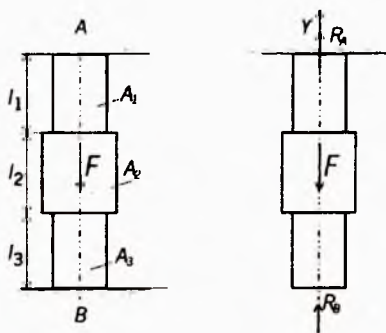
3. Масаланинг айрим қисмларидаги деформациялар орасидаги боғланишлардан фойдаланиб ҳамма қўшимча тенгламалар тузилади.

4. Қўшимча тенгламалардаги деформациялар Гук қонунидан фойдаланиб тегишли зўриқиш кучлари билан алмаштирилади ёки ортиқча номаълум куч қўйилган нуқтанинг кўчиши топилиб нолга тенглаштирилади.

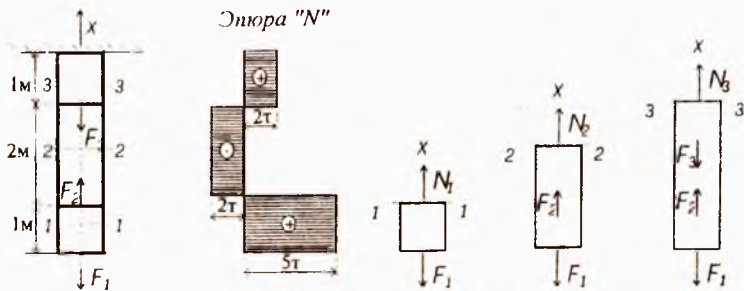
5. Ҳосил бўлган тенгламалар биргаликда ечилиб барча номаълум зўриқиш кучлари топилади.

*1-масала.*

Бир учи маҳкамланган стерженнинг ўқи бўйлаб  $F_1=5\text{ Т}$ ,  $F_2=7\text{ Т}$  ва  $F_3=4\text{ Т}$  кучлар таъсир этади, шу стержень учун бўйлама кучнинг эпюраси чизилсин.







Е ч и ш .

1-1 текислик билан кесамиз. Мувозанат тенглама

$$\sum_{\text{KK}} X = N_1 - F_1 = 0 \quad N_1 = F_1 = 5 \text{ т}$$

2-2 кесим учун мувозанат тенглама:

$$\sum_{\text{KK}} = N_2 + F_2 - F_1 = 0 \quad N_2 = F_1 - F_2 = 5 - 7 = -2 \text{ т.}$$

3-3 кесим учун мувозанат тенглама:

$$\sum_{\text{KK}} X = N_3 - F_1 + F_2 = 0 \quad N_3 = F_1 - F_2 + F_3 = 5 - 7 + 4 = 2 \text{ т.}$$

## 5. МАТЕРИАЛЛАРНИНГ ХОССАЛАРИНИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТЕКШИРИШ. МАТЕРИАЛЛАР ВА УЛАРНИ СИНАШ МЕТОДИКАСИ

Турли конструкцияларда ишлатиладиган материалларни асосан икки гуруҳга бўлиш мумкин:

1. *Пластик материаллар.* Буларга пўлат, мис, дюралюминий каби материаллар киради. Бундай материаллар сезиларли даражада деформация қолдириб емирилади.

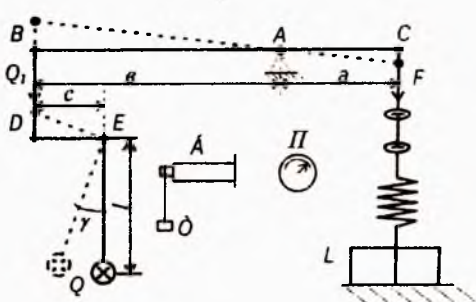
2. *Мўрт материаллар.* Буларга чўян, бетон, гишт каби материаллар киради. Бу материаллар жуда оз деформация қолдириб емирилади.

Мўрт материалларнинг емирилган вақтидаги қолдиқ деформацияси 2—5% дан ошмайди.

Материалнинг механик хоссаларини текшириш учун ундан маълум шаклдаги намуна ясаб ва бу намуна узувчи машиналарнинг қисқичлари орасига қўйиб синилади.

Узувчи машиналар асосан 2 хил бўлади: *ричагли ва гидравлик*.

Ричагли машиналарнинг кучи 5 т гача боради. Гидравлик машиналарниқи эса 100 т гача боради. Машинада узун ( $v$ ) ва қисқа ( $a$ ) елкали



ричаг бўлиб, қисқа елканинг C нуқтасига юқориги қисқич осилган. Узун елканинг B тугунига синиқ (ВДЕ) ричаг ёрдамида маятник уланган.

Машинанинг пастки қисқичи винтли стержень ёрдамида тишли узатма орқали моторга туташади. Бу қисқичларга намуна ўрнатилади. Пастки қисқични мотор ёки қўл кучи билан қўзғатиш орқали намунани чўзиш ёки сиқиш мумкин. Бунинг натижасида ричагнинг C нуқтаси кўчиб, бугун система пунктир чизиқ билан кўрсатилган вазиятни олади: намунага таъсир этувчи F куч билан маятникнинг Q юки орасида қуйидаги боғланиш мавжуд

$$Q_1 \cdot l = F \cdot a,$$

бундан ташқари  $Q_1 \cdot c = Q \cdot l \cdot \sin \gamma$ ,

Бу икки тенгламадан  $Q_1$  ни чиқариб  $Q_1 = F \cdot a / v$  нинг ўрнига қўйсак,

$$F \cdot a \cdot c / v = Q \cdot l \cdot \sin \gamma$$

бўлади. Бу ердан  $F = Q v \cdot l \cdot \sin \gamma / ac$ ;

Энди  $m = v \cdot l \cdot \sin \gamma / ac$  деб белгиласак,

$$F = mQ.$$

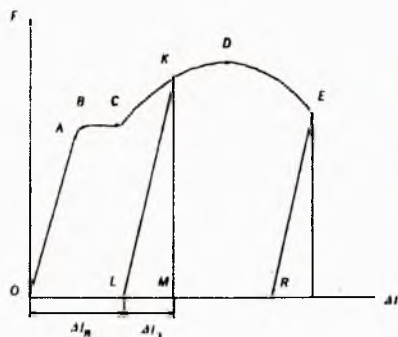
Бундан кўринадики, намунага таъсир этувчи куч маятникнинг оғирлигига пропорционалдир, яъни маятник намунанинг узилиш ёки сиқилишига қаршилик кўрсатади; бу қаршилик (II) динамометр ёрдамида ўлчанади.

Бундан ташқари машинага (Б) барабан ўрнатилган бўлиб, унда намунага таъсир қилувчи куч ва намуна де-

формацияси орасида боғланишни кўрсатувчи *чўзилиш ёки сиқилиш диаграммаси* деб аталувчи график ҳосил қилиш мумкин.

### Чўзилиш диаграммаси

Намунани синашдан олдин унинг кўндаланг кесим юзи  $A_0$  ва узунлиги  $l_0$  ўлчаб олинади. Кейин қисқичга ўрнатилиб узилгунча чўзилади. Намуна материали Ст.3.



Чўзилиш диаграммасини тахминан тўртта зонага ажратиш мумкин.



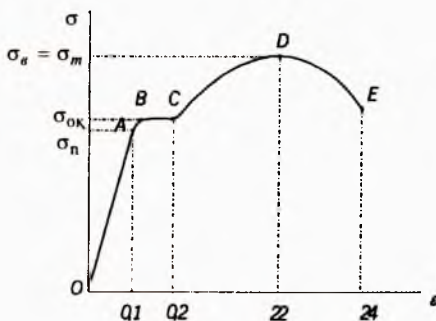
Унинг OA қисмига *эластиклик зонаси* дейилади, бунда материал Гук қонунига

$$\Delta l = F l / E A$$

бўйсунди. Эластиклик зонасида абсолют чўзилиш жуда кичик бўлади.

Диаграмманинг BC қисмига *оқувчанлик зонаси* дейилади. Бу зонада куч ортиқча ўзгармаса ҳам намунанинг чўзилиши давом этади. Бу зонада намунанинг ялтироқ сирти

хираланиб, унинг ўқи билан  $45^\circ$  бурчак тузувчи дарз чизиқлари ҳосил бўлади. Бу чизиқлар *Чернов чизиқлари* дейилади.



Чўзилиш диаграммасининг CD қисми *муштаҳкамланиш зонаси* деб аталади, бу зонада чўзилиш куч ошиши туфайли ҳосил бўлади. Муштаҳкамланиш

зонасида намунанинг узиладиган кесими ингичкалашиб, бўйин ҳосил бўлади. Бўйин ҳосил бўлган ерда F кучнинг қиймати D нуқтага, яъни максимум қийматига етганда, наму-

нанинг чўзилиши маҳаллий характерга эга бўлади ва шунинг учун ҳам диаграмманинг DE участкаси *маҳаллий оқувчанлик зонаси* дейилади.

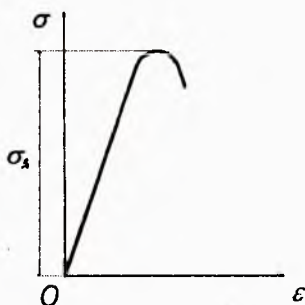
Агар намунани чўзувчи куч миқдори  $MK$  га етганда уни кучдан озод қилсак  $F$  куч билан  $\Delta l$  деформация орасидаги боғланиш  $KL$  тўғри чизиғи билан тасвирланади, бу тўғри чизиқ  $OA$  тўғри чизиққа параллел бўлади. Бу ҳолда деформациянинг бир қисми  $\Delta l'_n = OL$  намунада сақланиб қолади. Эластиклик қисми  $\Delta l'_e = LM$  эса йўқолиб кетади.

Материалнинг механик характеристикасини кўрсатиш учун диаграмма  $\sigma$  ва  $\epsilon$  орқали чизилади. А нуқтага *пропорционаллик чегараси* дейилади. Ст. 3 учун  $\sigma_n = 2 \cdot 10^8$  н/м<sup>2</sup>.

$B$  нуқтага *эластиклик чегараси* дейилади. Бу чегарада намунада Чернов чизиқлари ҳосил бўлади.  $\sigma_{ок} = 2,4 \cdot 10^8$  н/м<sup>2</sup>.

$D$  нуқтага *муштаҳкамлик чегараси* дейилади ёки *вақтли қаршилиқ* дейилади.  $\sigma_b = \sigma_m = 3,8 \cdot 10^8$  н/м<sup>2</sup>. Бу чегарада бўйин ҳосил бўлади.

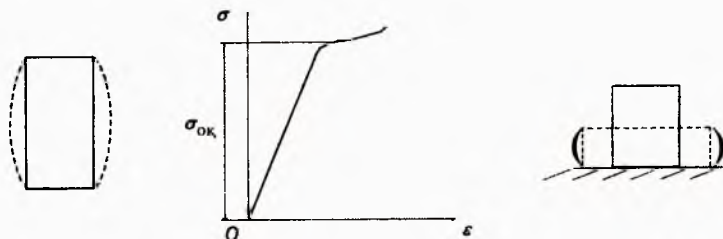
Мўрт материалларда чўзилиш диаграммасида оқувчанлик чегараси бўлмайди, диаграммада фақат муштаҳкамлик чегараси ҳосил бўлади.

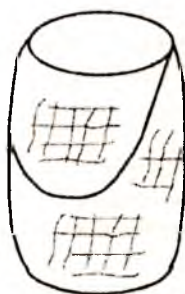
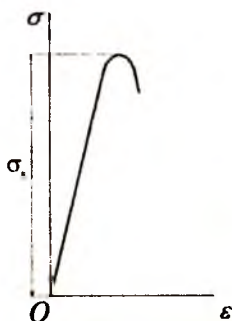


### Сиқилишга синаш

Материалларни сиқилишга синашнинг ўзига хос хусусияти бор.

**1. Намуналар цилинрик ёки куб шаклида ясалади.** Уларнинг баландликлари  $h \leq 3d$  дан ошиб кетмаслиги керак.





Акс ҳолда соф сиқилишга бўйлама эгилиш ҳам қўшилиб кетади.

**2. Намуналарни жуда ҳам кичик қилиб ясаш мумкин эмас, акс ҳолда уларнинг мосламаларига тақалган кесимларида ишқаланиш**

кучлари ҳосил бўлиб, улар кесимнинг кенгайишига йўл қўймайди. Натижада намуна бочкасимон кўринишга эга бўлади.

Пластик материаллар сиқилган сари пачоқланади. Пластик пўлатнинг чўзилиш ва сиқилишдаги оқувчанлик чегаралари тахминан бир-бирига тенг бўлади.

Мўрт материаллар (чўян) сиқилганда жуда кам деформацияланади. Чўяннинг сиқилиш диаграммаси билан чўзилиш диаграммаси бир-биридан фарқ қилмайди. Чўян намуналар унинг ўқиға 45° бурчак ташкил қилган қия юзалар бўйлаб емирилади.

### **Рухсат этилган кучланишни танлаш. Эҳтиёт коэффициенти**

Конструкцияларнинг емирилмай узоқ вақт хавфсиз ишлашини таъминлайдиган энг катта кучланиш рухсат этилган кучланиш дейилади:

$$[\sigma] = \sigma_{\text{чек}}/K,$$

мўрт материаллар учун:  $[\sigma] = \sigma_{\text{в}}/K,$

пластик материаллар учун:  $[\sigma] = \sigma_{\text{ок}}/K_{\text{ок}},$

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

бу ерда:  $\sigma_{\text{чек}}$  — хавфли (чекли) кучланиш;

$K$  — эҳтиёт коэффициенти;

$\sigma_{\text{в}}$  — вақтли қаршилиқ ёки мустаҳкамлик чегараси;

$\sigma_{\text{ок}}$  — оқувчанлик чегараси;

$K_{\text{ок}}$  — оқувчанлик чегарасидаги эҳтиёт коэффициенти;

$K_1$  — юкларни, кучланишларини топишдаги ноаниқликни ҳисобга олувчи коэффициент;

$K_2$  — материалнинг бир жинсли эмаслигини эътиборга олувчи коэффициент;

$K_3$  — деталнинг ишлаш шароитини ҳисобга олувчи коэффициент.

## 6. МУРАККАБ КУЧЛАНИШ ҲОЛАТИ

### 8.1 Оддий ҷузилиш ёки сиқилишдаги стерженларнинг қия кесимларида ҳосил бўладиган кучланишлар

Ҷузилган стерженнинг кўндаланг кесимини  $\alpha$  бурчаги ҳосил қилувчи  $mn$  текислиги билан кесамиз.  $mn$  қия кесимда ҳосил бўладиган кучланишларни аниқлаймиз.  $P_\alpha$  — қия кесимдаги кучланиш.

$$P_\alpha = F/A_\alpha$$

Аммо  $A_\alpha = A/\cos\alpha$  эканлигини эътиборга олсак

$$P_\alpha = f \cos\alpha/A = \sigma_0 \cos\alpha$$

бўлади.  $\sigma_0 = F/A$  кўндаланг кесимнинг нормал кучланиши. Тула кучланиш  $P_\alpha$  ни қия юзага тик ва параллел тузувчиларга ажратамиз.

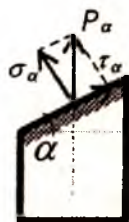
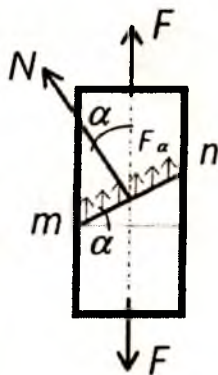
$$\sigma_\alpha = P_\alpha \cos\alpha = \sigma \cos^2\alpha \quad (1)$$

$$\tau_\alpha = P_\alpha \cdot \sin\alpha = \sigma \sin\alpha \cos\alpha = 1/2 \sigma \sin 2\alpha \quad (2)$$

$\cos\alpha = 1$ ; яъни  $\alpha = 0^\circ$  бўлганда  $\sigma_{\max} = F/A = \sigma$ .

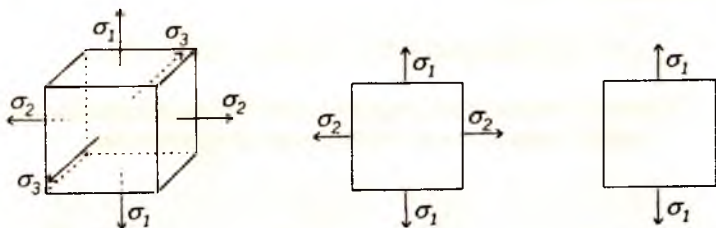
$\sin 2\alpha = 1$ . Яъни  $\alpha = 45^\circ$  бўлганда  $\tau_{\max} = F/2A = \sigma/2$ .

Демак  $\alpha = 0^\circ$  бўлганда нормал кучланиш энг катта ва уринма кучланиш  $\tau_\alpha = 0$  бўлади. Уринма кучланишлар нол бўлган юзалар *бош юзалар* дейилади. Бу юзаларга таъсир қилган кучланишлар *бош нормал кучланишлар* деб аталади.



## Кучланиш ҳолатининг турлари

Агар стержендан элементар кубик ажратиб, бу кубикнинг учта томонига учта бош нормал кучланиш таъсир эттирилса, бу ҳолда стержень *ҳажмий кучланиш* ҳолатида бўлади.



Ажратилган кубикнинг томонларига иккита бош нормал кучланиш таъсир қилса, стержень *текис кучланиш* ҳолатида, фақат битта бош кучланиш таъсир қилса стержень *чизиқли кучланиш* ҳолатида бўлади. Бунда  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$  деб қабул қилинган.

### Текис кучланиш ҳолати

Текис кучланиш ҳолатида бўлган стержень материалнинг мустаҳкамлигини текширишда стержендаги энг катта нормал ва уринма кучланишлар қиймати топилади.  $\beta = 90^\circ + \alpha$

$$\sigma_\alpha = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_2 \sin^2 \alpha, \quad (3)$$

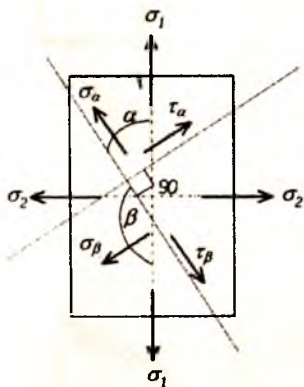
$$\tau_\alpha = (\sigma_1 - \sigma_2)/2 \cdot \sin 2\alpha, \quad (4)$$

$$\sigma_\beta = \sigma_1 \cos^2 \beta + \sigma_2 \sin^2 \beta, \quad (5)$$

$$\tau_\beta = (\sigma_1 - \sigma_2)/2 \cdot \sin 2\beta -$$

$$-(\sigma_1 - \sigma_2)/2 \cdot \sin 2\alpha, \quad (6)$$

$$\tau_\beta = -\tau_\alpha. \quad (7)$$



Ўзаро тик икки юзанинг уринма кучланишлари бир-бирига тенг бўлиб, йўналишлари қарама-қаршидир.

Хулоса: агар бирор юзада уринма кучланиш пайдо бўлса, унга тик юзада ҳам биринчи юзадаги уринма кучланишга тенг ва тесқари йўналган уринма кучланиш ҳосил бўлиши керак. Бу хулосага уринма кучларнинг жуфтлик қонуни дейилади.

## Мустаҳкамлик назариялари

Чизиқли кучланиш, яъни оддий чўзилиш ёки сиқи-лиш ҳолатида бўлган стерженнинг мустаҳкамлик шарти

$$\sigma_1 \leq [\sigma].$$

Бунда мўрт материаллар учун  $[\sigma] = \frac{\sigma_m}{k_m}$ ,

пластик материаллар учун  $[\sigma] = \frac{\sigma_{ок}}{k_{ок}}$ .

Намуна материалнинг мустаҳкамлик чегараси  $\sigma_m$  билан оқувчанлик чегараси  $\sigma_{ок}$  тажриба ёрдамида топилади. Аммо мураккаб кучланиш ҳолати, яъни текис ва ҳажмий кучланиш ҳолатлари учун лабораторияларда бундай тажрибаларни ўтказиб бўлмайди.

Мустаҳкамлик шартларини тузишда учта бош кучланиш билан чекли кучланишлар ( $\sigma_m$  ёки  $\sigma_{ок}$ ) орасидаги боғланиш функцияларини турини аниқловчи гипотезаларга асосланади.

### Мустаҳкамликнинг биринчи назарияси

XVII асрда Галилей майдонга ташлаган.

Бу назарияга кўра, мураккаб кучланиш ҳолатидаги деталнинг емирилиши куйидаги шарт бажарилгандагина бошланади:

мўрт материаллар учун  $\sigma_1 = \sigma_m$ ,

пластик материаллар учун  $\sigma_1 = \sigma_{ок}$ .

Детални мустаҳкамлик шартини ёзиш учун юқоридаги иккала формулани ўнг томонини эҳтиёт коэффициентиға бўлиш керак.

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_m}{k} \text{ ёки } \sigma_1 \leq [\sigma].$$

Пластик материалдан ясалган намуна ҳар томонлама сиқилганда оддий чўзилган стержен бардош бера оладиган кучланишға қараганда бир неча марта ортиқ кучланишға бардош бера олиши тажрибада исботланган.

Бу назария пластик материаллар учун тўғри келмайди, мўрт материаллар учун тўғри келади.



## Мустаҳкамликнинг иккинчи назарияси

Бу назарияни биринчи бўлиб Мариотт таклиф қилган. Иккинчи назария энг катта нисбий чўзилишга асосланади. Мураккаб кучланиш ҳолатидаги деталда хавфли ҳолат унинг энг катта нисбий чўзилиши (сиқилиши) шу детал материалидан ясалган намунани оддий чўзилишдаги хавфли ҳолатига тегишли нисбий чўзилишга етганда бошланади. Ҳажмий кучланиш ҳолатидаги энг катта нисбий чўзилиш  $\epsilon_{\max}$  қуйидагича

$$\epsilon_{\max} = \epsilon_1 = \frac{1}{E} [\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3)]$$

Чизиқли кучланиш ҳолатида намунани емирилиш пайтидаги энг катта нисбий чўзилиши эса бундай,

$$\epsilon_{\max} = \frac{\sigma_M}{E}$$

Агар ҳажмий ва чизиқли кучланиш ҳолатлари учун эластикли модуллари бир хил бўлади деб ҳисобласак, у ҳолда мураккаб кучланган стерженларни емирилиш шарти бундай,

$$\sigma_{\text{эқв}} = \sigma_1 = -\mu(\sigma_2 + \sigma_3)$$

Мустаҳкамлик шарти қуйидагича,

$$\sigma_1 = -\mu(\sigma_2 + \sigma_3) \leq [\sigma]$$

Бу назарияни натижалари баъзи тажрибаларни натижаларига зиддир. Биринчидан, эластик модули  $E$  иккала кучланиш ҳолатида бир хил бўлмайди. Иккинчидан, бу назарияда реал материалларни тузилиши ҳисобга олинмайди.

## Мустаҳкамликнинг учинчи назарияси

Пластик ҳолатда бўлган ва емирилиши силжиш туфайли вужудга келадиган материаллар учун биринчи ва иккинчи назариялар тўғри келмайди. Шу сабабли Кулон учинчи назарияни таклиф этди. Бу назарияга кўра, мураккаб кучланиш ҳолатидаги деталда хавфли вазият ундаги максимал уринма кучланиш шу детал материалидан ясалган намунанинг оддий чўзилишдаги хавфли вазиятига тегишли уринма кучланишга етганда бошланади.

Ҳажмий кучланиш ҳолатида *мах* уринма кучланиш

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

формуладан, чизиқли кучланиш ҳолатида эса *мах* уринма кучланиш

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

формуладан ҳисоблаб топилгани учун учинчи назария қуйидагича ёзилади. (иккала кучланиш ҳолатидаги пластик деформацияларнинг бошланиш даври).

$$\tau_{\max} \leq [\tau]$$

бунда  $[\tau] = \frac{\sigma_{\text{ок}}}{2K}$  бўлганлигидан мустақкамлик шarti бундай ёзилади,  $\sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma]$

Учинчи назариянинг камчилиги шундаки, бу назарияда ҳам, биринчи ва иккинчи назариядаги каби детал материалнинг тузилиши (структураси) ҳисобга олинмайди,

Бундан ташқари, ўртача кучланиш  $\sigma_2$  нинг таъсири ҳам ҳисобга олинмайди. Материалнинг ишлаш шароитини ўзгартирмай,  $\sigma_2$  ни  $\sigma_1$  билан  $\sigma_3$  орасида истаганча ўзгартира берамиз, бу ҳол албатта шубҳа туғдиради.

Бу назариянинг натижалари ҳам тажрибаларда кўпинча тасдиқланмайди.

### **Мустақкамликнинг тўртинчи назарияси**

Бу назария детал шаклининг ўзгаришидангина ҳосил бўлган деформациянинг солиштирма потенциал энергиясига асосланган бўлиб, у қуйидагича тарифланади: мураккаб кучланиш ҳолатидаги деталда хавфли вазият ундаги деформациянинг солиштирма потенциал энергияси шу детал материалдан ясалган намунанинг оддий чўзилишидаги хавфли вазиятига тегишли деформациянинг солиштирма потенциал энергиясига етганда бошланади.

Мураккаб кучланиш ҳолати учун деформациянинг солиштирма потенциал (фақат детал шаклини ўзгартириш учун сарф бўлган) энергияси (аввалги бобдаги) формуладан, чизиқли кучланиш ҳолатида фақат шаклни ўзгартиш учун сарф бўлган солиштирма потенциал энергияси (аввалги бобдаги) формулалардан топилгани учун бу назария формуласи қуйидагича ёзилади:

$$\frac{1+\mu}{6E}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] = \frac{1+\mu}{3E}\sigma^2$$

Бу боғланиш материалнинг емирилиш ҳолатини ифодалайди, чунки у материалда пластик деформация бораётган пайтга тўғри келади.

Бу назарияга биноан деталнинг мустаҳкамлик шартини ёзиш учун бу формулани ўнг томонини эҳтиёт коэффициенти  $K$  га бўлиш керак.

$$\sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \leq \frac{\sigma_{ок}}{K},$$

ёки

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

Бу формула тўртинчи назарияга асосан деталнинг мустаҳкамлик шартидир.

Тажрибалар шуни кўрсатадики, тўртинчи назария баъзи материаллар учун қаноатланарли натижалар беради. Бу назариядан хусусан пластик материаллар учун тўғри натижалар олинади. Аммо тўртинчи назарияда ҳам, учинчи назариядаги каби, баъзи бир камчиликлар бор: унда биринчидан, материалнинг тузилиш хусусияти, иккинчидан, детал ҳажмининг эластик ўзгаришлари ҳисобга олинмайди.

Сўнги вақтларда мустаҳкамлик назарияларини ҳақиқатга яқинлаштириш соҳасида Н.Н. Давиденков, Б.Я. Фридман ва И.И. Тарасенко каби олимларнинг қилган ишлари диққатга сазовордир.

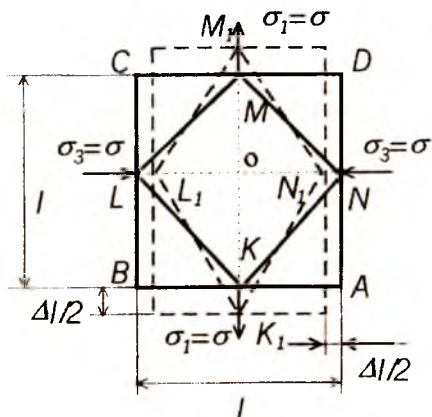
## 7. СИЛЖИШ

### Соф силжиш

Агар эластик стержендан маълум қияликдаги текисликлар билан кесиб ажратилган кубнинг томонларига фақат уринма кучланишлар таъсир қилса, кубнинг бундай текис кучланиш ҳолати *соф силжиш* дейилади. Текис кучланиш ҳолатида бўлган стержендан бир элементар куб заррача ажратамиз. Бу кубнинг томонлари бош юзалар бўлиб, бу юзаларга чўзувчи ва сиқувчи бош нормал кучланишлар таъсир қилган дейлик, яъни  $\sigma_1 = -\sigma_3 = \sigma$  бўлсин.

Энг катта уринма кучлар бош юзалар билан  $45^\circ$  ва  $135^\circ$  бурчак ҳосил қилган юзаларда вужудга келишини биламиз.

Текширилайётган хусусий ҳол учун бу хилдаги юзаларда бўладиган уринма ва нормал кучланишлар қуйидаги формулалардан топилади:



$$\tau_{\max} = \tau_{\alpha} = 45^\circ (\sigma_1 - \sigma_3) / 2 = (\sigma - (-\sigma)) / 2 = \sigma$$

Демак  $\sigma_1 = -\sigma_3 = \sigma = \tau$  бўлади, нормал кучланишлар эса қуйидагича топилади:

$$\sigma_{\alpha} = \sigma_1 \cdot \cos^2 45^\circ + \sigma_3 \cdot \sin^2 45^\circ = \sigma \cdot (\sqrt{2}/2)^2 + (-\sigma) \cdot (\sqrt{2}/2)^2 = 0,$$

$$\sigma_{\beta} = \sigma_1 \cdot \cos^2 135^\circ + (-\sigma \cdot \sin^2 135^\circ) = \sigma/2 - \sigma/2 = 0.$$

Шундай қилиб, биз текшираётган хусусий ҳолда стержендан ажратилган кубнинг бош юзалари билан  $45^\circ$  бурчак ҳосил қилган  $MLKN$  элементнинг томонларига фақат уринма кучланишлар таъсир қилар экан.

Демак, бу элемент соф силжиш ҳолатида бўлади.

### Соф силжишдаги Гук қонуни

Кубнинг  $AD$ ,  $BC$  томонлари бош кучланишлар таъсиридан чўзилади.

$AB$ ,  $CD$  томонлари эса бош кучланишлар таъсирида сиқилади. Унинг абсолют чўзилиш ёки сиқилишлари абсолют қиймат жиҳатидан тенг бўлади:

$$\Delta_1 = \epsilon_1 l = |\epsilon_2 l|$$

$KLMN$  элемент силжиб  $K_1L_1M_1N_1$  ромб шаклини олади. Деформациядан илгариги  $KLM$  тўғри бурчак  $K_1L_1M_1$  ўтмас бурчакка айланади, бу бурчакларнинг айирмаси силжиш бурчаги бўлади:

$$K_1 L_1 M_1 - \pi/2 = \gamma,$$

$$\text{демак } K_1 L_1 O_1 = \pi/4 = \gamma/2$$

Шаклдан бу бурчакнинг тангенсини аниқлаймиз.

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(\pi/4 + \gamma/2) &= K_1 O / O L_1 = (l/2 + \Delta l/2) / (l/2 - \Delta l/2) = \\ &= (1 + \Delta l/l) / (1 - \Delta l/l) = (1 + \varepsilon_1) / (1 - \varepsilon_1) = 1 + \varepsilon_1 \end{aligned}$$

Бурчак жуда кичик бўлганлигидан  $\operatorname{tg} \gamma \approx \gamma$  деб олса бўлади.

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(\pi/4 + \gamma/2) &= \operatorname{tg}(\pi/4 + \operatorname{tg}(\gamma/2) / (1 - \operatorname{tg}(\pi/4) \cdot \operatorname{tg}(\gamma/2))) = \\ &= (1 + \gamma/2) / (1 - \gamma/2) = 1 + \gamma/2 \end{aligned}$$

тенгламанинг ўнг томонларини тенглаштирсак,

$$1 + \varepsilon_1 = 1 + \gamma/2$$

бундан  $\varepsilon_1 = \gamma/2$

Текшириляётган ҳол текис кучланиш ҳолати бўлганлигидан нисбий чўзилиш билан бош кучланишлар орасидаги боғланишни умумлашган Гук қонунидан топишимиз мумкин:

$$\varepsilon_1 = 1/E \cdot (\sigma_1 - \mu \sigma_3) = 1/E \cdot [\sigma - \mu(-\sigma)] = \sigma \cdot (1 + \mu) / E,$$

$$\gamma/2 = (1 + \mu) \cdot \sigma / E$$

$\mu$  – Пауссон коэффициентини

Соф силжишда  $\sigma = \tau$  га асосан  $\gamma/2 = (1 + \mu) \cdot \tau / E$  ёки ўзгармас миқдор  $\tau = E\gamma/2 \cdot (1 + \mu)$  ни  $G$  билан белгиласак

$$\tau = G\gamma.$$

Бу формулага соф силжишдаги Гук қонуни дейилади.  $G$  — силжишдаги эластиклик модули.

### Силжишдаги рухсат этилган кучланиш

Силжиш учун рухсат этилган кучланиш мустаҳкамликнинг иккинчи, учинчи ва тўртинчи назариялари асосида топилади. Биринчи назария  $\sigma_1 = \sigma_m / K$  ёки  $\sigma_1 \leq [\sigma]$ .

Иккинчи назарияга мувофиқ:

$$[\sigma] \geq \sigma_1 - \mu\sigma_3 = \tau + \mu\tau = \tau(1 + \mu)$$

агар пўлат учун  $\mu = 0,3$  деб олсак, у ҳолда сиқилиш учун рухсат этилган кучланиш  $[\tau] = 0,77[\sigma]$  бўлади.

$$\begin{aligned} \text{Учинчи назарияга мувофиқ } [\sigma] &\geq \sigma_1 - \sigma_3 = \tau - (-\tau) = 2\tau, \\ [\tau] &= 0,5[\sigma]. \end{aligned}$$

Тўртинчи назарияга кўра

$$\sqrt{1/2[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]} \leq [\sigma]$$

ёки

$$\sqrt{1/2[(\tau - 0)^2 + (\tau + \tau)^2 + (0 - \tau)^2]} \leq [\sigma]$$

бундан

$$\sqrt{3\tau^2} \leq [\sigma],$$

$$\tau \cdot \sqrt{3} \leq [\sigma],$$

$$[\tau] = 0,57[\sigma].$$

## 8. ТЕКИС КЕСИМ ЮЗАЛАРИНИНГ ГЕОМЕТРИК ХАРАКТЕРИСТИКАСИ

Брусларнинг буралиш ва эгилиш деформациясини ҳамда кучланишни текширишда унинг мустақкамлик ёки биқирлигини кесим юзи эмас, балки ундан кўра мураккаброқ бўлган геометрик характеристикаси аниқлайди. Текис кесим юзаларининг бундай геометрик характеристикалари қуйидагилардан иборат.

1. Текис кесим юзаларининг ўққа нисбатан статик моментлари.

2. Текис кесим юзаларининг инерция моментлари.

### Текис кесим юзаларининг статик моментлари

Текис кесим юзасидан ажратилган элементар юзача билан шу юзачадан  $OY$  ўқига бўлган ораликлар орасидаги кўпайтмалар йиғиндиси текис кесим юзасининг  $OY$  ўқига нисбатан статик momenti деб аталади.

$$S_y = \int_A z dA \quad (1)$$

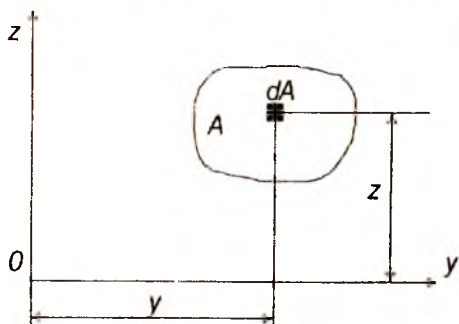
$OZ$  ўқиға нисбатан

$$S_z = \int_A y dA \quad (2)$$

Формуладан кўринадики, ўлчови см<sup>3</sup>. Статик момент ҳисобланадиган ўқларни вазиятига қараб, улар манфий, мусбат ва 0 бўлади.

Агар текис кесим юзаси оғирлик марказининг координаталари маълум бўлса, у ҳолда бу юзанинг статик моментлари қуйидагича ифодаланади:

$$S_y = A \cdot Z_c, \quad S_z = A \cdot Y_c, \quad (3)$$



бу формуладан қуйидаги хулоса келиб чиқади: *Текис кесим юзаларининг ўз марказий ўқларига нисбатан статик моментлари нолга тенгдир.*

Агар бирор кесимнинг статик momenti ва юзаси маълум бўлса, у ҳолда

кесим марказининг координаталари қуйидагича топилади:

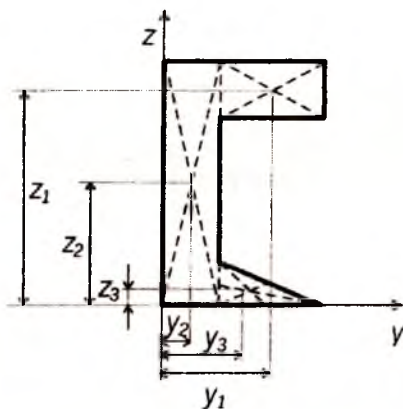
$$Y_c = S_z/A, \quad Z_c = S_y/A \quad (4)$$

Агар мураккаб текис кесим юзаси берилган бўлса, у ҳолда, бу кесим оғирлик марказининг координаталари ва юзалари маълум бўлган бир қанча оддий шаклларга бўлиб юборилади.

$$\left. \begin{aligned} Y_c &= (A_1 Y_1 + A_2 Y_2 + \dots + A_n Y_n) / (A_1 + A_2 + \dots + A_n) = \frac{\sum_{i=1}^n A_i Y_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \\ Z_c &= (A_1 Z_1 + A_2 Z_2 + \dots + A_n Z_n) / (A_1 + A_2 + \dots + A_n) = \frac{\sum_{i=1}^n A_i Z_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Бунда:  $A_1, A_2, \dots, A_n$  — айрим шаклларнинг юзалари;

$Y_1, Y_2, \dots, Y_n, Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  — марказларнинг координаталари.



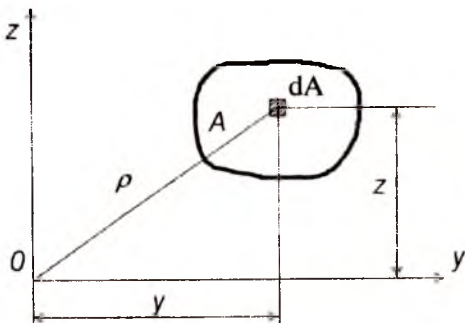
### Текис кесим юзларининг инерция моментлари

Кесим юзасидан ажратилган ҳамма элементар юзачалар уларнинг ўқлар оралиқлари квадратларига кўпайтмаларнинг йиғиндиси шу кесим юзасининг ўқ инерция моментлари деб аталади.

$$J_y = \int_A z^2 dA \quad J_z = \int_A y^2 dA, \quad (6)$$

ўлчови см<sup>4</sup>.

Кесим юзасидан ажратилган ҳамма элементар юзачаларнинг координаталар бошигача бўлган оралиқлари квадратларига кўпайтмаларнинг йиғиндиси қутб (поляр) инерция моментлари дейилади.



$$J_p = \int_A \rho^2 dA \quad (7)$$

ўлчови см<sup>4</sup>

$\rho$  нинг қийматини  $OY$  ва  $OZ$  координаталар орқали ифодалаймиз:

$$\rho^2 = Y^2 + Z^2,$$

у ҳолда  $J_p = \int_A \rho^2 dA = \int_A (y^2 + z^2) dA = \int_A y^2 dA + \int_A z^2 dA$



(6) формулага биноан

$$J_p = J_y + J_z \quad (8)$$

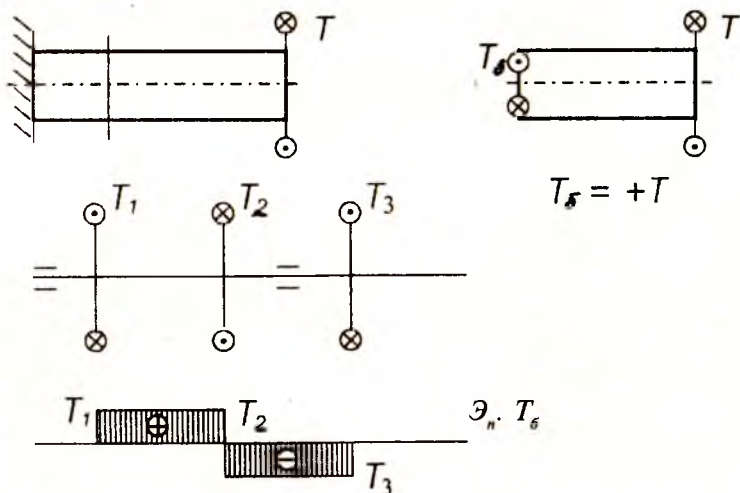
Кесим юзасидан ажратилган ҳамма элементар юзачаларнинг координата ўқларига бўлган ораликларига кўпайтмаларининг йиғиндиси шу кесим юзининг марказдан қочирма инерция моменти дейилади:

$$J_{yz} = \int_A yz \, dA \quad (9)$$

## 9. БУРАЛИШ

### Асосий тушунчалар. Буровчи момент

Цилиндрик стерженнинг бир учини маҳкамлаб, иккинчи учининг кўндаланг кесимига жуфт куч таъсир эттирилса стержень буралади. Таъсир эттирилган жуфт куч моменти буровчи момент бўлади.



Буралган стерженнинг исталган кесимидаги буровчи моментни топишда кесиш методидан фойдаланилади.

Буровчи моментнинг ишоралар қондасини қуйидагича танлаймиз: кесим тарафдан қаралганда ташқи буровчи момент вални соат стрелкаси ҳаракати йўналишига қарши айлантирса, мусбат бўлади.

$$T'_6 = -T_3, \quad T''_6 = -T_3 + T_2, \quad T_6 = 9550 \, N/n, \, H \cdot m.$$

## Валнинг буралишдаги мустақкамлик шарти

$$\tau_{\max} = T_{\delta \max} / W_p \leq [\tau]$$

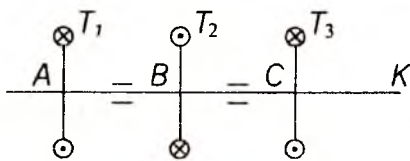
$$W_p \geq T_{\delta \max} / [\tau]$$

Бу ерда  $W_p = \pi d^3 / 16$ ,

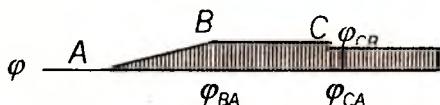
$W_p$  — кесим юзининг қаршилиқ momenti.

$$\pi d^3 / 16 = T_{\delta \max} / [\tau];$$

$$d \geq \sqrt[3]{16 T_{\delta \max} / \pi [\tau]}$$



## Валларнинг буралиш бурчагининг эпюрасини чизиш



Валнинг узунаси бўйлаб буралиш бурчагининг ўзгариш қонунини билиш мақсадида шу бурчакнинг эпюраси чизилади.

Масалан.  $T_1 = 1 \cdot 10^4$  н·м,  $T_2 = 3 \cdot 10^4$  н·м,  $T_3 = 2 \cdot 10^4$  н·м.

Буралиш бурчаги  $\varphi = T_{\delta} \cdot l / G \cdot J_p$

бу ерда:  $G$  — буралишдаги эластиклик модули,

$J_p$  — инерция momenti.

$$J_p = \pi d^4 / 32$$

Буралиш бурчаги эпюрасини чизиш учун бирор нуқтадаги, масалан, А нуқтадаги кесимни қўзғалмас деб фараз қиламиз. А кесимга нисбатан В кесимнинг буралиш бурчагини топамиз. АВ участканинг буралиш бурчагини кесимларда ҳосил бўлган буровчи  $T_{\delta} = 1 \cdot 10^4$  н·м момент таъсиридан аниқланади.

$$\varphi_{BA} = T_{\delta} \cdot l_{AB} / G \cdot J_p$$

Энди В кесимга нисбатан С кесимнинг буралиш бурчагини топамиз:

$$\varphi_{CB} = T_{\delta}'' \cdot l_{CB} / G \cdot J_p$$

бунда  $T_{\delta}'' = 2 \cdot 10^4$  н·м.

В кесим қўзғалувчи бўлганлигидан С кесимнинг А кесимга нисбатан буралиш бурчаги қуйидагича бўлади:

$$\varphi_{CA} = \varphi_{BA} + \varphi_{CB} = T_b \cdot l_{AB} / G \cdot J_p - T_b'' \cdot l_{CB} / G \cdot J_p$$

## 10. ЭГИЛИШ

Бруслар кўпинча ўз ўқидан ўтувчи бирор текисликда ётган жуфт кучлар таъсирида бўлади. Бундай кучлар таъсирида бруснинг тўғри чизикли геометрик ўқи эгри чизикқа айланади. Бундай деформация *эгилиш* дейилади.

Эгилишга қаршилик кўрсатувчи бруслар *балка* деб аталади.

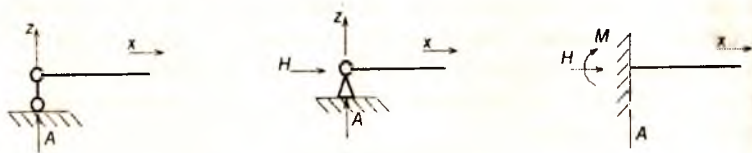
Балка кесимида ҳосил бўладиган зўриқиш кучларини аниқлаш учун кесиш методидан фойдаланамиз.

Балкага қўйилган юклар унинг симметрия текислигида ётса бундай эгилишга *текис эгилиш* дейилади. Акс ҳолда балкада *қийшиқ эгилиш* содир бўлади.

### Балка таянчларининг хиллари

Текислик системасига оид балка таянчлари уч хил бўлади.

1. Шарнирли қўзғалувчан таянч.
2. Қўзғалмас шарнирли таянч.
3. Қистириб маҳкамланган таянч.



Агар балка фақат бир учи билан қистирилиб маҳкамланган бўлса, бундай балка *консол* дейилади. Балкаларнинг таянч оралиги *пролёт* деб аталади.

Агар балканинг таянч реакциялари фақат статика тенгламалари билан топилса, бундай балкалар *статик аниқ балкалар* дейилади.

Агар номаълум реакциялар сони шу балка учун лозим бўлган статик тенгламалар сонидан ортиб кетса, у ҳолда балкалар *статик аниқмас балкалар* дейилади. Бундай балкаларнинг реакцияларини топиш учун қўшимча тенгламалар (деформация тенгламалари) тузиш лозим бўлади.

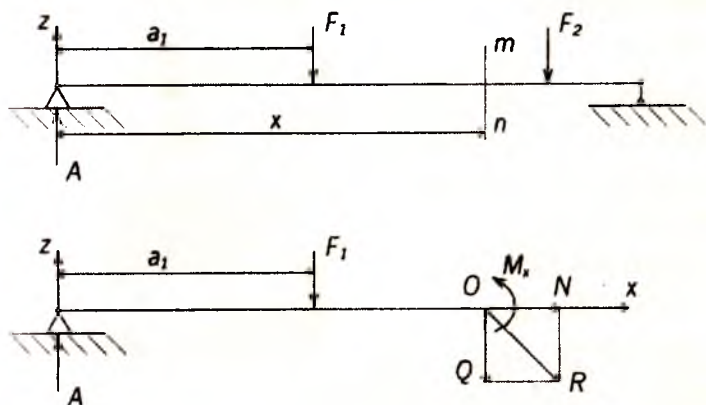
### Таянч реакцияларини аниқлаш

Статик аниқ балкаларнинг таянч реакцияларини топишда статиканинг мувозанат тенгламаларидан фойдаланилади.

$$\sum X = 0; \sum Y = 0; \sum M_A = 0.$$

### Балкадаги зўриқиш кучларини топиш Эгувчи момент ва кесувчи куч

Балкани *mn* текислик билан кесиб, қолган чап қисмининг мувозанатини текшираемиз. Балканинг кесимига ташлаб юборилган қисмининг таъсирини алмаштирувчи кучларни қўямиз; бу кучлар шу кесимдаги зўриқиш кучларига эквивалент бўлади.



Зўриқиш кучлари умумий ҳолда бир бош вектор  $R$  билан бир бош момент  $M_x$  дан иборат.

Бунда  $M_x$  — кучларнинг кесим марказига кўчишда ҳосил бўлган жуфт куч моментларининг алгебраик йиғиндиси

ёки эгувчи момент деб аталади. Бош вектор  $R$  ни вертикал  $Q$  ва горизонтал  $N_x$  кучларга ажратамиз.

$Q$  — кесувчи куч,  $N_x$  — бўйлама куч дейилади.

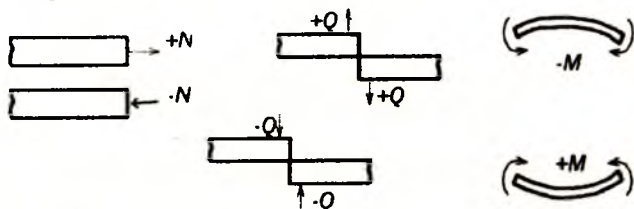
Бу кучларни топиш учун балканинг қолган қисми мувозанатини текшираемиз:

$$\sum X = N_x = 0 \quad \text{ёки} \quad N_x = 0 \quad \sum M_0 = Ax - F_1(x - a_1) - M_x = 0$$

$$\sum Z = -Q + A - F_1 = 0, \quad M_x = Ax - F_1(x - a_1).$$

$$Q = -F_1 + A.$$

Ишоралар қондаси:



Эгувчи момент, кесувчи ва бўйлама кучларнинг балка ўқи бўйлаб ўзгаришини кўрсатувчи график уларнинг *эпюралари* дейилади.

Мисол.

Берилган:  $F_1 = 4 \text{ т}$ ,

$F_2 = 3 \text{ т}$ .  $a = 2 \text{ м}$ ,  $b = 5 \text{ м}$ ,

$c = 3 \text{ м}$ .  $M_x$  ва  $Q$  эпюралари қурилсин.

$$\text{Ечиш: } \sum M_a = F_1 \cdot a +$$

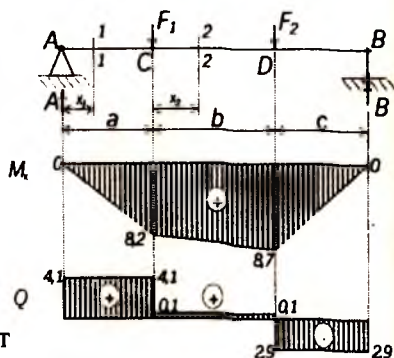
$$+ F_2(a + b) - Bl = 0$$

$$B = \frac{F_1 a + F_2(a + b)}{l} = \frac{4 \cdot 2 + 3 \cdot 7}{10} = 2,9 \text{ т}$$

$$\sum M_b = A \cdot l - F_1 \cdot (b + c) - F_2 \cdot c = 0$$

$$A = \frac{F_1 + (b + c) + F_2 \cdot c}{l} = \frac{4 + 8 + 3 \cdot 3}{10} = 4,1 \text{ т}$$

$$\sum Z = A + B - F_1 - F_2 = 4,1 + 2,9 - 4 - 3 = 0$$



1—участка:  $0 \leq x_1 \leq a$

$$M_x^1 = A \cdot x; \quad x_1 = 0; \quad M_x^1 = 0$$

$$x_1 = a; \quad M_x^1 = A \cdot a = 4,1 \cdot 2 = 8,2 \text{ Т} \cdot \text{м}.$$

2—участка:  $0 \leq x_2 \leq b$

$$M_x^2 = A(a + x_2) - F_1 \cdot (x_2); \quad x_2 = 0; \quad M_x^2 = A \cdot a = 4,1 \cdot 2 = 8,2 \text{ Т} \cdot \text{м}.$$

$$x_2 = b; \quad M_x^2 = A \cdot (a + B) - F_1 \cdot b = 4,1(2 + 5) - 4 \cdot 5 = 8,7 \text{ Т} \cdot \text{м}$$

3 — участка:  $0 \leq x_3 \leq c$

$$M_x^3 = Bx_3; \quad x_3 = 0; \quad M_x^3 = 0.$$

$$x_3 = c; \quad M_x^3 = B \cdot c = 2,9 \cdot 3 = 8,7 \text{ Т} \cdot \text{м}$$

1-1 кесим учун:  $Q_x^1 = A = 4,1 \text{ Т} = 4,1 \cdot 10^4 \text{ Н}.$

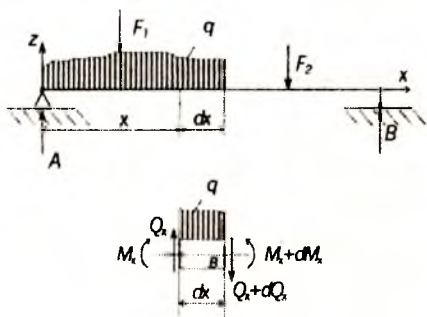
2-2 кесим учун:  $Q_x^2 = A - F_1 = 4,1 - 4 = 0,1 \text{ Т} = 10^3 \text{ Н}.$

3-3 кесим учун:  $Q_x^3 = -B = -2,9 \text{ Т} = 2,9 \cdot 10^4 \text{ Н}.$

ёки  $Q_x^3 = A - F_1 - F_2 = 4,1 - 4 - 3 = -2,9 \text{ Т} = -2,9 \cdot 10^4 \text{ Н}.$

### Эгувчи момент, кесувчи куч ва ёйилган куч интенсивлиги орасида дифференциал боғланишлар

$dx$  узунликдаги бир элементни ажратиб оламиз. Кесилган элементнинг чап кўндаланг кесимида балканинг ташлаб юборилган қисмларининг таъсирини мусбат кесувчи куч  $Q_x$  ва мусбат эгувчи момент  $M_x$  билан белгилаймиз. Ажратилган элементнинг ўнг томонидан кўндаланг кесимида  $M_x + dM_x$  ва  $Q_x + dQ_x$  зўриқиш кучлари таъсир қилади. Ажратилган элемент ҳамма кучлар таъсирида мувозанатда туради. Унга таъсир қилган кучларнинг вертикал ўққа туширилган проекцияларини нолга тенглаштирамиз:



$$\sum Z = 0$$

$Q_x - qdx - (Q_x + dQ_x) = 0$ ;  $dQ_x = -qdx$  Бу тенгламадан қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз:

$$dQ_x / dx = -q \quad (1)$$

Демак, кесувчи кучдан абсцисса  $x$  бўйича олинган биринчи ҳосила ёйилган юк интенсивлигининг тескари ишора билан олинган қийматига тенгдир.

Иккинчи мувозанат тенгласини ёзамиз.

Барча кучлар бу элементнинг ўнг томонидаги кесимнинг оғирлик марказига нисбатан олинган моментлар йиғиндисини нолга тенглаштирамиз.

$$\begin{aligned} \sum M_B = M_x + Q_x dx - qdx \cdot dx/2 - (M_x + dM_x) &= 0, \\ dM_x = Q_x dx - q \cdot (dx)^2 / 2, \end{aligned}$$

бу ифоданинг ўнг томонидаги иккинчи ҳад чексиз кичик сон бўлганлиги учун уни эътиборга олмаймиз.

$$dM_x / dx = Q_x, \quad (2)$$

яъни, эгувчи моментдан  $x$  абсцисса ўқи бўйича олинган биринчи ҳосила текшириладиган кесимдаги кесувчи кучга тенгдир.

Агар  $Q_x$  нинг қийматини (1) формулага қўйсақ, қуйидаги ифодани оламиз:

$$d^2 M_x / dx^2 = dQ_x / dx = -q, \quad (3)$$

яъни, эгувчи моментдан  $x$  абсцисса ўқи бўйича олинган иккинчи ҳосила ёйилган куч интенсивлигига тенгдир.

Бу дифференциал боғланишлар эгувчи момент ва эгувчи куч эпюраларини чизишда ва уларни текширишда муҳим аҳамиятга эга.

1.  $dM_x / dx = dQ_x$  нинг геометрик маъноси шуки, у  $M_x$  эпюрасини чегараловчи эгри чизиққа ўтказилган уринманинг абсциссалар ўқи билан ҳосил қилган бурчагининг тенгласини ифодалагани учун нолдан катта, яъни  $Q_x = \operatorname{tg} \alpha > 0$  бўлганда тегишли участкада эгувчи момент камайди. Аксинча,  $Q_x \leq 0$  бўлган участкада эгувчи момент катталашади. Агар  $Q_x$  нолдан ўтиб, ўз ишорасини (+) дан (-) га ўзгартирса, бу нуқтада эгувчи момент максимум, ишораси (-) дан (+) га ўзгарса минимум бўлади. Агар текшириладиган участкада  $Q_x = 0$  бўлса  $M_x = \operatorname{const}$  бўлади.

2. Балкани  $dQ_x/dx = q = 0$ , яъни  $Q_x = \text{const}$  бўлган участкаларда  $Q_x$  нинг эпюраси абсциссалар ўқига параллел йўналган тўғри чизик,  $M_x$  нинг эпюраси эса оғма тўғри чизик билан чегараланади.

3. Балканинг текис ёйилган юклар қўйилган участкаларида  $Q_x$  нинг эпюраси абсциссалар ўқига оғма бўлган тўғри чизик,  $M_x$  нинг эпюраси эса квадратик парабола ёйи билан чегараланади.

а) тўпланган куч қўйилган кесимлардан  $Q_x$  нинг эпюраси шу куч миқдори қадар сакрайди.  $M_x$  нинг эпюрасидаги оғма чизик синади.

б) қистириб маҳкамланган таянчларда кесувчи куч шу таянчнинг реакция кучига, эгувчи момент эса шу таянчнинг реакция моментига тенг бўлади.

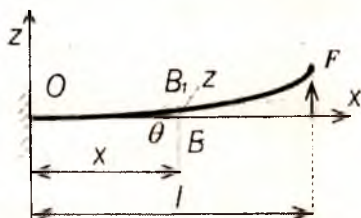
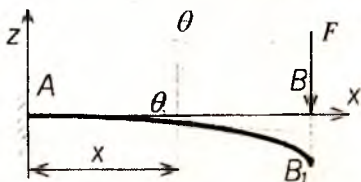
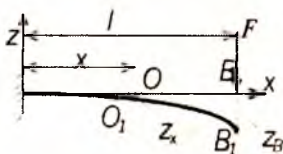
## 11. БАЛКАЛАРНИНГ САЛҚИЛИГИ ВА КЕСИМЛАРНИНГ АЙЛАНИШ БУРЧАГИ

Шаклда бир учи билан маҳкамланган ва эркин учига  $F$  куч қўйилган балканинг эгилган ўқи катталаштириб кўрсатилган.

Балканинг маҳкамланган учидан  $x$  масофада турган кўндаланг кесимнинг оғирлик маркази  $O$  вертикал чизик бўйича  $O_1$  нуқтага,  $B$  эса  $B_1$  нуқтага кўчади.

Балканинг кўндаланг кесимида оғирлик марказининг балка ўқига тик йўналишда кўчиши балканинг шу кесимдаги салқилиги дейилади. Салқиликни  $z$  ҳарфи билан белгилаймиз. Балка эгилганда унинг текис кўндаланг кесим юзаси текислигича қолиб, фақат аввалги ҳолатига нисбатан айланади. Ҳар бир кесимнинг аввалги вазиятига нисбатан бурилиш бурчаги  $\theta$  шу кесимнинг айланиш бурчаги дейилади.

Бу  $\theta$  бурчак шу нуқтадан балканинг эгилган ўқига ўт-





казилган уринманинг абсцисса ўқи билан тузган бурчаги-га тенгдир.

Координаталар бошини балканинг чап учига қўйиб абсцисса ўқига ўнг томонга балка ўқи бўйлаб йўналтирамиз. Бу ҳолда балканинг эгилган ўқининг тенгламаси қуйидагича ифодаланади:

$$z = f(x) \quad (1)$$

Математикадан маълумки  $z = f(x)$  эгри чизиққа ўтказилган уринманинг абсциссалар ўқи билан ҳосил қилган бурчаги қуйидагича:

$$\operatorname{tg}\theta = dz/dx \quad (2)$$

Амалда балканинг салқилиги унинг узунлигига нисбатан жуда кичик миқдор бўлганлигидан одатда  $1^\circ$  дан катта бўлмайди. Яъни  $\operatorname{tg}\theta = \theta$  деб олиш мумкин:

$$\theta = dz/dx = z', \quad (3)$$

яъни, кесимнинг айланиш бурчаги шу кесимдаги салқиликдан  $x$  бўйича олинган ҳосилага тенг.

Соф эгилишни эгувчи момент орқали ифодалаймиз:

$$z'' = \pm M_x/EJ_y \quad (4)$$

Аввалги дифференциал боғланишларни солиштирсак:

$$\begin{cases} \theta = z' \\ \pm M = EJ_y z'' \\ Q = dM_x/dx = (EJ_y z'')' \\ -q = dQ/dx = d^2 M_x/dx^2 = (EJ_y z'')'' \end{cases} \quad (5)$$

(4) формуладан салқилик тенгламаси (1) ни чиқариш учун уни икки марта интеграллаш лозим. Эгувчи момент  $M_x$  абсцисса  $x$  нинг функциясидир, шунинг учун (4) ни интеграллаймиз.

$$EJ_y z' = \int M_x dx + C,$$

яна бир бор интеграллаймиз

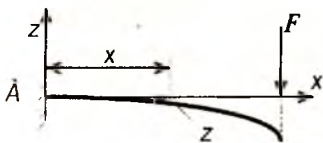
$$EJ_y z = \int dx \int M_x dx + Cx + D$$

Шундай қилиб, кесимнинг айланиш бурчаги учун:

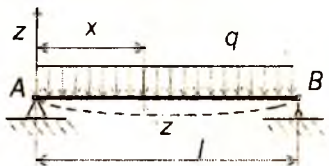
$$Q_x = 1/EJ_y \cdot [\int M_x dx + C] \quad (6)$$

$$\text{Салқилик учун: } z = 1/EJ_y \cdot [\int dx] M_x dx + Cx + D. \quad (7)$$

Бу ерда ихтиёрий ўзгармас  $C$  ва  $D$  сонларнинг қийматлари балка учларининг тиралиш шартларидан, яъни масаланинг чегара шартидан фойдаланиб топилади.



$$\begin{aligned} x = 0 \\ Q_A = Z'_A = 0 \\ Z'_A = 0 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} x = 0 \text{ да } Z_A = 0 \\ x = l \text{ да } Z_B = 0 \end{aligned}$$

### Универсал формула

Агар балка иккита участкадан иборат бўлса, иккита дифференциал тенглама тузиш керак, ихтиёрий ўзгармас сонларни топиш учун эса тўртта алгебраик тенгламалар системасини биргаликда ечиш керак.

Агар балка  $n$  участкадан иборат бўлса, у ҳолда  $2n$  та ихтиёрий ўзгармас сон ҳосил бўлади, уларни топиш учун эса  $2n$  та алгебраик тенгламани биргаликда ечишга тўғри келади. Бу эса кўп меҳнат талаб қилади. Махсус йўлларни татбиқ қилиб, ихтиёрий ўзгармасларнинг сонини участкалар сони қанча бўлишига қарамай иккитага келтириш мумкин. Бу йўллар қуйидагилардан иборат:

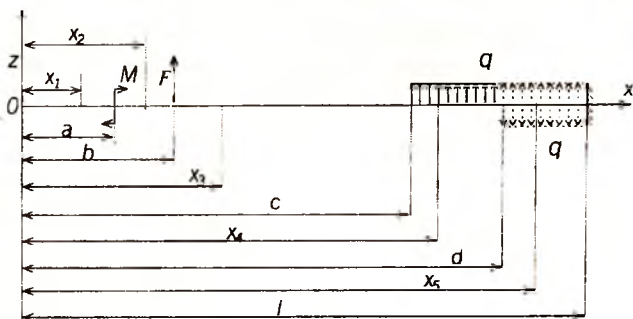
1. Барча участкаларнинг эгувчи момент тенгламаларини кесимнинг бир томонидан, яъни координаталар боши билан тегишли кесим орасида жойлашган ташқи кучлардан тузамиз.

2. Эгувчи момент тенгламасига кирган қавслар ичидаги ҳадларни интеграллашда қавсларни очмаймиз.

3. Агар балкага жуфт куч таъсири қўйилган бўлса, эгувчи момент тенгламасига кирган бу жуфт куч ҳадини  $(x-a)^\circ$  биномига кўпайтирамиз, чунки бу бином 1 га тенг бўлгани учун жуфт куч қийматига халал бермайди.

4. Агар текис ёйилган юк балканинг охириги учига етмаган бўлса, уни балканинг охиригача давом эттирамиз.

Бу ҳолда балканинг мувозанатини бузмаслик учун балкага давом эттирилган ёйилган юк интенсивлиги  $q$  га тенг ва унга тескари йўналган  $q$  юкни тегишли масофага қўямиз:



Энди шаклда кўрсатилган балканинг ҳамма участкалари учун юқорида айтилганларни эътиборга олиб, эгувчи момент тенгламаларини тузамиз:

$$1\text{-участка учун } M_1 = 0$$

$$2\text{-участка учун } M_2 = M(x_2 - a)^0$$

$$3\text{-участка учун } M_3 = M(x_3 - a)^0 + F(x_3 - b)$$

$$4\text{-участка учун } M_4 = M(x_4 - a)^0 + F(x_4 - b) + q(x_4 - c)^2 / 2$$

$$5\text{-участка учун } M_5 = M(x_5 - a)^0 + F(x_5 - b) + q(x_5 - c)^2 / 2 - q(x_5 - d)^2 / 2$$

Энди 5 та участка учун дифференциал тенгламаларни (4) формулага асослаиб тузамиз.

$$1\text{-участка учун } EJ_y z_1'' = 0$$

$$2\text{-участка учун } EJ_y z_2'' = M(x_2 - a)^0$$

$$3\text{-участка учун } EJ_y z_3'' = M(x_3 - a)^0 + F(x_3 - b)$$

$$4\text{-участка учун } EJ_y z_4'' = M(x_4 - a)^0 + F(x_4 - b) + q(x_4 - c)^2 / 2$$

$$5\text{-участка учун } EJ_y z_5'' = M(x_5 - a)^0 + F(x_5 - b) + q(x_5 - c)^2 / 2 - q(x_5 - d)^2 / 2$$

Бу тенгламаларнинг ҳар бирини интеграллаймиз.

$$1\text{-участка учун } EJ_y z_1' = EJ_y \theta_1 = c_1$$

$$2\text{-участка учун } EJ_y z_2' = EJ_y \theta_2 = M(x_2 - a) + c_2$$

$$3\text{-участка учун } EJ_y z_3' = EJ_y \theta_3 = M(x_3 - a) + F(x_3 - b)^2 / 2 + c_3$$

$$4\text{-участка учун } EJ_y z_4' = EJ_y \theta_4 = M(x_4 - a) + F(x_4 - b)^2 / 2 + q(x_4 - c)^3 / 6 + c_4$$

$$5\text{-участка учун } EJ_y z_5'' = EJ_y \theta_5 = M(x_5 - a) + F(x_5 - b)^2/2 + q(x_5 - c)^3/6 - q(x_5 - d)^3/6 + c_5$$

Булар ҳар қайси участка кесимининг айланиш бурчаги тенгламаларидир. Яна бир марта интеграллаб салқилик тенгламаларини ҳосил қиламиз:

$$1\text{-участка } EJ_y z_1 = C_1 x_1 + D_1$$

$$2\text{-участка } EJ_y z_2 = M(x_2 - a)^2/2 + C_2 x_2 + D_2$$

$$3\text{-участка } EJ_y z_3'' = M(x_3 - a)^2/2 + F(x_3 - b)^3/6 + C_3 x_3 + D_3$$

$$4\text{-участка } EJ_y z_4 = M(x_4 - a)^2/2 + F(x_4 - b)^3/6 + q(x_4 - c)^4/24 + C_4 x_4 + D_4$$

$$5\text{-участка } EJ_y z_5 = M(x_5 - a)^2/2 + F(x_5 - b)^3/6 + q(x_5 - c)^4/24 - q(x_5 - d)^4/24 + C_5 x_5 + D_5$$

Интеграллашдан ҳосил бўлган ўнта ихтиёрий ўзгармас сонни топиш учун қуйидаги шартлардан фойдаланамиз:

$$1. x_1 = x_2 = a \text{ бўлганда } z_1 = z_2 \text{ ва } z_1' = z_2'$$

$$2. x_2 = x_3 = b \text{ бўлганда } z_2 = z_3 \text{ ва } z_2' = z_3'$$

$$3. x_3 = x_4 = c \text{ бўлганда } z_3 = z_4 \text{ ва } z_3' = z_4'$$

$$4. x_4 = x_5 = d \text{ бўлганда } z_4 = z_5 \text{ ва } z_4' = z_5'$$

Бу шартларни юқоридаги тенгламаларга қўйиб қуйидагиларни топамиз:

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5 \quad D_1 = D_2 = D_3 = D_4 = D_5$$

Шундай қилиб ўнта ихтиёрий ўзгармас сон ўрнига фақат иккита ихтиёрий ўзгармас сон  $C$  ва  $D$  қолади. Бу иккита ўзгармас сонни қуйидаги мулоҳазалар ёрдамида аниқлаймиз. Балка координаталар бошида бошланғич айланиш бурчаги  $\theta_0$  ва бошланғич салқилик  $f_0$  га эга бўлсин дейлик. У ҳолда биринчи участка тенгламаларидан  $x = 0$  учун ушбу ифодаларни оламиз:

$$EJ_y \theta_0 = C_1, \quad EJ_y f_0 = D_1.$$

Бу ўзгармас сонларнинг қийматларини бешинчи участканинг тенгласига қўйиб, ҳамма хилдаги кучлар иштирок этган умумий тенгламани ҳосил қиламиз:

$$z_x = f_0 + \theta_0 x + 1/(EJ_y) \cdot [M(x - a)^2/2 + F(x - b)^3/6 + q(x - c)^4/24 - q(x - d)^4/24].$$

Бу тенгламани ёзганда  $x$  остидаги 5 ни тушириб қолдирдик, чунки энди бу тенгламанинг маълум ҳадларини

ташлаб, исталган участка учун ёзиш мумкин. Агар балкага таъсир қилган кучлар бир қанча такрорланса, у ҳолда юқоридаги тенгламаларни қуйидагича ёзамиз:

$$z_x = f_0 + \theta_0 x + 1/(EJ_y) \cdot [\Sigma M(x-a)^2/2 + \Sigma F(x-b)^3/6 + \Sigma q(x-c)^4/24 - \Sigma q(x-d)^4/24]. \quad (8)$$

бундан бир марта ҳосила олинса, кесимнинг айланиш бурчаги тенгламаси чиқади.

$$\theta = z' = \theta_0 + 1/(EJ_y) \cdot [\Sigma M(x-a) + \Sigma F(x-b)^2/2 + \Sigma q(x-c)^3/6 - \Sigma q(x-d)^3/6] \quad (9)$$

(8) ва (9) формулалар *универсал тенгламалар* дейилади.

Агар балканинг координаталар бошидаги учи қистириб маҳкамланган бўлса, у ҳолда универсал тенгламанинг  $f_0$  ва  $\theta$  ҳадлари нолга тенг бўлади. Агар оддий балка бўлса ёки унинг ўнг томонида консоли бўлса, координаталар бошидаги таянчда  $f_0 = 0$  бўлади,  $\theta_0$  эса ўнг таянчнинг салқиликлари нолга тенглик шартидан аниқланади.

## 12. МУРАККАБ ҚАРШИЛИК (МУРАККАБ ДЕФОРМАЦИЯ)

Чўзилиш ёки сиқилиш, силжиш, буралиш ва эгилиш деформациялари бир вақтда таъсир қилиши мумкин.

$$\begin{aligned} \Sigma x = 0 & \quad \Sigma M_x = 0 \\ \Sigma y = 0 & \quad \Sigma M_y = 0 \\ \Sigma z = 0 & \quad \Sigma M_z = 0 \end{aligned}$$

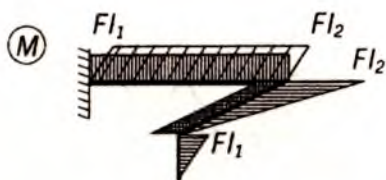
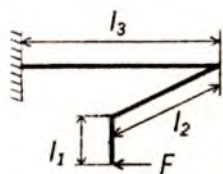
$N$  — бўйлама куч, у стерженни чўзади ёки сиқади.

$Q_y, Q_z$  — кесувчи куч, у стерженнинг бир қисмини иккинчи қисмига нисбатан силжитади.

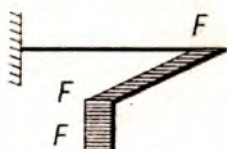
$T(M_x$  ва  $M_z)$  — стерженнинг кўндаланг кесим юзасида ётган жуфт куч бўлиб, у стерженни бурайди. Унга *буровчи момент* дейилади.

$M_x$  ва  $M_z$  — стерженнинг горизонтал ва вертикал бош текисликларда ётган жуфт кучлар бўлиб, улар стерженни шу текисликларида эгади, уларга эгувчи момент дейилади.

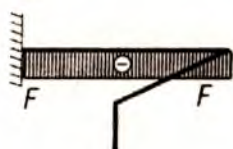
Ана шу компонентлардан иккитаси ёки учтаси стерженнинг кўндаланг кесимида ҳосил бўлса стержень мураккаб қаршиликка учрайди.



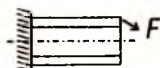
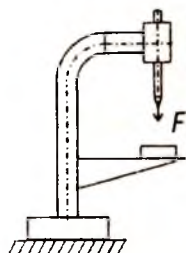
Q



N



### Чўзилиш билан эгилишнинг биргаликдаги таъсири



$$\sigma = N/A \pm M_{\max}/W \leq [\sigma]$$

### Буралиш билан эгилишнинг биргаликдаги таъсири

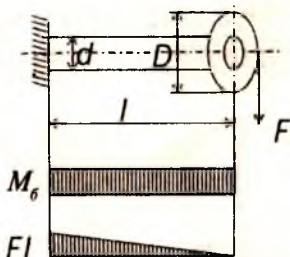
Бу масалани ҳал қилишда кучлар таъсирининг мустақиллик принциpidан фойдаланиб, буралиш ва эгилишдан ҳосил бўлган кучланишларни мустақил равишда топамиз.

$$\sigma = M_{\text{эр}}/W_y$$

$$M_{\text{эр}} = F \cdot l$$

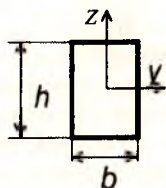
$$\tau = M_6/W_p = M_6/2 \cdot W_y$$

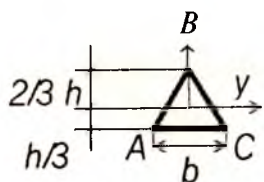
$$M_6 = F \cdot D/2$$



### Оддий кесимларнинг инерция моментлари

1. Тўғри тўртбурчак шаклидаги кесимнинг инерция momenti





$$J_y = bh^3/12$$

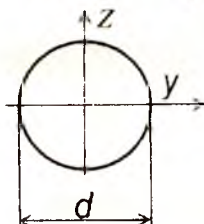
$$J_z = b^3h/12$$

2. Квадрат шаклидаги кесимнинг инерция моменти  $J_y = J_z = a^4/12$ .

3. Учбурчак шаклидаги кесимнинг инерция моменти

$$J_y = bh^3/36$$

4. Доира шаклидаги кесимнинг инерция моменти  $J_p = \pi d^4/32$

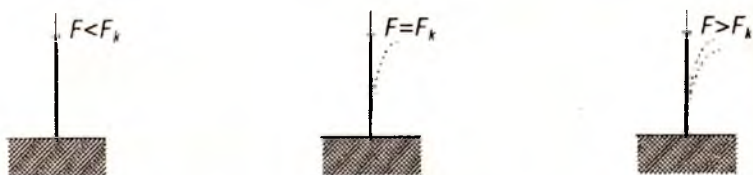


### 13. СИҚИЛГАН СТЕРЖЕНЛАРНИ УСТУВОРЛИККА ҲИСОБЛАШ

Қаттиқ жисмларнинг мувозанат ҳолати уч хил бўлади: устувор, бефарқ ва ноустувор.



Тўғри чизиқли узун ва ингичка стержен кўндаланг кесимининг марказига сиқувчи куч қўйилган бўлсин.



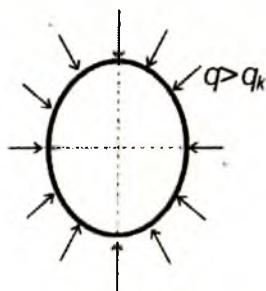
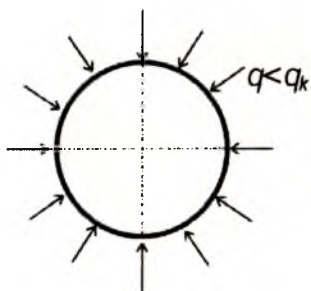
Агар стерженни кўндаланг куч билан ён томонга туртиб юборсак, у ўзининг илгариги тўғри чизиқли мувозанат ҳолатига дарҳол қайтади. Демак стерженнинг тўғри чизиқли мувозанат ҳолати ҳали устувордир.

Агар сиқувчи кучни секин-аста ошира борсак, унинг тўғри чизиқли мувозанат ҳолатига қайтиш муддати камай

боради. Сиқувчи кучни яна оширсак, унинг бирор қийматини топамизки, кўндаланг куч билан туртиб эгилган стержень ўзининг аввалги тўғри чизиқли мувозанат ҳолатига қайтмасдан янги эгри чизиқли шаклга киради ва унинг бу шакли устивор бўлиб қолади. Сиқувчи кучни энди орттириб бўлмайди ва мабодо энди озгина орттирилса ҳам стержень бутунлай эгилиб устуворлигини йўқотади.

Шундай қилиб стерженнинг ҳам тўғри чизиқли, ҳам эгри чизиқли мувозанат ҳолатлари устувор бўлган вақтга тўғри келган сиқувчи куч критик куч дейилади.

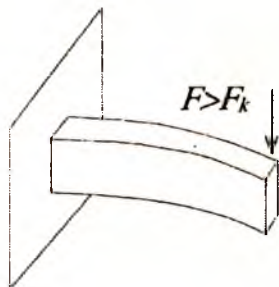
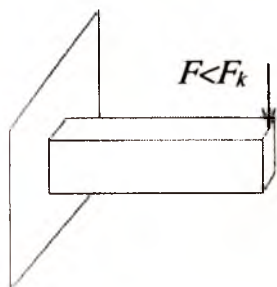
Сиқувчи куч критик кучга етмаганда стержень фақат соф сиқилишга ва критик қийматга ортганидан кейин стержень сиқилиш билан эгилишга қаршилик кўрсатади.



Бу ҳалқа ҳам критик кучдан кейин сиқилиш билан эгилишга қаршилик кўрсатади.

Тўғри ва текис эгилишга қаршилик кўрсатувчи тўғри тўртбурчак кесимли юпқа консоль куч критик қийматга етгандан кейин эгилиш билан буралишга қаршилик кўрсатади.

Демак, стерженга қўйилган сиқувчи куч критик кучдан бир неча марта кичик бўлиши керак.





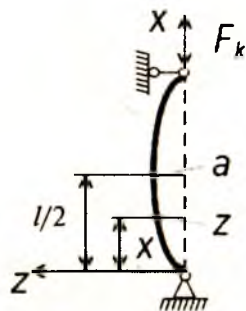
Сиқилган стерженлар хавфсиз ишлаши учун албатта рухсат этилган куч критик кучдан анча кичик бўлиши керак:  $[F] = F_k / n_y$

$n_y$  — устуворликнинг эҳтиёт коэффициентини.

### Критик кучни аниқлаш. Эйлер формуласи

Марказий сиқилган ва эгилувчи стерженларнинг критик кучини топиш масаласини биринчи марта Л.Эйлер назарий ҳал қилган.

Икки учи шарнир ёрдамида маҳкамланган стерженни оламиз. Бу стержен марказий қўйилган  $F$  куч билан сиқилган ва бу куч таъсиридан стержен ўзининг кичик бикирлик текислигида жуда ҳам оз эгилган бўлсин. Бу ҳолда сиқувчи  $F$  куч ўзининг критик қийматига етган бўлади, шу туфайли стержен эгри чизиқли мувозанат ҳолатида ётади.



Шундай қилиб стержен деформацияланадиган ҳолатни текшираемиз. Пастки шарнирли таянчдан  $x$  масофада турган нуқта (кесим) учун қуйидаги тенгламани ёзиш мумкин:

$$M = F_k \cdot z \quad (1)$$

Бу стерженнинг эластик чизигининг дифференциал тенгласини ёзамиз. Бунинг учун кўндаланг эгилишдаги эластик чизиқнинг дифференциал тенгласидан фойдаланамиз.

$$EJ_y z'' = -M \quad (2)$$

Шаклда танланган координаталар системасига асосан (2) формуланинг ўнг томониغا минус ишорасини  $J_y$  ўрнига  $J_{min}$  ни олиш керак, чунки бўлама эгилишда стерженлар ҳамма вақт кичик бикирлик текислигида эгилади. Демак (1) ни (2) тенгламага қўйиб қуйидагини ҳосил қиламиз.

$$EJ_y z'' = -F_k \cdot z, \quad (3)$$

агар ушбу

$$K^2 = F_k / EJ_{min} \quad (4)$$

белгилашни қабул қилсак (3) тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$z'' = K^2 \cdot z = 0.$$

Бу дифференциал тенгламанинг умумий интегрални бизга маълум бўлган қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$z = C_1 \cdot \sin Kx + C_2 \cdot \cos Kx.$$

Бу ифодага кирган ихтиёрий ўзгармас  $C_1$  ва  $C_2$  ларни стержен учларининг маҳкамланиш шартларидан аниқлай-миз:

$x = 0$  бўлганда

$$z = C_1 \cdot 0 + C_2 = 0 \quad (6)$$

$x = l$  бўлса  $z = C_1 \cdot \sin Kl + C_2 \cdot \cos Kl = 0$

(6) нинг биринчи тенгламасидан  $C_2 = 0$  ҳосил бўлади ва тенглама қуйидаги кўринишга келади.

$$z = C_1 \cdot \sin Kx \quad (7)$$

(6) нинг иккинчи тенгламасидан  $C_1 \cdot \sin Kl = 0$  ҳосил бўлади. Бу тенгламада икки ҳол бўлиши мумкин  $C_1 = 0$  ёки  $\sin Kl = 0$ .

Биринчи ҳолда (7) га асосан  $z = 0$  бўлиб стерженнинг тўғри чизиқли мувозанат ҳолига тўғри келади. Бу эса масаланинг қўйилишига зиддир. Демак стерженнинг эгилган шакли мувозанатига тўғри келган ҳол қуйидагича ифодаланadi:  $\sin Kl = 0$ .

Бундан стерженнинг критик ҳолатига хос бўлган шартлар келиб чиқади

$$Kl = n\pi \text{ ёки } K = n\pi / l \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (8)$$

Стерженнинг эгилган ўқининг тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$z = C_1 \cdot \sin (n\pi / l) \cdot x \quad (9)$$

(4) ва (8) формулаларга асосан критик кучнинг қиймати қуйидагича ёзилади!

$$F_k = EJ_{\min} \cdot K^2 = (n^2 \pi^2 / l^2) EJ_{\min} \quad (10)$$

Агар  $n=1$  бўлса, критик кучнинг қиймати барча критик кучлар орасидаги энг кичик бўлиб бу амалий аҳамиятга эга. Бу ҳолда стерженнинг эластик чизиғи тенгламаси (9) га асосан шундай ёзилади

$$z = C_1 \cdot \sin (\pi / l) \cdot x \quad (11)$$

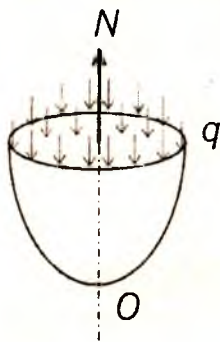
$$F_k = (\pi^2 EJ_{\min}) / l^2 \quad (12)$$

Демак, бу ҳолда стерженнинг эгилган ўқи бир тўлқинли синусоида чизиғидан иборатдир. (12) формула Эйлер формуласи дейилади.

## 14. ҚОБИҚЛАР (ИДИШЛАР).

Ҳар хил суюқликлар, газлар ва сочилувчан моддалар солинадиган жисмлар идишлар дейилади. Идишларнинг мустақкамлигини ҳисоблаганда улар юпқа деворли қобиқлар жумласига киритилади. Агар  $\rho_{\min} > 188$  бўлса, улар қобиқлар соҳасига кирмайди, булар одатда қалин деворли трубаларга киради. Бунда  $\rho_{\min}$  энг кичик бош эгриликнинг радиуси ва  $\delta$  қобиқ қалинлигидир. Бу икки хил, яъни қобиқ ва трубаларни ҳисоблаш методлари бир-биридан катта фарқ қилади.

Қобиқ деб иккита бир-бирига жуда яқин жойлашган иккита ясси сирт билан чегараланган жисмга айтилади. Бу икки сирт орасида масофа қобиқнинг  $\delta$  қалинлигидир. Қобиқларга буғ қозонлари, резервуарлар, цистерналар ва ҳ.к. киради. Қобиқлар цилиндрик, конус, сферик ва бошқа шаклларда учрайди. Қобиқ деворларида фақат чўзувчи ва сиқувчи кучланишлар ҳосил бўлади, яъни улар эгилмайди деб қаралади. Қобиқларни ҳисоблашда эгилиш эътиборга олинса ҳисоблаш жуда мураккаблашади. Қобиқларни ҳисоблаганда уларни бирор сиртнинг ўз ўқи атрофида айланишидан ҳосил бўлган жисм деб қаралади ва у ички босим таъсиридан эгилмайди деб тушунилади.

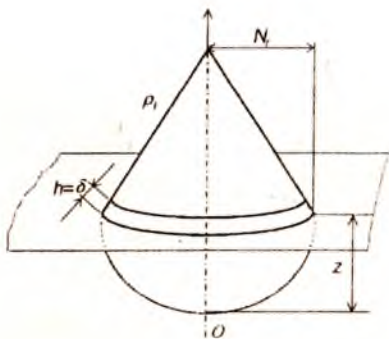
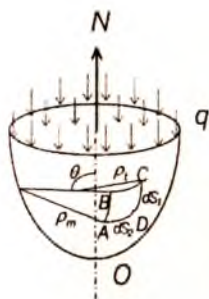


Қобиқ  $ON$  ўқига нисбатан симметрик тақсимланган ички  $q$  босим билан юкланган. Бундай қобиқларни айланма сиртнинг симметрия ўқидан ўтган текислик билан қирқилганда ҳосил бўлган юза меридиан кесим дейилади. Бундай симметрик юкланган ва сирт айланишидан ҳосил бўлган жисмларга симметрик қобиқлар дейилади.

### Симметрик қобиқларнинг кучланишларини аниқлаш

Агар қобиқ сирти кескин бурилишлардан ва идиш би-бир маҳкамланишлардан озод бўлса, ҳамда тўпланган куч ва жуфт кучлар таъсирида бўлмаса, бундай қобиқларни ҳисоблашга моментсиз назарияни ишлатиш мумкин.

Қобиқни иккита меридиан ва иккита нормал текисликлар билан кесиб ундан  $ABCD$  элемент ажратамиз.



Бу элементлар симметрик қобикларнинг девор қалинлиги  $\delta$  бўлсин.  $\rho_m$  — меридиан эгрилик радиуси ва  $\rho_1$  — меридиан ёйига тик бўлган нормал кесим радиуслари бўлсин. Бу радиусларга *бош радиуслар* дейилади.

Меридиан радиусларига нормал равишда ўтказилган кесим қобик деворини радиал текислик бўйича қирқади; бу қирқим радиан бўйича  $h$  қалинликдаги ҳалқани ташкил қилади.

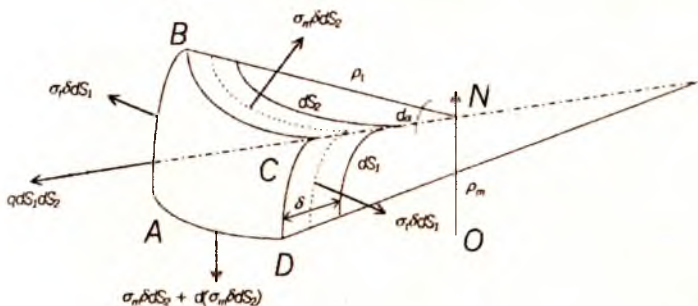
$\rho_1$  — ҳалқанинг ўртача сиртидан қобикнинг симметрия ўқиғача бўлган масофа.

Бу ҳалқа юзи  $2\pi r h$  га тенг бўлса ҳам лекин қобикни ҳисоблаганда унга жуда яқин бўлган  $2\pi r \delta$  юза қабул қилинади. Бу радиуслар, яъни  $\rho_m$  ва  $\rho_1$  лар нормалнинг симметрия ўқи билан ташкил қилган  $\theta$  бурчак функциясидир.

Қобикдан ажратилган  $ABCD$  элементнинг томонларини  $dS_1$  ва  $dS_2$  ва бу элемент томонларига таъсир қилган кучланишларни  $\sigma_m$  ва  $\sigma_1$  билан ифодалаймиз.

$\sigma_m$  — меридиан ёйи бўйича йўналган кучланиш;

$\sigma_1$  — айлана кучланиш деб аталади.



Агар ажратилган элемент томонларининг юзаларини тегишли кучланишларга кўпайтирсак, у ҳолда элемент томонларининг юзаларига шаклда кўрсатилгандек кучлар таъсир этади. Ажратилган элемент меридиан бўйича кесим  $\sigma_m \delta dS_2$  айланаси бўйича  $\sigma_t \delta dS_1$  ва босим кучи  $q dS_1 dS_2$  таъсирида мувозанатда бўлади. Барча кучларни нормал йўналишга проекциялаймиз.

$$q dS_1 dS_2 - \sigma_m dS_2 d\theta - \sigma_t \delta dS_1 d\alpha = 0$$

Бунда  $d(\sigma_m \delta dS_2)$  – иккинчи тартибли кичик миқдор бўлгани учун тенгламада ажратиб қолдирилади. Бу тенгламага кирган  $d\theta$  ва  $d\alpha$  лар қуйидагича ифодаланади:

$$d\theta = dS_1 / \rho_m \quad \text{ва} \quad d\alpha = dS_2 / \rho_t$$

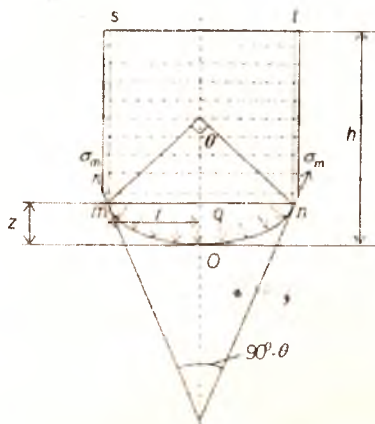
Бу формулани юқоридаги тенгламага қўйиб  $dS_1$  ва  $dS_2$  қисқартириб  $\sigma_m / \rho_m + \sigma_t / \rho_t = q / \delta$  ни ҳосил қиламиз.

$\sigma_m$  ва  $\sigma_t$  кучланишларни боғловчи бу тенгламага *Лаплас тенгламаси* дейилади.

Лаплас тенгламасига кирган  $\sigma_m$  ва  $\sigma_t$  номаълум кучланишларни топиш учун яна битта тенглама керак.

Бунинг учун қобиқни параллел доира билан кесиб идишнинг пастки қисмидан бир бўлак ажратиб унинг мувозанатини текшираемиз.

$$2\pi r \delta \sigma_m \sin\theta = p$$



$p$  — куч, координата бошидан  $z$  масофада олинган  $mn$  кесимдан юқоридаги  $mstn$  ҳажмдаги суюқлик босими билан пастдаги  $mon$  ҳажмдаги суюқлик оғирлиги  $Q_z$  нинг йиғиндисига тенг.

$$p = \pi r^2 q + Q_z = \pi r^2 q + \gamma v_{\text{ост}}$$

бунда

$q = \gamma(h-z)$  суюқликнинг 1 мм<sup>2</sup> юзасига тўғри келган босим.

# 15. МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИ

## Механизмларнинг асосий турлари

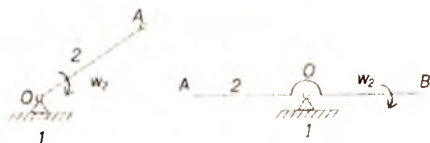
Машинасозликда ишлатиладиган механизмларни конструкциясига қараб қуйидаги гуруҳларга бўлиш мумкин.

1. Ричагли механизмлар.
2. Кулачокли механизмлар.
3. Шестерняли (тишли гилдиракли) механизмлар
4. Винтли ва понали механизмлар.
5. Фрикцион механизмлар.
6. Эгилувчан звеноли механизмлар.
7. Гидравлик ва пневматик механизмлар.
8. Электрик механизмлар.

### Ричагли механизмлар

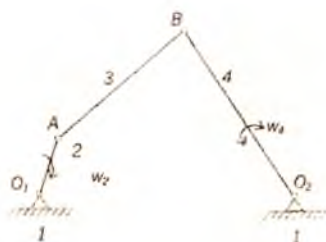
#### Икки звеноли механизмлар

- 1—қўзғалмас звено
- 2—қўзғалувчан звено



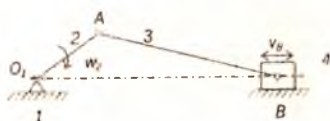
#### Тўрт звеноли механизмлар

- 1—қўзғалмас звено
- 2—тирсакли вал (кривошип)
- 3—шатун
- 4—коромисло



Шарнирли тўрт звеноли механизмдан коромисло ўрнига ползун ўрнатиб, уни қўзғалмас йўналтирувчи бўйлаб ҳаракатга келтирилса, у ҳолда бу механизм кривошип—шатунли механизмга айланади.

- 1—қўзғалмас звено
- 2—тирсакли вал (кривошип)
- 3—шатун
- 4—ползун

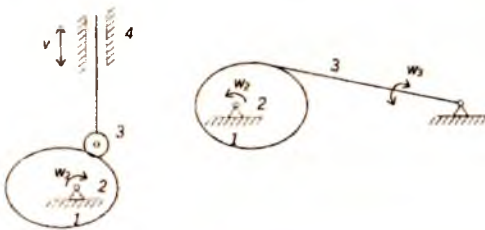


## Кулисали механизмлар



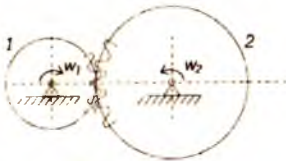
- 1—қўзғалмас звено
- 2—тирсақли вал (кривошип)
- 3—тош
- 4—кулиса

## Кулачокли механизмлар

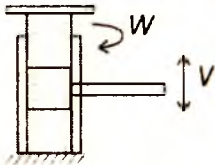


- 1—қўзғалмас звено
- 2—кулачок
- 3—ролик
- 4—толкатель

## Тишли филдиракли механизмлар



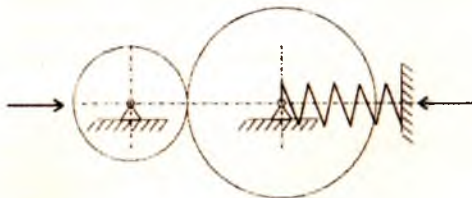
- 1—шестерня
- 2—филдирак.



## Винтли механизмлар

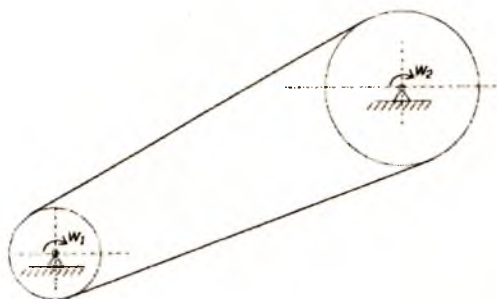
Домкрат мисол бўла олади.

## Фрикцион механизмлар



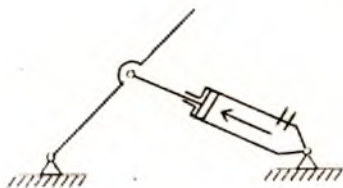
Ишқаланиш кучлари ёрдами билан ҳаракатга келтирувчи ёки тўхтатилувчи механизмлар фрикцион механизмлар деб аталади.

## Эгилувчан звеноли механизмлар



Тасмали узатмалар, занжирли узатмалар.

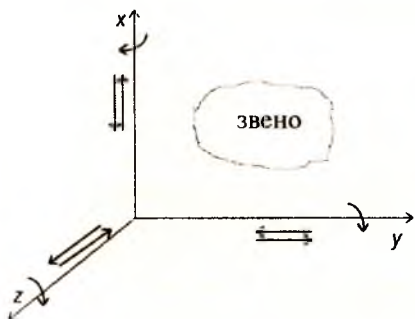
## Гидравлик ва пневматик механизмлар



## Механизмлар структураси (тузилиши)

Механизмлар звенолардан ташкил топади. Звено бир ёки бир нечта деталдан тузилган бўлади. Детал битта қаттиқ жисм. Машинанинг бир хил материалдан тайёрланган ва айрим бўлақларга ажралмайдиган қисмига детал дейилади.

## Кинематик жуфтлар



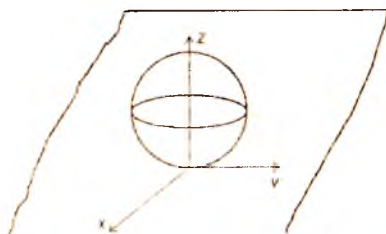
Кинематик жуфт деб иккита звенони бири бири билан ҳаракат қила оладиган қилиб бириктирилишига айтилади.

Фазода ҳаракат қилаётган ҳар қандай қаттиқ жисмнинг эркинлик даражаси 6 та бўлиб улардан учтаси  $x$ ,  $y$ ,  $z$  ўқла-

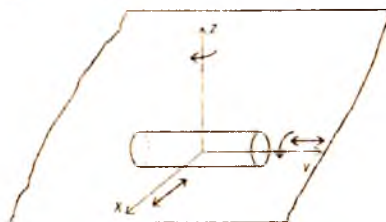


ри буйлаб илгариланма ҳаракатдан, учтаси эса шу ўқлар атрофида айланма ҳаракатдан иборат.

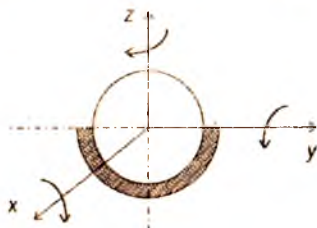
Кинематик жуфтлар 5 та синфга бўлинади:  $C = 6 - H$   
 бу ерда:  $C$  — боғланишлар сони;  
 $H$  — эркинлик даражаси.



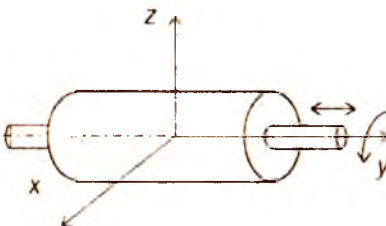
1-синфга тегишли кинематик жуфт:  
 $C = 6 - 5 = 1$



2-синфга тегишли кинематик жуфт:  
 $C = 6 - 4 = 2$



3-синфга тегишли кинематик жуфт:  
 $C = 6 - 3 = 3$

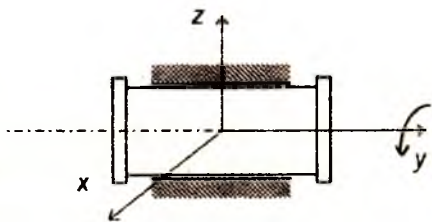


4-синфга тегишли кинематик жуфт:  
 $C = 6 - 2 = 4$

5-синфга тегишли кинематик жуфт:

$$C = 6 - 1 = 5$$

Кинематик жуфт элементлари бир-бирига текислик ёки сирт орқали тегишиб турса, бундай жуфт қуйи кинематик жуфт деб, агар элементлари нуқта ёки чизиқ орқали тегишиб турса, бундай жуфт олий кинематик жуфт дейилади.



### Механизмларнинг ҳаракатчанлик (қўзғалувчанлик) даражаси

Бир неча звенонинг кинематик жуфтлар воситаси билан бирикишидан (боғланишидан) ҳосил бўлган қўзғалувчи система кинематик занжир деб аталади.

Механизмда  $n$  та звено бор,  $6$  та ҳаракатчанликка эга бўлади. Фазовий механизмнинг ҳаракатчанлик даражаси:

$$W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - 1P_1$$

$W$  — бир звеноли қўзғалмас бўлган занжирнинг қўзғалувчанлик (ҳаракатланувчанлик) даражаси.

$n$  — кинематик занжирдаги қўзғалувчан (ҳаракатчан) звенолар сони.

$P_5$  — кинематик занжир таркибидаги 5-синфга тегишли кинематик жуфтлар сони (уларнинг ҳар бири 5 тадан эркинлик даражасини йўқотади).

$P_4$  — кинематик занжир таркибидаги 4-синфга тегишли кинематик жуфтлар сони (уларнинг ҳар бирига 4 тадан боғланиш қўйилган).

$P_3$  — кинематик занжир таркибидаги 3-синфга тегишли кинематик жуфтлар сони (уларнинг ҳар бирига 3 тадан боғланиш қўйилган).

$P_2$  — кинематик занжир таркибидаги 2-синфга тегишли кинематик жуфтлар сони (уларнинг ҳар бирига 2 тадан боғланиш қўйилган).

$P_1$  — кинематик занжир таркибидаги 1-синфга тегишли кинематик жуфтлар сони (уларнинг ҳар бирига 1 тадан боғланиш қўйилган).

Бу формула бир звеноси қўзғалмас бўлган кинематик занжирнинг умумий ҳолдаги қўзғалувчанлик формуласи ёки структура формуласи деб аталади. Сомов-Мальшев формуласи ҳам дейилади.

### Текисликда ҳаракат қилувчи механизмларнинг тузилиш формуласи (акад. П.Л.Чебишев формуласи)

Кинематик занжир таркибига кирувчи қўзғалмас бирор звенога нисбатан бир ёки бир неча звено муайян тартибда ҳаракатланган вақтда занжирнинг қолган звенолари ҳам маълум тартибли ҳаракат қилса, бундай кинематик занжир *механизм* дейилади.

$$W = 3n - 2P_5 - 1P_4$$

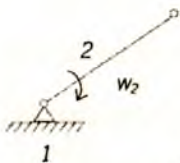
$W$ — текис механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси.

$n$ — текис механизм таркибидаги қўзғалувчи звенолар сони.

$P_5$ —5 синфга тегишли (текисликдаги 2-синфга тегишли) кинематик жуфтлар сони.

$P_4$ —4 синфга тегишли (текисликдаги 1-синфга тегишли) кинематик жуфтлар сони.

Мисол.

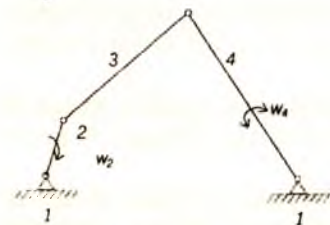


$$W = 3n - 2P_5 - 1P_4,$$

$$n = 1; P_5 = 1; P_4 = 0,$$

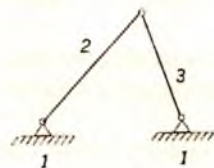
$$W = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1.$$

Бу механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси 1 га тенг.



$$n = 3; P_3 = 4; P_4 = 0,$$

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1.$$



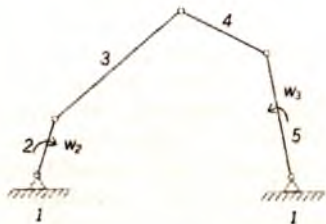
$$n = 2; P_5 = 3; P_4 = 0,$$

$$W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$$

демак бу механизм эмас, ҳаракат бўлмайди яъни ферма, бикир система.

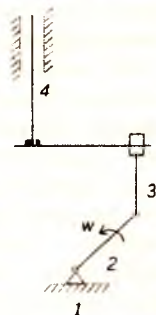
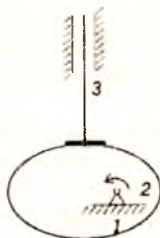
$$n = 4; P_5 = 5; P_4 = 0,$$

$$W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 5 = 2.$$



$$n = 2; P_5 = 2; P_4 = 1,$$

$$W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 = 1.$$



Бу механизм қўзғалувчанлик даражаси 1 га тенг бўлган кулачокли механизмдир ва унга эквивалент бўлган кривошип-шатунли механизмдир.

## 16. МАШИНА ДЕТАЛЛАРИНИНГ ИШЛАШ ЛАЁҚАТИ ВА УНИ ТАЪМИНЛАШ

Лойиҳаланаётган детал, биринчидан маълум вақт давомида ўз мустаҳкамлигини тўла сақлайдиган, ортиқча ремонт талаб қилмайдиган бўлиши, иккинчидан, тўғри ишлаши, учинчидан, машинадан фойдаланишда одам учун хавф туғдирмайдиган бўлиши, тўртинчидан, тайёрланиши технологик нуқтаи назардан қулай ва тежамли, яъни мустаҳкамлигини сақлагани ҳолда ўлчамлари кичик, имкони борича енгил ва арзон туриши лозим.

Деталнинг ишлаш лаёқатини аниқлайдиган асосий белгилар қуйидагилардан иборат. Мустаҳкамлик, бикирлик, иссиқбардошлик, ейилишга ва титрашга чидамлилик.

Деталнинг ишлаш лаёқатини қайси белгига қараб аниқлаш лозимлиги шу деталнинг ишлаш шароитига боғлиқ. Масалан: сирпаниш подшипнигининг ишлаш лаёқатини аниқлаш учун асосий белги ейилишга чидамлилик бўлса, болтлар учун мустаҳкамлик, валлар учун эса бикирлик, мустаҳкамлик ва титрашга чидамлиликдир.

**Мустаҳкамлик.** Ишлаш шароитида деталнинг деформацияланиши меъёрида бўлгани ҳолда, синмай ва бенуқсон ишлай олиш хусусияти унинг мустаҳкамлиги дейилади.

Янги деталларни лойиҳалашда, аввало, уларнинг мустаҳкам бўлишини таъминлаш зарур. Деталнинг мустаҳкамлигини таъминлаш учун унга таъсир этаётган куч ёки моментдан хавfli кесим ёки юзада ҳосил бўладиган кучланишни топиш ва уни рухсат этилган қиймати билан солиштириш лозим. Агар ҳисоблаш натижасида топилган кучланишнинг қиймати рухсат этилган қийматидан кичик ёки унга тенг бўлса, деталнинг мустаҳкамлиги таъминланган бўлади. Мустаҳкамлик шартини қуйидагича ифодалаш мумкин:  $\sigma \leq \sigma_s / n \leq [\sigma]$

$[\sigma]$ —рухсат этилган кучланиш.  $\sigma_s$  — чегаравий кучланиш.  $n$ — эҳтиёт коэффициенти  $n = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$

$n_1$ — деталга таъсир этувчи куч ва моментларнинг ҳақиқий қийматлари билан ҳисоблаш учун қабул қилинган қийматлар орасидаги фарқни ҳисобга олувчи коэффициент.

$n_2$ — материалнинг бир жинслилигини, детал тайёрлаш технологияси бузилган тақдирда материал механикавий хоссаларининг нормативда кўрсатилганидан фарқ қилишини ҳисобга олувчи коэффициент.

$n_3$ — жуда мустаҳкам бўлиши талаб этиладиган муҳим деталларнинг мустаҳкамлик захирасини қўшимча равишда оширадиган коэффициент.

Машинасозликда ўртача  $n = 1,5—3$  гача олинади.

**Бикирлик.** Баъзи деталлар, айниқса, куч таъсирида ишлайдиган деталлар учун мустаҳкамликнинг ўзи етарли бўлмайди. Масалан: маълум куч ва момент таъсирида айланаётган вал мустаҳкам бўлишига қарамай, рухсат этилганидан ортиқ эгилиши мумкин. Бундай вал ишламаслиги керак, чунки валга ўрнатилган деталлар, масалан, тишли филдираклар орасидаги масофа чегараланган бўлади. Валнинг рухсат этилганидан ортиқ эгилиши бу деталларнинг

мўлжалдагидан илгари ишдан чиқишига сабаб бўлади. Шунинг учун бундай деталларни мустаҳкамлигидан ташқари, бикирлигини ҳам таъминлаш лозим. Шунинг учун деталнинг қайси жойи кўпроқ эгилиши мумкин бўлса, ўша еридаги деформациянинг қиймати кўпроқ аниқланади ва рухсат этилган қиймати билан таққосланади.

**Баъзи деталларнинг ҳаддан ташқари бикир бўлиши уларнинг чидамлилигига салбий таъсир кўрсатади.** Масалан, пўлатдан тайёрланган тишли ғилдирак тишларининг ортиқ даражада бикир бўлиши ишлаш вақтида динамик кучларнинг пайдо бўлишига ва шовқиннинг кучайишига олиб келади. Демак зарур ҳолларда деталларнинг маълум даражада берилувчан бўлиши талаб этилади.

**Титрашга чидамлик.** Машиналар ишлаш тезлигининг тобора оширилиши ва деталлар оғирлигининг камайтирилиши ҳар хил титрашларнинг пайдо бўлиши учун имконият туғдирмоқда. Маълумки, титрашлар машинанинг ишлашига салбий таъсир кўрсатиб, деталларнинг толиқиши оқибатида ишдан чиқишини тезлатади. Бу борада резонанс ҳодисаси, айниқса хавфлидир. Одатда, деталларнинг титрашга чидамлилигини таъминлаш учун резонанс ҳодисасини келтириб чиқарадиган омилларни йўқотиш керак. Маълумки, резонанс ҳодисаси деталнинг ўзида ҳосил бўладиган хусусий тебраниш частотаси ташқи куч таъсирида бўладиган тебраниш частотаси билан бир хил бўлиб қолганда рўй беради. Шунинг учун, бу икки частотани ҳисоблаб, бир-бирига тенг бўлиб қолмаслигини таъминлаш керак. Бундан ташқари, машиналарда титраш ҳодисасини камайтириш учун титроқ сундиргичлардан, яъни махсус эластик элементлардан ҳам фойдаланилади.

**Иссиқликка чидамлик.** Машиналарнинг бири-бирига ишқаланиб ишловчи деталларида температуранинг маълум даражада ошиб кетиши, шу деталларнинг ишига салбий таъсир кўрсатади. Шунинг учун бундай машиналарни лойиҳалашда уларда ҳосил бўладиган иссиқликнинг меъридан ортиб кетмаслиги, яъни  $Q \leq Q_1$  бўлишига эришмоқ зарур.  $Q$ —машинада ҳосил бўладиган иссиқлик миқдори.  $Q_1$ —машинадан ташқарига тарқалувчи иссиқлик миқдори.

**Ейилишга чидамлик.** Ишлаш вақтида ишқаланувчи деталларнинг ишлаш даври ейилиш даражасига қараб белгиланади. Ейилиш натижасида деталнинг ўлчамлари ўзгаради, бу эса ўз навбатида ейилган деталнинг ноте-

кис ишлашига сабаб бўлади. Металл кесиш станогининг деталлари ейилганда эса бу станокда тайёрланган маҳсулот нотекис чиқади. Шунинг учун деталнинг ейилиши маълум даражага етганда уни алмаштириш керак. Деталнинг тез ёки секин ейилишини унинг ишлаш шароити, мойланиш даражаси, контакт кучланишнинг қиймати ва бошқаларга боғлиқ.

Ейилишга чидамликни таъминловчи шарт қуйидагича:

$$P \leq [P], \quad \rho v \leq [\rho v],$$

бунда  $[P]$ —рухсат этилган солиштирма босим,  $\rho$ —солиштирма босим,  $v$ —ишқаланиш тезлиги.

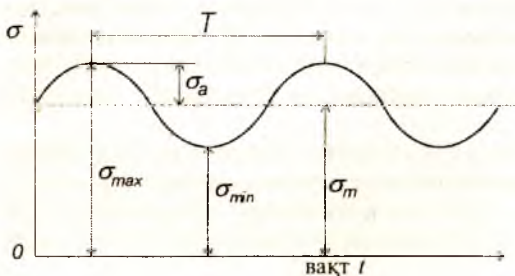
Сўнгги йилларда машиналарни ишончли ишлайдиган бўлишига катта эътибор берилмоқда. Машиналарнинг қанчалик ишончли ишлаши эса уларнинг тўхтаб қолмай ишлаш даражасига қараб белгиланади. Масалан, двигателни ишга тушириш учун 100 марта ҳаракат қилганда, у 95 марта ишлаб кетса, бу машинанинг ишончилилик коэффициенти 0,95 бўлади. Ҳозирги вақтда инженер-конструкторларнинг асосий вазифаларидан бири, лойиҳаланаётган машинани мўлжалланган вақт давомида бенуқсон ишлашига эришишдан иборат.

## 17. ЎЗГАРУВЧАН КУЧЛАНИШЛАР, ЧИДАМЛИЛИКНИ ҲИСОБЛАШ

Ўзгарувчан кучланиш турлари кўп:

1. Симметрик цикл билан ўзгарувчан кучланиш.
2. Тепки (пульсацияланувчи) цикл билан ўзгарувчан кучланиш.
3. Носимметрик цикл билан ўзгарувчан кучланиш.
4. Ўзгармас кучланиш (хусусий ҳол).

Чидамлик, деталлар давомли ўзгарувчан кучланиш-



лар таъсирига дучор бўлганда, улар мустақамлик даражаси ёки оқувчанлик чегарасига етмаган кучланишлар таъсиридан емирилади.

Бундай емирилишга толиқиш (усталость) дейилади.

Чидамлиликка ҳисоблашда деталга таъсир этувчи на-  
грузка ва ундан ҳосил бўладиган кучланишлар симметрик  
ёки пульсацияланувчи цикл билан ўзгаради.

а) ўртача кучланиш:  $\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min}) / 2,$  (1)

$$\tau_m = (\tau_{\max} + \tau_{\min}) / 2.$$

б) цикл амплитудаси:  $\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) / 2,$  (2)

$$\tau_a = (\tau_{\max} - \tau_{\min}) / 2.$$

в) цикл характеристикаси ёки асимметрик коэффици-  
ент:

$$r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = -\sigma_{\max} / \sigma_{\max} = -1 \quad (3)$$

$$r = \tau_{\min} / \tau_{\max}.$$

Шаклдан  $\sigma_{\max} = \sigma_m + \sigma_a,$

$$\sigma_{\min} = \sigma_m - \sigma_a. \quad (4)$$

Цикл турлари:

1) Симметрик цикл:

$$(r = -1; \sigma_m = 0).$$

2) Пульсацияланувчи

тепки цикл:

$$(r = 0; \sigma_{\min} = 0).$$

3) Носимметрик

цикл:

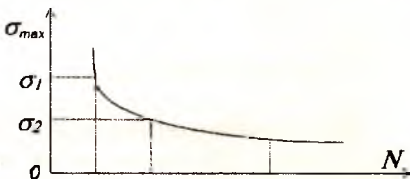
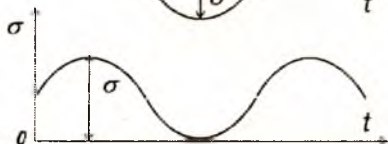
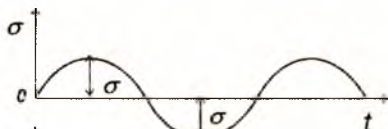
$$(\sigma_m \neq 0; r \leq 0).$$

4) Ўзгармас кучла-

ниш:

$$(\sigma; \sigma_a = 0 \text{ ва } r = 1).$$

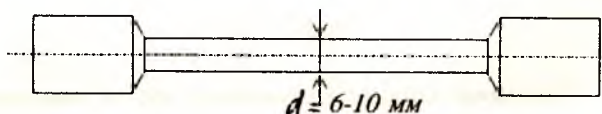
Симметрик цикл учун  
толиқиш эгрилиги.



Намунани олиб айлантирилади.

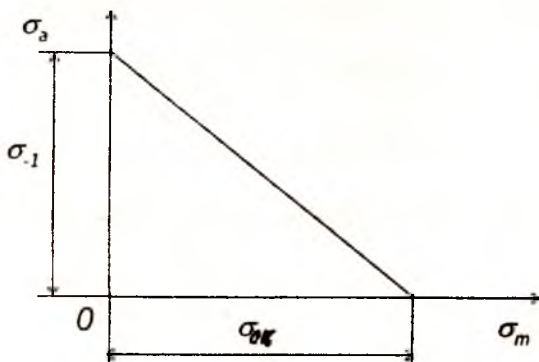
$10^7$

цикллар  
сони

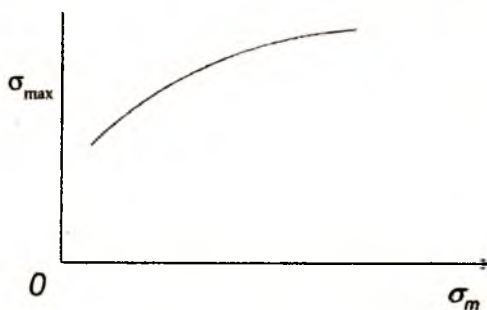




## Носимметрик цикл учун чидамлик чегарасининг диаграммаси.



Хея диаграммаси.



Смит диаграммаси.

Деталнинг толиқишга қанчалик бардош беришини ҳисоблаш учун чидамлик чегараси деб аталадиган тушунча киритилади ва кучланиш симметрик цикл билан ўзгарганда рухсат этилган кучланиш қуйидагича аниқланади.

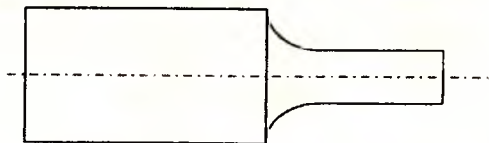
$$[\sigma_{-1}] = \sigma_{-1} / n$$

**Материалларнинг толиқишига қарши чоралар**

Материалларнинг толиқиш мустаҳкамлигини ошириш учун қуйидаги чораларни кўриш керак.

1. Материаллари бир жинсли, акс ҳолда кучланиш концентрациясини қўзғатувчи манбалар ҳосил бўлади.

2. Детал шаклида кучланишлар концентрациясини қўзғатувчи кескин ўтишлар бўлмаслиги керак.



3. Детал сиртлари тозаланиши керак. Озгина тирналган жой бўлса, ўша ердан толиқиш дарз чизиқлари ҳосил бўлади.

Турли технологик йўللар билан детал сирти мустаҳкамланади (термообработка, тоблаш).

## 18. САНОАТДА ИШЛАТИЛАДИГАН АСОСИЙ МАТЕРИАЛЛАР ВА УЛАРНИ ТАНЛАШ

Машина деталларини тайёрлашда ҳар-хил материаллардан фойдаланилади: пўлатлар, чўянлар, рангли металлар ва уларнинг қотишмалари, пластмасса, резина, ёғоч ва ҳ.к. Булардан энг кўп ишлатиладиганлари — қора металлар: пўлат ва чўяндир. Қора металларнинг салбий томони — зичлиги катта бўлиб, солиштирма оғирлиги катта, коррозияга унча чидамли эмас.

Машина деталлари учун материал танлашда уни ҳар томонлама ўрганиш лозим, яъни деталнинг қаерда ишлатилиши, ишлаш шароити, қандай куч таъсир этади.

Материал танлашдаги асосий талаб шуки, танлаб олинган материал аввало, деталнинг ишга лаёқатли бўлишини таъминлаши ҳамда нисбатан арзон туриши керак. Бу талабни ҳамма вақт ҳам осонликча амалга ошириб бўлмайди, чунки мустаҳкам, пухта сифатли материаллар қиммат туради. Шунинг учун материал танлашда янглишмаслик учун улардан бир неча хилини танлаб, ҳисоблаб кўрган маъқул. Масалан, диаметри 100 мм ва айланиши  $5000 \text{ мин}^{-1}$  бўлган шкивни чўяндан ёки алюминий қотишмасидан тайёрлаш мумкин. Алюминий қотишмаси чўянга нисбатан икки марта қиммат туради. Лекин алюминий қотишмаси станокда чўянга қараганда 8—10 марта тез ишланади.

Натижада алюминий қотишмасидан тайёрланган шкив чўяндан тайёрланган шкивга қараганда 25% арзон бўлади.

Айрим ҳолларда, қўйилган талабларни қондириш учун, бир деталнинг ўзи турли материаллардан ишланиши мумкин. Масалан: червякли узатмаларда червяк гилдираги, айрим тишли гилдираклар танаси арзон чўяндан тайёрланади, тишли гардиши эса сифатли яхши ишлайдиган рангли металллардан ёки қотишмалардан тайёрланади.

## Қора металллар

Қора металлларга чўян ва пўлатлар киради. Чўян бир неча хил бўлади. Оқ чўян, қўнғир чўян, болғаланадиган чўян, ўта мустаҳкам чўян.

**Оқ чўян** — қуйма олиш даврида тобланади, қаттиқ, емирилиши қийин, оловга, ўтга бардошли, кислотабардош бўлганлиги учун тормоз колодкалари, дробилкалар, қозонлар тайёрланади.

**Қўнғир чўян СЧ 15—32** — чўзилишдаги мустаҳкамлик чегараси — 15 кг/мм<sup>2</sup>, эгилишдаги мустаҳкамлик чегараси — 32 кг/мм<sup>2</sup>, Бриннель бўйича қаттиқлиги НВ=163-229. Қуйма детал олишга яхши, ўртача мустаҳкамликли, жуда қаттиқ корпус, станина, шкивлар, ричаглар, катта диаметрли вал ва трубалар, қопқоқлар тайёрланади.

**Болғаланадиган чўян КЧ30** — чўзилишдаги мустаҳкамлик чегараси 30 кг/мм<sup>2</sup>, НВ=163. Қуйма форма олиш яхши, зарбий нагрузкани қабул қилади, босим остида детал ясалмайди. Мустаҳкамлиги катта.

**Ўта мустаҳкам чўян** — суюқ ҳолатда маъдан қўшиш билан олинади. ВЧ-50—чўзилишдаги мустаҳкамлик чегараси, 50 кг/мм<sup>2</sup>, НВ=187-255. Ўзгарувчан кучланишли шароитда ишлайдиган деталлар ясаш мумкин. Масалан, двигателларнинг тирсакли валлари тайёрланади.

### Пўлатлар.

**Оддий сифатли углеродли пўлатлар:** Ст.0...ст.9. Термик ишлов берилмайдиган деталларда ишлатилади.

### Сифатли конструкцион углеродли пўлатлар:

Сталь 10...сталь 45.

Термик ишлов бериладиган деталларда ишлатилади.

**Легирилган пўлатлар** — деталларга алоҳида талаблар қўйилганда ишлатилади; ўта мустаҳкам, ўтга чидамли, коррозияга чидамли ва ҳ.к.

Сталь 20Х, 40Х, 40ХН, 18ХГТ.

## Рангли металллар

Мис қотишмалари 2 га бўлинади.

1. бронза — ҳамма мис қотишмаси латундан бошқа.

2. Латун — мис қотишмаси, легирловчи компонент рух (50% гача).

**Бронза** юқори антифрикцион хусусиятга эга, коррозияга қаршилиги яхши, технологик ишлов бериш осон (қуйма олиш, босим остида ишлов бериш). Ишқаланиш кўп ерларда ишлатилади; сирпаниш подшипниклари, червяк филдираги, винтли филдираклар, йўналтирувчилар.

Сувли, буғли ва мойли арматураларда ишлатилади.

Бр ОФ 10—1—1% фосфор, 10% қалайи, 89% мис.

О — олово (қалайи); Ф — фосфор.

Бр АЖ 9—4—9% — алюминий, 4% — темир, 87% — мис.

А — алюминий, Ж — железо (темир).

Латунлар: коррозияга яхши қаршилик кўрсатади, электр токини яхши ўтказди. Мустаҳкам ва технологик ишлов бериш осон (қуйиш, босим остида ишлаш, кесиш осон).

Труба, гильза, сим, арматуралар, электр аппаратларида, асбобсозликда ишлатилади.

ЛК 80-3: Л — латун; К — кремний; мис — 80%, кремний — 3%, рух — 17%.

Сўнги йилларда машинасозликда пластмассалар кўп ишлатилмоқда.

Пластмассаларнинг афзалликлари — енгил, мустаҳкам, технологик нуқтаи назардан қулай, ейилишга чидамли мураккаб шаклларни босим остида қуйиш, штамплаш, пуркаш усуллари билан детал тайёрлаш мумкин. Пластмасса 2 турга бўлинади: термопластлар ва реактопластлар.

**Термопластлар** суюлтирилиб, сўнгра совитилса, суюлтиришдан олдинги хоссалари тикланади, демак бундай материал чиқиндиларини, ундан ясалган эски деталларни қайта суюлтириб, янги детал олиш мумкин. Бунга ҳар хил полиамидлар, капралонлар, полиформальдегид, поликарбонат, полиэтилен, фторопластлар киради.

Реактопластлар суюлтирилиб, сўнгра совитилгандан сўнг, уларнинг дастлабки хоссалари тикланмайди. Буларга ҳар турли текстолитлар, волонитлар ва ёғоч қатламли пластиклар (ДСП — древесно слоистые пластики) киради.

Пластмассаларнинг турлари ва улар учун чегаравий ва рухсат этилган кучланишлар қиймати жадвалда берилган.

Пластмассаларнинг қора металлларга нисбатан асосий камчилиги, уларнинг мустақкамлиги етарли даражада эмас, иссиқбардош эмас ва вақт ўтиши билан ташқи муҳит таъсирида механикавий хоссалари ва деталнинг ўлчамлари ўз-ўзидан ўзгаради.

## 19. МАШИНАЛАРНИ КОНСТРУКЦИЯЛАШ

Детал, узел, машиналарни конструкциялаш учун аввал ҳисоблаш ишлари бажарилади: конструкцияларнинг ўлчамлари (параметрлари), кинематик, динамик, геометрик ҳисоблашлар амалга оширилади ҳамда унинг ишлаб чиқариш самарадорлиги, иқтисодий фойда келтириши ҳисобланади. Йиғилган кўп йиллик тажрибалардан, чет эл намуналаридан фойдаланилади. Машиналарни конструкциялаш 5 та босқичга бўлинади:

**1-босқич:** *Техник топшириқни тайёрлаш.* Бунда ҳужжат, асосий вазифаси, техник талаблар, сифати, иқтисодий кўрсаткичлари буюртмачининг буюмга қўядиган талаблари ҳисобланади.

**2-босқич:** *Техник таклиф киритиш.* Бунда конструкция ҳужжатлари, бир неча вариантларни қўллаш, фан-техника тараққиётидан ва чет эл тажрибаларидан фойдаланиш. Завод имкониятлари, патент материаллари ҳисобланади.

**3-босқич:** *Эскиз лойиҳа тайёрлаш.* Бунда конструкция ҳужжатларини тайёрлаш, лойиҳаланаётган буюмнинг умумий кўриниши, чизмалари, габарит ўлчамлари аниқланади. Тушунтириш хати, керакли ҳисоблаш ишлари бажарилади.

**4-босқич:** *Техник лойиҳани тайёрлаш.* Бунда буюм тайёрлашнинг охириги ечимини конструкциялик ҳужжатлари, узелларни йиғиш чизмалари, ишончли ишлаши, техника хавфсизлигини таъминлаш, сақлаш-ташиш масалалари ҳисобланади.

**5-босқич:** *Ишчи ҳужжатларни тайёрлаш.* Бунда детал, узелларнинг тайёрлаш ҳужжатларини, ишлаб чиқариш, буюмни эксплуатация қилиш, технологик, иқтисодий ва ишончлилик кўрсаткичлари ҳисобланади.

Ҳамма босқичларни бажаришда конструкторларнинг ишини камайтириш учун ЭҲМ дан фойдаланиш лозим.

## Автоматлаштирилган лойиҳалаштириш

Конструктор ЭХМ га масала қўяди ва ундан бир неча хил ахборот олиб кераклисини танлайди.

Одамнинг машина билан мулоқотидан САПР (система автоматизированного проектирования) келиб чиқади. САПР орқали детал, узел, комплекс, технологик жараёнлар ва ташкилий техник системаларни лойиҳалаш мумкин. САПР яратишдан мақсад лойиҳаланаётган нарсанинг ишини осонлаштириш, нархини арзонлаштириш, вақтни камайтириш, техник иқтисодиётини оширишдир.

## Ўзаро алмашиш асослари ва стандартлаш

Деталларнинг ўзаро алмашинуви 19-асрдан бошлаб миллиқ ишлаб чиқариш саноатида қўлланила бошлади. Бу деталларга қўшимча ишлов бермасдан йиғишда, таъмирлашда ишлатилади.

Ўзаро алмашинишнинг халқ хўжалигига катта фойдаси бор. Йиғишда иш унумдорлигини оширади, деталларни захирада сақлаш имконини беради. Буюм ишлаб чиқаришни арзонлаштиради. Деталларнинг ўзаро алмашинувини таъминлаш учун корхона, соҳа, республика бўйича ишлаб чиқариш маълум тартибга бўйсунди, стандартлаштирилади.

Стандартлар бир неча хил бўлади:

Корхона (предприятие) — СТП.

Соҳа (отрасль) — ОСТ.

Давлат (Государственный) — ГОСТ.

Ўзаро иқтисодий ёрдам Кенгаши (СЭВ) — СТСЭВ.

Халқаро (международный) — МС.

Машиналарни ишлаб чиқаришда ва ишлатишда албатта стандартга бўйсунилиши лозим.

Унификация — бу бир машина ёки узелнинг деталини бошқа машина ёки узелга алмашинувидир.

ЕСКД — (Единая система конструкторской документации).

## 20. УЗАТМАЛАР

### Умумий тушунчалар

Энергия манбаи билан машиналарнинг иш бажарувчи қисми оралигида жойлашиб, уларни ўзаро боғловчи ҳамда ҳаракатни талаб қилинганидек бошқаришга имкон берувчи механизмлар узатмалар деб аталади.

Машинасозликда механикавий, электрик, пневматик ва гидравлик узатмалардан фойдаланилади.

Механикавий узатмалар икки турга бўлинади:

1. Ишқаланиш ҳисобига ишлайдиган узатмалар (фрикцион ва тасмали узатмалар).

2. Илашиш ҳисобига ишлайдиган узатмалар (тишли, червякли ва занжирли узатмалар). Цилиндрик ва конуссимон ғилдиракли, планетар, тўлқинсимон.

Узатмаларнинг фойдали иш коэффиценти қуйидагича аниқланади:

$$\eta = N_2 / N_1 \quad \text{ёки} \quad \eta = 1 - N_u / N_1.$$

$N_u$  — ҳаракатни етакчи валдан етакланувчи валга узатишда зарарли қаршилиқлар мавжудлиги натижасида исроф бўлган қувват.

Узатиш сони қуйидагича ифодаланади:

$$u = n_1 / n_2 = w_1 / w_2$$

Валлардаги буровчи момент қуйидагича аниқланади;

$$T_1 = N_1 / w_1, \quad \text{н.м.}$$

$N_1$  — қувват, Вт ҳисобида;

$n_1$  — айланиш частотаси, мин<sup>-1</sup>.

$$T_2 / T_1 = N_2 n_1 / N_1 n_2 = \eta u \quad u = T_2 / (T_1 \cdot \eta).$$

## 21. ФРИКЦИОН УЗАТМАЛАР

Агар етакловчи валнинг ҳаракати етакланувчи валга ишқаланиш кучи воситасида узатилса, бундай узатмалар фрикцион узатмалар дейилади.

Ишқаланувчи ғилдираклардан бирининг радиуси ўзгарадиган қилинса у ҳолда, узатиш сони ўзгарувчан узатма ҳосил бўлади. Бундай узатмалар вариатор деб аталади.

Фрикцион узатмаларнинг афзалликлари: тузилиши оддий, ҳаракат бир текис ва шовқинсиз узатилади, ишлаш жараёнида узатиш сонини маълум чегарада ўзгартириш мумкин.

Фрикцион узатмаларнинг камчилиги: иш бажарувчи деталларнинг тез ва нотекис ейилиши, вал ва таянчларга тушадиган куч қийматининг катталиги, сирпаниш ҳодисаси мавжудлигидан узатиш сонининг ўзгармас қийматга эга бўла олмаслиги, ФИК нинг кичиклиги ( $\eta = 0,8 - 0,92$ ),

ғилдиракларни бир-бирига маълум даражада сиқиб туриш учун қўшимча мослама керак.

Фрикцион узатмалар узатиш сони 10 гача, айланиш тезлиги 25 м/с, қуввати 25 кВт гача бўлган механизмларда ишлатилади.

### Фрикцион узатмаларнинг кинематикаси ва улардаги кучлар

$$U = n_1 / n_2 = D_2 / D_1 (1 - \epsilon)$$

бу ерда:  $\epsilon$  — сирпаниш коэффициенти ( $\epsilon = 0.01 - 0.03$ ).

Етакловчи ғилдиракдан етакланувчи ғилдиракка айлана  $F$  кучни узатиш учун ғилдираклар бир-бирига  $Q = kF / f$  куч билан сиқиб қўйилиши лозим.

$f$  — ишқаланиш коэффициенти:

$$(f = 0,15 - 0,2).$$

$K$  — эҳтиёт коэффициенти. ( $K = 1,25 \dots 1,5$ ).

### Фрикцион узатмаларни ҳисоблаш тартиби

а) Цилиндрик ғилдиракли узатмаларни ҳисоблаш.

Етакловчи ғилдирак диаметри аниқланади:  $D \geq (4 \dots 5)d_1$

$d_1$  — етакловчи валнинг диаметри.

$$d_1 = (130 \dots 150) \sqrt[3]{N_1 / n_1} \text{ мм.}$$

$N_1$  — етакловчи валдаги қувват, кВт.

$n_1$  — етакловчи валнинг айланиш частотаси.

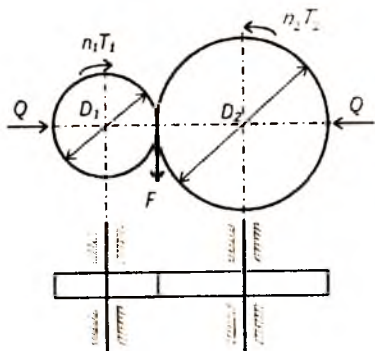
Етакланувчи ғилдиракнинг диаметри:

$$D_2 = u \cdot D_1 (1 - \epsilon) \approx u \cdot D_1$$

Сиқувчи куч топилади:

$$Q = K \cdot F / f = K \cdot 2 \cdot T / D_1 \cdot f = K \cdot 2 \cdot 9550 \cdot N_1 / f \cdot D_1 \cdot n_1 = K \cdot 19100 \cdot N_2 / f \cdot D_2 \cdot n_2 \cdot \eta, \text{ Н}$$

$D_1$  ва  $D_2$  метр ҳисобида.





Гилдиракнинг эни  $b = Q/[p]$

$[p]$  – узунлик бирлигига рухсат этилган босим.  $b_{\max} \leq D_1$

б) Конуссимон гилдиракли узатмаларни ҳисоблаш :

$$U = n_1 / n_2 = D_2 / D_1 = d_{2yp} / d_{1yp} = \operatorname{tg} \delta_2 = \operatorname{ctg} \delta_1.$$

1. Етакловчи гилдиракнинг ўрта диаметри аниқланади:

$d_{\beta 1} = (130 \dots 150) \sqrt[3]{N_1 / n_1}$ , мм  $d_{\beta 1}$  — биринчи валнинг диаметри.

$$d_{1yp} = (2 \dots 6) d_{\beta 1}$$

2. Айланиш тезлиги:  $v = \pi d_{1yp} \cdot n_1 / 60 \cdot 1000$ , м/с

айлана куч  $F = 10^3 N/v$ , Н

3. Гилдираклар таянчига тушадиган куч аниқланади:

$$S_1 = Q \cdot \sin \delta_1 = kF \cdot \sin \delta_1 / f; \quad S_2 = Q \cdot \sin \delta_2 = kF \cdot \sin \delta_2 / f;$$

$$Q = kF / f; \quad b = Q/[p]$$

### Фрикцион узатмаларни контакт кучланиш бўйича ҳисоблаш.

Узатманинг гилдираклари бир-бирига деярли бир чизиқ бўйлаб уринади. Бундай сирт контакт сирт дейилади. Контакт сиртда  $Q$  кучдан контакт кучланиш ҳосил бўлади.

$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{QE_v / b\rho_v} \leq \sigma_{H\rho}. \quad (1)$$

$$E_v = 2E_1 E_2 / E_1 + E_2 \quad (2)$$

$E_v$  — келтирилган эластиклик модули;  $\rho_v$  — келтирилган эгрилик радиуси;  $b$  — контакт чизигининг узунлиги;  $Q$  — сиқувчи куч;  $\sigma_{H\rho}$  — рухсат этилган контакт кучланиш.

$$\rho_v = \rho_1 \rho_2 / \rho_2 \pm \rho_1 = D_1 D_2 / 2(D_2 \pm D_1) = D_2 / 2(u \pm 1) \quad (3)$$

Ўқлараро масофа.

$$\text{бундан } a = D_2 / 2 \pm D_1 / 2 = (u \pm 1) D_1 / 2 = (u \pm 1) D_2 / 2u,$$

$$D_2 = 2au / (u \pm 1) \quad (4)$$

эканлигини эътиборга олиб, сиқувчи куч  $Q$  ни аниқлаймиз.

$$Q = 9550 K \cdot N_1 (u \pm 1) / f \cdot n_2 \cdot a \cdot u, \text{ Н} \quad (5)$$

(5) ни (1) га қўйсақ

$$\psi = b/a,$$

яъни  $b = a\psi$  деб олиб, ҳосил бўлган тенгламани  $a$  га нисбатан ечсақ, фрикцион узатмаларни контакт кучланиши бўйича лойиҳалашда зарур бўлган формула ҳосил бўлади:

$$a = (u \pm 1) \sqrt[3]{E_v \cdot K / \psi f \cdot N_1 / n_2 \cdot (40 / u \cdot \sigma_{нр})^2}, \text{ см} \quad (6)$$

$\psi = 0,2 \dots 0,4$  — филдирак энини белгиловчи коэффициент.

### Вариаторлар

Энг оддий вариатор бирининг сирти иккинчисининг ён ёғига тегиб ҳаракатланадиган икки филдиракдан тузилган фрикцион узатмадир.

$$U_{\max} = n_1 / n_{2\min} = D_{2\max} / D_1,$$

$$U_{\min} = n_1 / n_{2\max} = D_{2\min} / D_1.$$

Узатиш сонининг энг катта қийматининг энг кичик қийматига нисбати бошқариш даражаси деб аталади.

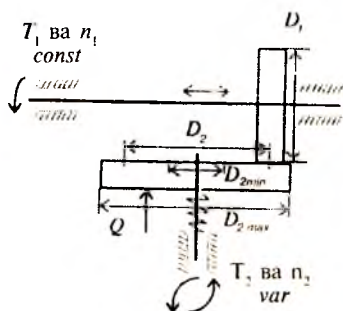
$$R = U_{\max} / U_{\min} = n_{2\max} / n_{2\min} = D_{2\max} / D_{1\min}.$$

### 22. ТАСМАЛИ УЗАТМАЛАР

Етакловчи шкивдан ҳаракат ва энергия етакланувчи шкивга тасма орқали ишқаланиш кучи ҳисобига узатилади.

Тасмали узатмаларнинг афзалликлари:

1. Ҳаракатни нисбатан узоқ масофага узатиш мумкин.
2. Шовқинсиз ва равон ишлайди.
3. Нагрузканинг қиймати тўсатдан ортиб, зарб билан таъсир қила бошласа, машинанинг асосий қисмларини синиб кетишдан сақлайди, тасма шкивда сирпана бошлайди.



4. Оддий тузилган.
5. Унча қиммат турмайди.

Тасмали узатмаларнинг камчиликлари:

1. Тасманинг шкив сиртида сирпаниши туфайли узатиш сони ўзгарувчан.
2. Ташқи ўлчамлари катта.
3. Вал ва таянчга тушадиган куч нисбатан катта.
4. Тасманинг чидамлилиги нисбатан кичик (1000 — 5000 соат).

Тасмали узатмаларда узатиш сони  $u = 15$  гача, тезлиги  $v = 25$  м/с, қуввати  $N = 50$  кВт.

Тасманинг кўндаланг кесими ясси, понасимон ва доирасимон бўлади. Ҳозирги пайтда тишли тасмалар ҳам ишлатилапти.



ясси



понасимон



доирасимон



тишли

### Узатмаларнинг кинематикаси

Шкивлардаги айлана тезликлар:

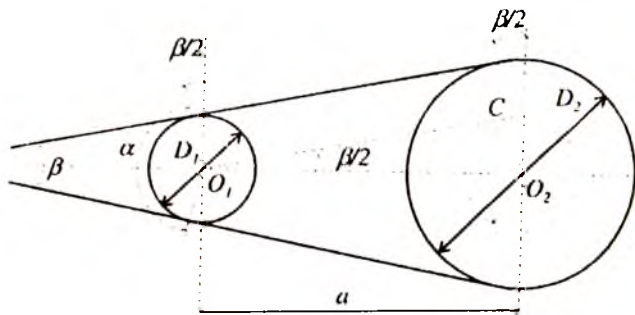
$$v_1 = \pi D_1 n_1 / (60 \cdot 1000) \text{ м/с}; \quad v_2 = \pi D_2 n_2 / (60 \cdot 1000) \text{ м/с};$$

$$v_1 < v_2 \text{ ёки } v_2 = v_1 (1 - \epsilon) \text{ м/с};$$

$$u = n_1 / n_2 = v_1 D_2 / v_2 D_1 = D_2 / (d_1 (1 - \epsilon));$$

$\epsilon = 0,01 - 0,02$  сирпаниш коэффициентлари.

### Тасмали узатмаларнинг геометрияси



$$\alpha = 180^\circ - \beta$$

$O_1CO_2$  учбурчакдан  $\sin(\beta/2) = (D_2 - D_1)/2a = CO_2/O_1O_2$ .

Амалда  $\beta/2$  нинг қиймати  $15^\circ$  дан катта бўлмагани учун синуснинг қийматини унинг аргументига тенг қилиб олиш мумкин.

$$\beta = (D_2 - D_1)/a \text{ рад} = (D_2 - D_1)/a \cdot 57^\circ.$$

Шундай қилиб  $\alpha = 180^\circ - (D_2 - D_1)/a \cdot 57^\circ$ .

$$\text{Тасманинг умумий узунлиги } l = 2a \cos(\beta/2) + D_1(\pi - \beta)/2 + D_2(\pi + \beta)/2.$$

Косинусни қаторга ёйиб, биринчи икки ҳади олинса ва  $\beta$  ни аввалги қийматини қўйиб соддалаштирилса,

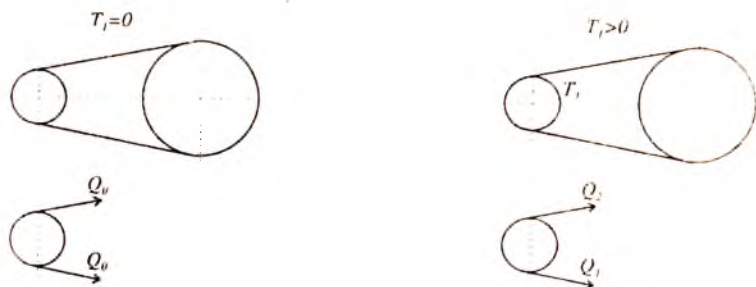
$$l = 2a + (D_2 + D_1)\pi/2 + (D_2 - D_1)^2/4a.$$

Агарда тасманинг узунлиги маълум бўлса (понасимон тасмаларда) зарур бўлган марказлараро масофа:

$$a = \frac{\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 8\Delta^2}}{4}.$$

$$\lambda = l - \pi D_{\text{ср}}; \quad D_{\text{ср}} = (D_1 + D_2)/2; \quad \Delta = (D_2 - D_1)/2.$$

Тасма тармоқларидаги кучлар ва улар орасидаги муносабат.



Тасма шкивларга маълум таранглик билан кийдирилади. Фақат таранглик кучи  $Q_0$  бор. Агар узатма ҳаракатга келтирилиб унга нагрузка берилса, у ҳолда тасмани етакловчи (пастки) қисми тортилади ва унинг таранглиги  $Q_1$ , етакланувчи қисми эса қисқаради, таранглиги  $Q_2$ .

$$Q_1 = F \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1} \text{ — Эйлер формуласи.}$$

$$Q_2 = \frac{1}{e^{f\alpha} - 1}; Q_0 = \frac{F}{2} \left( \frac{e^{f\alpha} + 1}{e^{f\alpha} - 1} \right)$$

бу ерда:  $F$  — айлана куч,  $e$  — натурал логарифм асоси,  $f$  — ишқаланиш коэффициенти,  $\alpha$  — қамров бурчаги.

Агар,  $Q_0 < \frac{F}{2} \left( \frac{e^{f\alpha} + 1}{e^{f\alpha} - 1} \right)$  бўлса, узатмада тўла сирпаниш бўлади.  $f$  ва  $\alpha$  ортиши билан узатма яхши ишлайди.

Марказдан қочирма куч  $Q_v = \frac{q}{g} v^2$

$q = \gamma b \delta$  — 1 метр тасманинг оғирлиги;  $\gamma$  — солиштирма оғирлик;  $b$  — эни;  $\delta$  — қалинлиги.

Вал ва таянчга тушаётган куч тенг таъсир этувчиси.

$$R = 2Q_0 \cos\left(\frac{\beta}{2}\right), R = 3F$$

### Тасмадаги кучланишлар

$Q_1$  — таранглик кучидан ҳосил бўлган  $\sigma_1 = Q_1/S$ .

$Q_v$  — марказдан қочирма кучдан ҳосил бўлган  $\sigma_v = Q_v/S$ .

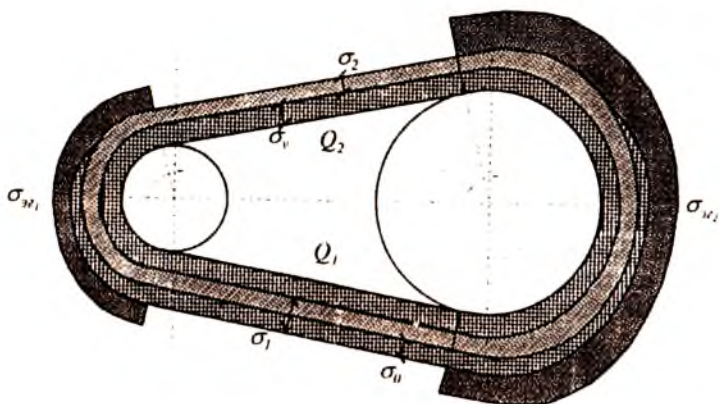
Тасма тармоқларидаги кучланишлар эпюраси.

Тасма шкивни қамраб турган жойида ҳосил бўладиган эгувчи кучланиш:

$$\sigma_{\kappa} = \delta E/D$$

$S = b\delta$  — тасманинг кўндаланг кесими.

Фойдали кучланиш  $\sigma_f = F/S$ ,  $F$  — айлана куч.



Тасманинг 1 секундда шкивни неча марта айланиб ўтиши:  $i = v/l$

$v$  — айлана тезлик, м/с;

$l$  — тасма узунлиги, м.

Ясси тасмалар учун  $i \leq 3 - 5$ .

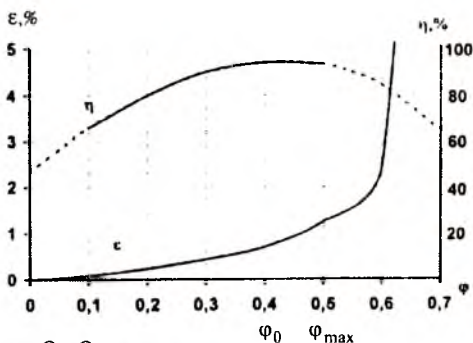
Понасимон тасмалар учун  $i \leq 10 - 20$ .

### Тасмали узатмаларнинг сирпаниш коэффициенти ва фойдали иш коэффициенти эгри чизиқлари

Ҳозирги вақтда тасмали узатманинг юкланиш қобилияти сирпаниш ва ФИК эгри чизиқлари асосида баҳоланади.

Графикда ордината ўқига сирпаниш коэффициенти  $\epsilon$  ва ФИК  $\eta$  абсцисса ўқига узатманинг тортиш коэффициенти  $\varphi$  орқали ифодаланган юкланиши қўйилади.

Тортиш коэффициенти:



$$\varphi = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1 + Q_2} = \frac{F}{2Q_0}$$

$$\varphi = \frac{F}{2Q_0} = \frac{F/S}{2Q_0/S} = \frac{\sigma_F}{2\sigma_0}$$

$\sigma_F$  — фойдали кучланиш;

$\sigma_0$  — тасмани дастлабки таранглигидан ҳосил бўлган кучланиш.

Тасмали узатма учун рухсат этилган кучланиш:

$$[\sigma_F] = [\sigma_F]_0 \cdot C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3$$

$[\sigma_F]_0$  — рухсат этилган фойдали кучланиш, жадвалда берилади;

$C_0$  — қамров бурчагини ҳисобга олувчи коэффициент;

$C_1$  — тезликнинг узатма ишига таъсирини ҳисобга олувчи коэффициент;

$C_2$  — ишлаш режимини ҳисобга олувчи коэффициент;

$C_3$  — узатманинг горизонтал текисликка нисбатан жойлашувини ва тасмани таранглаш усулини ҳисобга олувчи коэффициент.

## 23. ТИШЛИ УЗАТМАЛАР

### *Умумий маълумотлар*

Ҳаракатни бир валдан иккинчи валга тишли филдирақлар воситасида узатиш механизми тишли узатма дейилади.

Тишли филдирақлар диаметри 1 мм дан бир неча м га етади. Валларнинг ўқларини бир-бирига нисбатан жойлашувига қараб тишли узатмалар қуйидаги турларга бўлинади:

- вал ўқлари ўзаро параллел цилиндрик филдирақли;
- вал ўқлари ўзаро кесишувчи конуссимон филдирақли;
- валларининг ўқлари айқаш винтавий филдирақли ва гипоид конуссимон филдирақли;
- червякли узатмалар.

Тишларнинг филдирақ сиртида жойлашувига қараб тўғри тишли, қия тишли, айланавий тишли филдирақлар деб аталади.

Тиш профилининг шаклига кўра эвольвента, айлана ёйилмаси ва циклоида бўйича илашадиган турларга бўлинади.

### *Тишли узатмаларнинг афзалликлари:*

- тезлик 150 м/с, қувват бир неча минг, узатиш сони бир неча юзга етади;
- сиртқи ўлчамлари нисбатан кичик;
- таянчга унча катта куч тушмайди;
- ФИК юқори (0,97—0,98);
- узатиш сонига сирпаниш ҳодисаси таъсир этмайди;
- ишлаши ишончли, чидамлилиги катта;
- хилма-хил материалларда фойдаланиш мумкин.

### *Тишли узатмаларнинг камчилиги*

- тайёрланиши нисбатан мураккаб;
- ишлаётган вақтда, айниқса катта тезликда шовқин чиқади;
- зарб билан таъсир этувчи кучларнинг зарари сезилади.

### *Узатманинг геометрияси ва кинематикаси*

$d_1$  ва  $d_2$  — шестерня ва филдирақ бўлиш айланалари диаметри;  $d_{w1}$  ва  $d_{w2}$  — шестерня ва филдирақ бошланғич айланалари диаметри;  $P_1$  — тишларни айлана қадами;  $h$  — тиш-

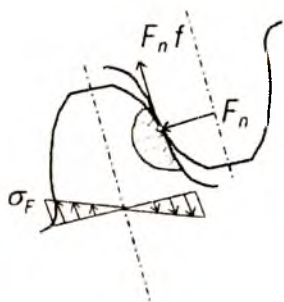




## Тишли узатмаларнинг ишлаш қобилияти ва уларнинг емирилиши

Илашишда бўлган тишларга асосан иккита куч таъсир этади: бири илашиш чизиғи бўйлаб, тишларнинг эвольвентавий сиртларига тик йўналган  $F_n$  куч

$$F_n = 2T_1/d_{h1}$$



Иккинчиси тишлар орасида сирпаниш ҳодисаси рўй беришидан ҳосил бўладиган ишқаланиш кучи  $P = F_n f$ .

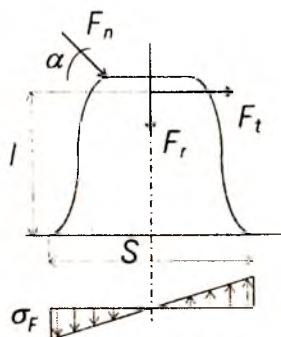
Бу кучлардан контакт кучланиш  $\sigma_H$  ва эғувчи кучланиш  $\sigma_F$  ҳосил бўлади.

Тиш сирти қуйидаги ҳолларда емирилиши мумкин:

1. Толиқиш оқибатида уваланиб кетиши.
2. Абразив заррачалар таъсирида ейилиши.
3. Катта нагрузкада ишлаётганда бир филдирак тиши сиртининг иккинчи филдирак сиртига ёпишиб қолиши.
4. Пластик деформацияланиш оқибатида силжиши; Термик ишланган тишлар сиртқи қаттиқ қатламларнинг кўчиб кетиш ҳоллари.

### 24. ТУҒРИ ТИШЛИ ЦИЛИНДРИК ФИЛДИРАК ТИШЛАРИНИ ЭГУВЧИ ВА КОНТАКТ КУЧЛАНИШ БЎЙИЧА ҲИСОБЛАШ

$$F_t = 2T_1/d_1; F_r = F_t \operatorname{tg} \alpha; F_n = F_t / \cos \alpha$$



Тишлар эғувчи кучланиш бўйича ҳисоблашда куч тиш учига қўйилади деб фараз қилинади.

Ҳисобий эғувчи кучланиш:

$$\sigma_F = Y_F \omega_{Ft} / m \leq \sigma_{Fp}$$

$$w_{Ft} = (F_t \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \cdot K_{F\alpha}) / b_w$$

$w_{Ft}$  — солиштирма айлана кучнинг ҳисобий қиймати, н/мм.

$K_{FB}$  — эгилишда нагруканинг нотекис коэффициенти, вал таянчининг деформацияланиши туфайли нагруканинг тиш узунлиги буйлаб тақсимланишини эътиборга олувчи коэффициент;

$K_{Fv}$  — эгилишда нагруканинг динамикавий коэффициент;

$K_{Fa}$  — нагруканинг тишлараро тақсимланишини эътиборга олувчи коэффициент;

$b_w$  — тиш узунлиги (ёки тўғри тишли филдираклар учун филдиракнинг эни);

$Y_F$  — тиш шаклининг коэффициент;

$m$  — илашиш модули;

$\sigma_{FP}$  — эгувчи кучланиш буйича чидамликка ҳисоблашдаги рухсат этилган кучланиш, МПа.

### Қия тишли цилиндрик узатмани эгувчи кучланиш буйича ҳисоблаш

$$\sigma_F = Y_F Y_\epsilon Y_\beta w_{Fr} / m \leq \sigma_{FP}$$

$Y_\beta \approx \cos \beta$  — тишларнинг қиялигини эътиборга олувчи коэффициент;

$Y_\epsilon$  — тишларнинг қопланишини эътиборга олувчи коэффициент.

### Тўғри тишли цилиндрик тишларни контакт кучланиш буйича ҳисоблаш

Икки цилиндр орасидаги контакт кучланишнинг қийматини биринчи бўлиб Г. Герц топган.

Контакт кучланишнинг ҳисобий қиймати.



$$\sigma_H = z_H z_m z_\epsilon \sqrt{W_m (u \pm 1 / d_{wl} \cdot u \leq \sigma_{HP}}$$

$z_H$  — илашишда бўлган тиш сиртларининг шаклини эътиборга олувчи коэффициент;

$z_m$  — илашишда ҳосил бўлган филдирак материалларининг механикавий хоссаларини эътиборга олувчи коэффициент;

$z_\epsilon$  — контакт чизигининг умумий узунлигини эътиборга олувчи коэффициент;

$d_{wl}$  — шестерня бошланғич айланаси диаметри;

$u$  — узатиш сони.

(1) формуладаги  $w_{нл}$  ни  $F_1$  билан,  $F_1$  ни  $T_1$  билан,  $T_1$  ни  $T_2/u$  билан,  $dw_1$  ни  $2a_w(u \pm 1)$  билан алмаштириб,  $\psi_{ba} = v_w/a_w$  эканлигини эътиборга олиб

$\sqrt[3]{(z_i z_m z_e)^2 0,5 K_{iv} \cdot K_{ix} = K_a}$  деб белгилаб, асосий формулани  $a_w$  га нисбатан ечсак, қуйидаги келиб чиқади

$$a_w = K_a(u \pm 1) \sqrt[3]{T_2 K_{нб} / u^2 \cdot \sigma_{нр}^2 \psi_{ba}}$$

$K$  нинг қиймати жадвалдан олинади.

$K_{нб}$  — нагруканинг ғилдирак эни бўйлаб тақсимланишини эътиборга олувчи коэффициент.

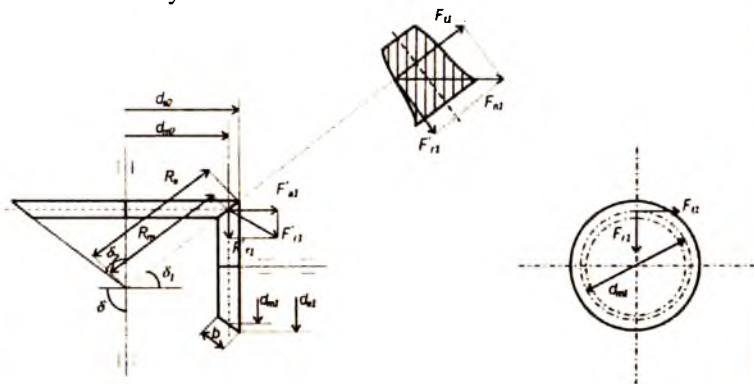
$\psi_{ba} = 2\psi_{bd} / (u \pm 1)$  — ғилдирак энининг марказлараро масофа бўйича коэффициенти;

$\psi_{bd} = b_w / d$  — ғилдирак энининг диаметрга нисбатини ифодаловчи коэффициент.  $a_w = 0,5_m (Z_1 + Z_2)$  бўлиши шарт.

## 25. КОНУССИМОН ҒИЛДИРАКЛИ УЗАТМАЛАР

Валларнинг геометрик ўқлари ихтиёрий  $\delta$  бурчак билан кесишган ҳолларда конуссимон ғилдираклардан фойдаланилади. Кўпинча  $\delta = 90^\circ$ . Вал ўқларининг ўзаро кесишуви уларнинг таянчлар жойлаштиришни қийинлаштиради ва ғилдиракларнинг бири фақат бир томондан жойлашган таянчларга ўрнатилади. Бу ҳол узатманинг ишлашида тишларга таъсир этувчи кучларнинг нотекис тақсимланишига, бу эса қўшимча динамикавий кучларнинг пайдо бўлишига сабаб бўлади. Бундан ташқари, конуссимон узатмаларда вал ўқи бўйлаб йўналган кучнинг қиймати катта бўлиб, бу ҳол таянчларнинг тузилишини мураккаблаштиради.

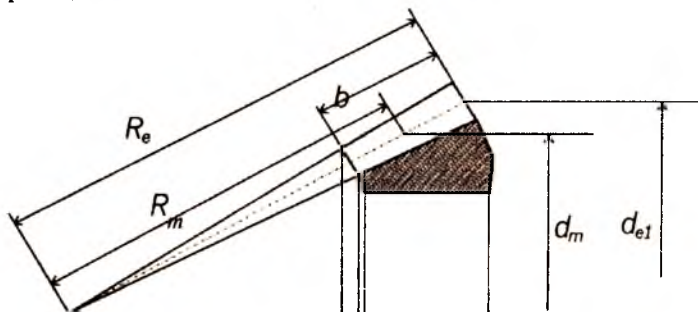
Узатмани узатиш сони



$$u = w_1/w_2 = n_1/n_2 = d_2/d_1 = z_2/z_1 = \sin \delta_2 / \sin \delta_1$$

Ўқлар орасидаги бурчак  $90^\circ$  бўлса  $u = \operatorname{tg} \delta_2 = \operatorname{ctg} \delta_1$

Узатманинг валларига айлана  $F_t$  куч, радиал  $F_r$  куч ва вал ўқи бўйлаб йўналган  $F_a$  куч тиш йўналишига тик таъсир этади.



Бу куч ташкил этувчиларга ажратилса, бири айлана куч  $F_t$  ни, иккинчиси  $F_a$  ва  $F_r$  нинг умумий таъсир этувчиси  $F'_{rl}$  ни ҳосил қилади

$$F_t = 2 T_1 / d m_1;$$

$$F_{nl} = F_{tl} / \cos \alpha;$$

$$F'_{rl} = F_{tl} \operatorname{tg} \alpha.$$

$$d_{e1} = m_{te} z_1; \quad d_{e2} = m_{te} z_2;$$

$$m_{te} = m_{tm} R_e / (R_e - 0,5b_w);$$

$$R_e = d_{e1} / 2 \sin \delta_1 = d_{e2} / 2 \sin \delta_2; \quad d_{m1} = (R_e - 0,5b_w) d_{e1} / R_e.$$

$R_e$  — конус ясовчисининг узунлиги;

$d_{e1}$  ва  $d_{e2}$  — шестерня ва филдирак бўлиш айланалари диаметри;

$m_{te}$  — тишнинг сиртқи (кенг) томонидан аниқланган модуль;

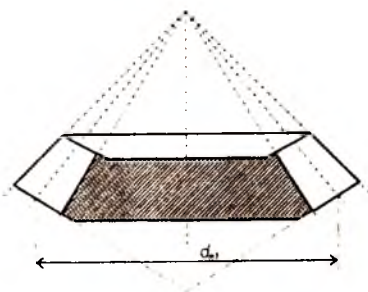
$m_{tm}$  — ўрта диаметр бўйлаб аниқланган модуль.

**Тўғри тишли конуссимои филдирак узатмаларни эгувчи ва контакт кучланиши бўйича ҳисоблаш**

$$\sigma_F = Y_F w_{Ft} / (0,85 m_{tm}) \leq \sigma_{Fp}$$

$w_{Ft}$  — ҳисобий солиштирма айлана куч;

$Y_F$  — тиш шаклининг коэффиценти;



0,85 — конуссимон филдиракларнинг юкланиш қобилияти цилиндрик филдиракларникига қараганда камлигини эътиборга олувчи коэффициент;

$m_m$  — тишнинг ўрта кесими бўйлаб олинган модуль.

$Y_F$  нинг қиймати эквивалент филдиракнинг тишлари сонига қараб олинади.

$$z_{v1} = z_1 / \cos \delta_1; \quad z_{v2} = z_2 / \cos \delta_2; \quad d_{vel} = d_{e1} / \cos \delta_1$$

$\phi_1$  — қўшимча конуснинг бурчаги.

Контакт кучланиш бўйича ҳисоблаймиз.

$$\sigma_H = z_H z_m z_\varepsilon \sqrt{w_H \sqrt{u^2 + 1} / 0,85 d_{m1} \cdot u} \leq \sigma_{HP}$$

Ташқи конуслик масофа  $R_e$

$$R_c = K_R \sqrt{u^2 + 1} \sqrt[3]{(T_1 \cdot K_{HB}) / [(1 - 0,5\psi_{be}) \sigma_{ip}]^2 \psi_{be} \cdot u}, \text{ мм}$$

$K_R$  — ёрдамчи коэффициент жадвалдан олинади;

$K_{HB}$  — конуссимон филдирак эни бўйлаб юкланишнинг тақсимланишини эътиборга олувчи коэффициент, графикдан олинади;

$\psi_{be} \leq 0,3$  — филдирак энининг конуслик масофасига нисбатани ифодаловчи коэффициент

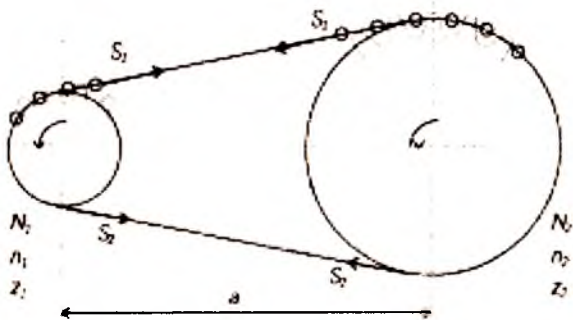
$d_{e1}$  ва  $d_{e2}$  нинг аниқ миқдори топилгандан кейин  $R_e$  нинг қиймати текшириб кўрилади.

$$R_e = \sqrt{(d_{e1}/2)^2 + (d_{e2}/2)^2}.$$

## 26. ЗАНЖИРЛИ УЗАТМАЛАР

Занжирли узатма иккита тишли филдирак (юлдузча) ва занжирдан тузилган бўлади.

Машинасозликда занжирли узатмалар юритма, юк ташиш ва тортиш механизмларида ишлатилади. Юк ташишда ишлатиладиган занжирнинг қадами  $t$  ( $t = 15 - 140 \text{ мм}$ ).



Тортиш учун мўлжалланган занжирлар, элеватор, конвейер ва эскалаторларда ишлатилади. Бундай занжирнинг қадами ( $t = 60 - 1250 \text{ мм}$ ).

Амалий механика курсида асосан дастгоҳларда, қишлоқ хўжалиги машиналарида кенг тарқалган ва ҳаракатга келтирувчи механизм сифатида ишлатиладиган занжирли узатмалар ўрганилади.

Занжирли узатмалар занжирнинг турига қараб втулкали, втулка-роликли ва тишли хилларга бўлинади, занжирларнинг сонига қараб эса бир қаторли ёки бир неча қаторли бўлади.

Занжирли узатмаларнинг афзалликлари:

1. Ҳаракатни нисбатан узоқ масофага узата олади, валлар орасида масофа 5 м га етади.

2. ФИК юқори.

3. Валларга тушадиган куч тасмали узатмаларга қараганда кичик.

4. Сирпаниш ҳодисаси рўй бермайди, узатиш сони ўзгармас.

Занжирли узатмаларнинг камчиликлари:

1. Таннархи юқори.

2. Юлдузчалар тайёрлаш мураккаб.

3. Эътибор билан қараб туришни ва синчиклаб монтаж қилишни талаб этади.

4. Занжир элементларини ейилиши звеноларни узунлигини ортишига ва қўшимча кучлар пайдо бўлиб, узатма нотекис ишлашига олиб келади.

Узатманинг қуввати:  $N = F_v \cdot v / 1000, \text{ кВт}$ .

Занжирли узатмалар қуввати 100 кВт гача бўлган валлар орасида ишлатилади.

Бундан юқори қувватда тишли узатмага нисбатан тан-  
нархи қиммат бўлади.

Узатманинг тезлиги:  $v = z \cdot t \cdot n/60 \cdot 1000$ , м/с.

$z$  — юлдузча тишларининг сони;

$t$  — занжирнинг қадами;

$n$  — юлдузчанинг айланиш частотаси, мин<sup>-1</sup>;

$v = 10$  м/с гача,  $n=500$  мин<sup>-1</sup> гача бўлади, айрим ҳол-  
ларда эса 3500 мин<sup>-1</sup> гача бўлади.

Узатманинг узатиш сони:  $u = n_1/n_2 = z_2/z_1$ ,  $u = 10$  гача  
бўлади.

Занжирли узатманинг ФИК:  $\eta = 0,96-0,98$ .

Марказлараро масофа:  $a_{\min} = D_{T1} + D_{T2}/2 + (30 \div 50)$  мм.

$D_{T1}$  ва  $D_{T2}$  — юлдузчаларнинг сиртқи диаметрлари.

Занжирнинг чидамлилигини таъминлаш учун

$a = (30 \div 50) \cdot t$  қилиб олиш тавсия этилади.

Занжирнинг узунлиги:

$$L_t = 2a/t + (z_1 + z_2)/2 + ((z_2 - z_1)/2\pi)^2 \cdot t/a$$

$L_t$  га қараб  $a$  нинг қиймати қайтадан аниқланади.

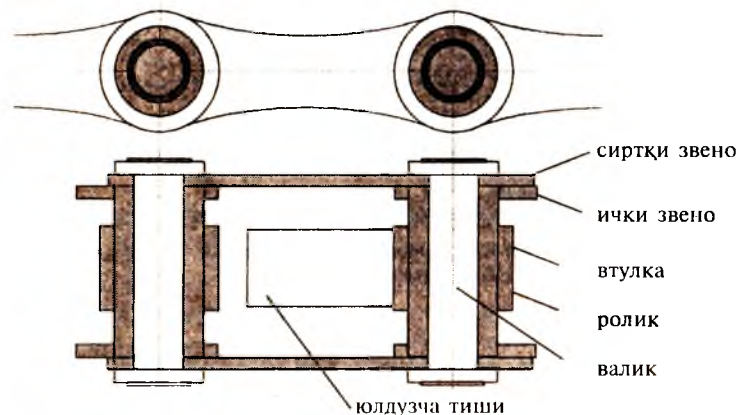
$$a = t/4 \left[ L_t - (z_1 + z_2)/2 + \sqrt{(L_t - (z_1 + z_2)/2)^2 - 8 \cdot ((z_2 - z_1)/2\pi)^2} \right]$$

### Втулка-роликли занжирнинг тузилиши

Узатмада ҳосил бўладиган кучлар.

$s_1$  — занжирнинг етакловчи тармоғидаги куч;

$s_2$  — занжирнинг етакланувчи тармоғидаги куч;



$F_t$  — айлана куч.

$$F_t = s_1 - s_2$$

Марказдан қочма куч таъсиридан ҳосил бўладиган куч:

$$S_v = qv^2$$

$q$  — 1 метр занжирнинг массаси, кг/м;

$v$  — айлана тезлик, м/с.

Занжирли узатмада занжирнинг ўз оғирлигидан унинг тармогида ҳосил бўладиган таранглик кучи дастлабки таранглик кучи дейилади:

$$s_0 = K_f a q g$$

$g$  — оғирлик кучининг тезланиши, м/с<sup>2</sup>;

$a$  — марказлараро масофа;

$K_f$  — салқилик коэффиценти (горизонтал текисликка нисбатан жойлашув ва салқиликка боғлиқ);

$K_f = 6$  бўлса узатма горизонтал,

$K_f = 3$  бўлса горизонтга нисбатан 40° бурчак остида,

$K_f = 1$  бўлса вертикал жойлашган бўлади.

Узатмадаги валларга тушадиган куч занжирнинг оғирлиги ҳисобига айлана кучдан биров каттароқ бўлади:

$$F_b = K_b F_t$$

$K_b$  — валнинг нагрузка коэффиценти.

$K_b = 1,05$  бўлса узатма горизонтга нисбатан 40° дан ортиқ бурчак остида,

$K_b = 1,15$  бўлса горизонтга нисбатан 40° гача бурчак остида жойлашган бўлади.

Занжир тармоқларининг хусусий тебраниш частотаси:

$$f_0 = 1/2L\sqrt{s/q} \approx 1/2a\sqrt{s_1/q} \text{ с}^{-1}$$

$L = a$  — занжирнинг эркин тебрнадиган қисми узунлиги, м;

$s = s_1$  — таранглик кучи, Н;

$q$  — 1 метр занжирнинг массаси, кг/м.

Мажбурий тебранишлар частотаси занжирнинг юлдузча билан илашишга киришганда ҳосил бўладиган уринишлар частотасига, яъни  $n_1 z_1 / 60$  га тенг.

Бу икки частота қийматини ўзаро тенглаб, резонанс ҳодисаси содир бўладиган айланишлар сонини топиш мумкин:



$$n_0 = 60 f_0 / z_1 = 30 / z_1 a \sqrt{s_1 / q}, \text{ мин}^{-1}$$

Ишлаётган узатмада резонанс ҳодисаси рўй бермаслиги учун юлдузчаларнинг ҳақиқий айланиш частотаси  $n_0$ ,  $2n_0$ ,  $3n_0$ ... га тенг бўлиб қолмаслиги керак.

### Занжирли узатмаларнинг амалий ҳисоби

Ҳисобий қувватга қараб жадвалдан танланади

$$N_x = N_1 \cdot K_\gamma \cdot K_z \cdot K_n;$$

$$N_1 = F_t \cdot v / 1000 \text{ кВт}; \quad F_t = [P_0] \cdot d \cdot B / K_\varepsilon;$$

$$K_\gamma = K_d \cdot K_n \cdot K_c \cdot K_a \cdot K_l \cdot K_{\text{реж}}$$

$K_\varepsilon$  — Эксплуатация коэффициенти;

$K_d$  — нагруканинг динамикавий таъсирини ҳисобга олувчи коэффициент;

$K_n$  — узатманинг горизонтал текисликка нисбатан жойлашувини ҳисобга олувчи коэффициент;

$K_c$  — мойлашни ҳисобга олувчи коэффициент;

$K_a$  — марказлараро масофани ҳисобга олувчи коэффициент;

$K_l$  — занжир таранглигини созлаш усулини эътиборга олувчи коэффициент;

$K_{\text{реж}}$  — иш режимини эътиборга олувчи коэффициент;

$K_z = z_{01} / z_1$  — юлдузча тишларини ҳисобга олувчи коэффициент.

$K_n = n_{01} / n_1$  — айланишлар частотасини ҳисобга олувчи коэффициент.

$z_{01}$  — жадвал тузиш учун асос қилиб олинган узатмадаги кичик юлдузчанинг тишлари сони.  $z_{01} = 25$  деб қабул қилинган;

$n_{01}$  — шу юлдузчанинг айланиш частотаси, жадвалда келтирилган айланишлар частотасининг қайси бири ҳисобланаётган узатмадаги  $n_1$  га яқин бўлса шуниси қабул қилинади.

## 27. ЧЕРВЯКЛИ УЗАТМАЛАР

### Умумий маълумотлар

Червякли узатмалар валларнинг ўқлари айқаш бўлган ҳолларда ишлатилади. Червякли узатманинг ишлаш

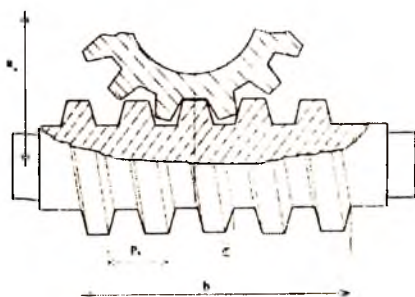
принципи винтли жуфт-нинг ишлаш принципи кабидир. Червякли узатмаларнинг *афзалликлари*:

1. Тузилиши оддий, ўзи ихчам бўлиб, бир поғонани ўзида узатиш сони катта.

2. Равон ва шовқинсиз ишлайди.

3. Ўзи тормозланадиган қилиб тайёрлаш мумкин.

4. Ишончли ишлайди.



*Камчиликлари*:

1. ФИК нисбатан кичик.

2. Филдирак тишлари тез ейилади.

3. Филдирак учун қимматбаҳо металл (бронза) ишлатилади.

Червякли узатмалар **червяк танасининг тузилишига** қараб: цилиндрик ва глобоидал;

Червяк **ўрамларининг сонига** қараб: архимед, эвольвента, конволюта шаклида;

Червякнинг **филдиракка нисбатан эгаллаган ўрнига** қараб: червяги пастда, ёнида, тепада жойлашган турларга бўлинади.

Агар червяк ўз ўқиға тик текислик билан кесилганда ҳосил бўлган шаклнинг изи Архимед спиралига ўхшаса, бу червяк *Архимед червяги* деб, агар ҳосил бўлган из эвольвентага ўхшаш бўлса, *эвольвентавий червяк* деб аталади. Ҳосил бўлган шаклни изи қисқартирилган ёки чўзилган эвольвентага ўхшаш бўлса, бундай червяк *конволютавий червяк* дейилади.

Архимед червяги ўз ўқи бўйлаб ўтадиган текислик билан кесилса, ҳосил бўлган ўрам профили (кўндаланг кесими) тенг ёнли трапеция шаклида бўлади.

Ўрам профили учун худди шу хилдаги трапеция эвольвентавий червяк унинг асосий айланасига уринма текислик билан кесилганда ва конволютавий червяк ўрам йўналишига тик текислик билан кесилганда ҳосил бўлади.

## Узатманинг геометрияси ва кинематикаси

Червякли узатмаларда ҳам тишли узатмалардагидек бошланғич, бўлиш, ички ва ташқи диаметрлар узатманинг асосий геометрик параметрларидир. Илашманинг қадами сифатида  $P_x$ , модул сифатида эса шу  $P_x$  қадамнинг  $\pi$  га нисбати олинади.

Киримлар сони  $z_1 = 1 \div 4$ .

$\alpha = 20^\circ$  ўқ бўйлаб ўтказилган кесимдаги профил бурчаги;

$m = P_x/\pi$  — ўқ бўйича аниқланган модул;

$q = d_f/m$  — червякнинг нисбий диаметри;

$d_1 = qm$  — бўлиш диаметри.

$d_{a1} = q_1 + 2m$  — сиртқи диаметри;

$d_{f1} = q_1 - 2,4m$  — ички диаметри.

Марказлараро масофа:  $a_w = 0,5 m (q + z_2)$ ;

$$2\delta = 100^\circ; z_2 \geq 28; u \neq d_2/d_1; u = n_1/n_2 = z_2/z_1;$$

Айлана тезлик:

$$v_1 = \pi d_1 n_1 / 60 \cdot 1000;$$

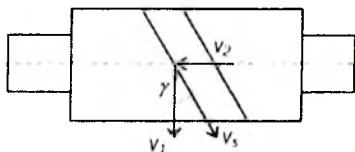
Сирпаниш тезлиги:  $v_s = v_1 / \cos \gamma$ ;  $tg \gamma = v_2 / v_1$ ;

$\gamma$  — червяк винтавий чизигининг кўтарилиш бурчаги.

Узатманинг ФИК:

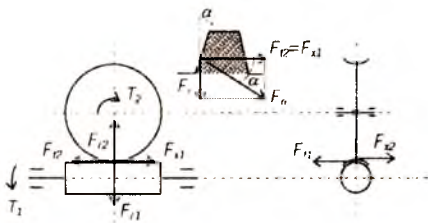
$$\eta = tg \gamma / tg(\gamma + \rho);$$

$\rho$  — ишқаланиш бурчаги.



### Червякли узатмада ҳосил бўладиган кучлар

Ишлаётган узатманинг червяк ва гилдирагида айлана, радиал ва ўқ бўйлаб йўналган кучлар пайдо бўлади. Червякдаги айлана куч миқдори жиҳатидан гилдиракдаги ўқ бўйлаб йўналган кучга тенг бўлади:



$$F_{11} = 2T_1/d_1 = F_{x2};$$

Узатмада радиал куч:

Моментлар:  $F_r = F_{r2} \cdot \operatorname{tg} \alpha;$

$$T_2 = T_j \cdot u \cdot h$$

### Узатмани контакт кучланиш бўйича ҳисоблаш

$$\sigma_H = 170 / (z_2/q) \sqrt{((z_2/q+1)/a_w)^3 T_2 K_H} \leq \sigma_{HP}, \text{ МПа ёки}$$

$$a_w = (z_2/q+1) \sqrt[3]{[170/(z_2/q) \sigma_{HP}]^2 \cdot T_2 K_H}, \text{ мм}$$

бу ерда:  $T_2$  — гилдиракдаги буровчи момент, Н · мм;  
 $K_H$  — юкланиш коэффиценти ( $K_H = K_v \cdot K_\beta = 1,1 \dots 1,4$ ).

### Узатмани эгувчи кучланишлар бўйича ҳисоблаш

$$\sigma_F = 0,7 Y_F w_{Fi} / m_n \leq \sigma_{Fp}$$

$w_{Fi}$  — гилдирак тишига таъсир этаётган солиштирма кучнинг ҳисобий қиймати;  $w_{Fi} = F_{i2} K_f / b_2$

$K_f$  — юкланиш коэффиценти (1,1—1,4);

$m_n$  — нормал модуль;  $m_n = m \cdot \cos \gamma;$

$Y_F$  — тиш шаклининг коэффиценти;

$Y_F$  нинг қиймати тишларнинг келтирилган сони  $z_v$  га қараб олинади:

$$z_v = z_2 / \cos^2 \gamma.$$

### Узатманинг қизишини текшириш

Узатмада ҳар секундда ҳосил бўладиган иссиқлик миқдори.

$$Q = (1 - \eta) \cdot N_1;$$

$N_1$  — узатиладиган қувват, вт;

$\eta$  — узатманинг ФИК.

Узатмада ҳосил бўладиган иссиқликнинг бир қисми узатманинг корпусини ҳаво билан совитиш орқали олиб кетилади. Олиб кетиладиган иссиқлик миқдори  $Q_1$ .

$$Q_1 = K_v (t_1 - t_0) \cdot s;$$

$s$  — ҳаво билан совитиладиган юза, м<sup>2</sup>;

$t_1$  — редуктор ичини ёки мойнинг температураси, °С;

$t_0$  — атроф-муҳитнинг (ҳавонинг) температураси, °С;

$K_v$  — иссиқлик чиқариш коэффиценти, Вт<sup>0</sup>С/м<sup>2</sup>;

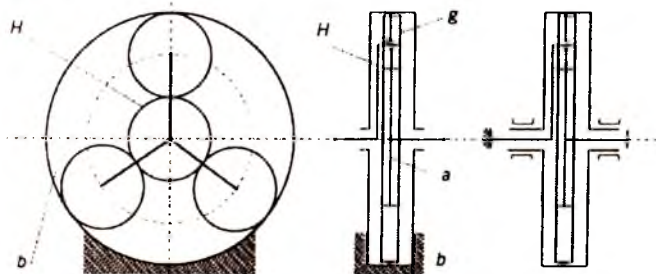
$K_v = 8-10$  вентиляция қилинмайдиган ёпиқ хоналар учун;

$\lambda_1 = 13-18$  шамоллатиб туриладиган хоналар учун.  
Узатманинг қизиқ кетмаслигини таъминлаш учун:

$$Q \leq Q_1.$$

## 28. ПЛАНЕТАР УЗАТМАЛАР

Таркибида қўзғалувчан ўққа ўрнатилган тишли филдираклари бўлган узатма планетар узатма дейилади.



Одатда бундай узатма марказий филдирак  $a$ , нинг атрофида волида  $H$  воситасида ўз ўқи билан бирга ҳаракатланадиган филдирак-сателлит  $g$  ҳамда асосий филдирак  $b$  дан тузилган бўлади.

Узатмадаги филдираклардан  $b$  қўзғалмас бўлганда ҳаракатни  $a$  дан  $H$  га ёки  $H$  дан  $a$  га;  $H$  қўзғалмас бўлганда эса  $a$  дан  $b$  га ёки  $b$  дан  $a$  га узатиш мумкин.

Агар узатмадаги ҳамма филдираклар қўзғалувчан бўлса  $b$  нинг ҳаракатини  $a$  га ва  $H$  га ёки  $a$  ва  $H$  нинг ҳаракатини  $b$  га узатиш мумкин, яъни планетар узатмаларда икки вал ҳаракатини битга валга ва аксинча бир вал ҳаракатини икки валга тақсимлаб узатиш имконияти мавжуд.

Планетар узатмаларнинг бундай хили дифференциал узатма дейилади. Бу планетар узатмаларнинг асосий афзалликларидан биридир. Узатмаларнинг яна бир афзаллиги шундаки, уларнинг оғирлиги нисбатан кам бўлиб анча ихчамдир. Бунинг сабаби қуйидагилардир:

1. Сателлитлар сони 1 дан 72 гача бўлиб, узатилаётган қувват улар орасида тақсимланади. Натижада ҳар бир тишга тушадиган нагрузка бир неча марта камаяди.

2. Узатиш сонининг катта бўлганлиги кўп поғонали узатмалар ишлатишдан воз кечишга имкон беради.

3. Узатманинг таркибида кўпинча ички тишли филдирак бўлганлигидан, узатма нагрузкасини янада ошириш имконияти туғилади.

4. Кўпинча сателлитлар марказий ғилдиракка нисбатан симметрик жойлашганликлари учун уларда бўладиган кучларнинг айримлари ўзаро мувозанатлашади, натижада таянчга тушадиган нагрузка камаяди. Бу ҳол бекорга сарфланадиган қувватни камайтириб, таянчларнинг тузилишини соддалаштиришга имкон беради.

Юқорида айтилганлардан ташқари, планетар узатмалар равон ва кам шовқин билан ишлайди.

Узатма таркибида анчагина деталлар бўлиши ва уларни тайёрлаш ҳамда йиғишда юқори аниқлик даражаси талаб этилганлиги планетар узатмаларнинг асосий камчилиги ҳисобланади.

### Узатманинг кинематикаси

Планетар узатманинг кинематикасини аниқлаш учун Виллис усулидан фойдаланилади. Бу усул водилонинг хаёлан тўхталишига асосланган. Агар чизмадаги планетар узатмада водило тўхтатиб қўйилган деб фараз қилинса, ҳаракат  $a$  ғилдиракдан паразит шестернялар орқали  $b$  га узатиладиган оддий механизм ҳосил бўлади. Бу механизм тишли ғилдиракларининг айланишлар частотаси водило тўхтатилмаган ҳолатдаги айланишлар частотаси билан тўхтатилган ҳолатдаги айланишлар частотаси айирмаси орқали ифодаланади.

Агар  $b$  қўзғалмас бўлиб, ҳаракат  $a$  дан  $N$  га узатилаётгандаги узатиш сонини  $i^b_{aH}$  билан белгиласак, у ҳолда  $i^b_{aH} = n_a/n_H = 1 + z_b/z_a$

### Планетар узатмаларнинг ҳисоби

Планетар узатмани ҳисоблаш учун оддий тишли узатмаларни ҳисоблашда ишлатиладиган формулалардан фойдаланилади. Бунинг учун илашишда бўлган икки ғилдирак бир поғонали узатма сифатида кўрилади. Одатда бир хил материалдан тайёрланган ички илашиш билан ишлайдиган узатмаларнинг мустақкамлиги доимо ташқи илашиш билан ишлайдиган узатмаларникидан ортиқ бўлади. Чунки илашишда бир эмас бир нечта тиш бўлади. Шунинг учун планетар узатмаларнинг ҳамма ғилдираклари бир хил материалдан тайёрланган бўлса, уларнинг марказий ғилдираги  $a$  ва сателлити  $g$  дан тузилган узатма ҳисобланса кифоя.

Илашмада ҳосил бўлган кичкина тишли ғилдирак диаметри  $d_p$ , контакт кучланиш асосида топилади:

$$d_1 = K_d \sqrt[3]{T_1 K_{\text{нр}} \cdot K_n (u \pm 1) / \psi_{bd} \sigma_{\text{нр}}^2 \cdot C \cdot u}, \text{ мм}$$

бу ерда:  $C$  — сателлитлар сони.

Планетар узатмалардаги ғилдирак тишларнинг, сателлитларнинг сонини ва бошқа ўлчамларини белгилашда қуйидаги муносабатларнинг бажарилишини таъминлаш лозим:

$$d_a/2 + d_g = d_b/2, \quad z_g = (z_b - z_a)/2,$$

$(z_a + z_b)/c$  — бутун сон бўлиши керак.

Ёндош сателлитлар орасида зарур оралиқ бўлиши учун қуйидаги шартлар бажарилиши лозим.

$$\text{ёки} \quad 2(d_a/2 + d_g/2) \sin \pi/c > 2(d_g/2 + m)$$

$$(z_a + z_g) \sin \pi/c > (z_g + 2).$$

## 29. ТЎЛҚИНСИМОН УЗАТМАЛАР

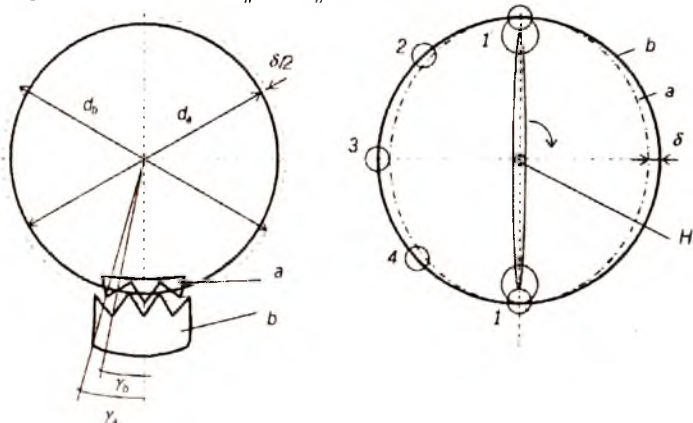
Бу узатмалар тишли узатмаларнинг бир тури бўлиб, уларнинг ишлаш принципи илашишда бўлган ғилдираклардан бирининг тўлқинсимон деформацияланишига асосланган.

$b$  — ички тишли бикир ғилдирак;

$a$  — сиртқи тишли эластик ғилдирак.

$H$  — водило учида роликлар бор.

Ички ғилдиракнинг бўлиш диаметри  $d_a$  сиртқи ғилдиракнинг бўлиш диаметри  $d_b$  дан  $\delta$  қадар кичик қилиб тайёрланган, яъни  $d_b - d_a = \delta$ .



Гилдиракларнинг бўлиш айланаси бўйича ўлчанган қадами  $P$  бир хил қилиб тайёрланса, тишлар сони ҳар хил бўлади, чунки  $z_b P > z_a P$ .

Ҳар бир қадамга тўғри келадиган бурчак гилдираклар учун ҳар хил бўлади:

$$\gamma_a = 360^\circ / z_a \quad \text{ва} \quad \gamma_b = 360^\circ / z_b.$$

Учларига роликлар ўрнатилган водилонинг сиртқи диаметри эластик гилдиракнинг ички диаметридан  $\delta$  қадар катта қилиб тайёрланади. Шунинг учун водило эластик гилдирак ичига жойлаштирилганда у эллипс шаклини олади.

$H$  водило айланганда унинг роликлари эластик гилдиракнинг шаклини шундай ўзгартириб берадики, унинг деформацияси айлана бўйлаб ҳаракатланаётган тўлқинни эслатади.

Гилдиракнинг ҳар хил нуқтасида тишлар ҳар хил фазада илашади. Агар тишларнинг баландлигини  $\delta$  деб белгиласак, у ҳолда 1-нуқтада тишлар бутун баландлиги бўйича, 2-нуқтада ярим баландлиги бўйича илашишда бўлади. 3-нуқтада эса улар илашишдан бутунлай чиқиб, 4-нуқтада яна ярим баландлиги бўйича, лекин тиш ёнининг бошқа томони билан илашишга киришади. Демак, водило айлананинг чорагини ўтганда тишлар ўз ўрнини ярим тишга, ярмини ўтганда эса бир тишга, бир айланганда эса икки тишга ўзгартиради. Шунинг учун сиртқи гилдирак тишларининг сони эластик гилдирак тишларининг сонидан 2 та ортиқ қилиб тайёрланади. Демак, водило тўла бир айланганда ички гилдирак икки тишга, яъни икки қадамга силжийди. Одатда, узатмадаги тўлқинлар сони водило ўрнатилган роликлар сонига, бу эса, ўз навбатида, гилдирак тишлари сонининг айирмасига тенг қилиб олинади:

$$z_b - z_a = i$$

бу ерда:  $i$  — тўлқинлар сони.

Умумий ҳолда

$$z_b - z_a = K_z \cdot i,$$

бу ерда:  $K_z$  — бутун сон.

$a$  қўзғалмас бўлиб, ҳаракат  $H$  дан  $b$  га узатилаётган бўлса, узатиш сони қуйидагича;

$$u^a_{nb} = n_H / n_b = z_b / K_z \cdot i = z_b / (z_b - z_a) = d_b / (d_b - d_a) = d_b / \delta$$



h қўйилмас бўлганда эса

$$u^h_{na} = -n_{II}/n_a = -z_a/K_z \cdot i = -d_a/(d_b - d_a) = -d_a/\delta$$

бўлади.

Демак,  $d_b$  маълум бўлса, узатиш сони асосан  $\delta$  га боғлиқ бўлар экан. Умумий ҳолда, узатма филдиракларининг тишлари сони исталганча бўлиши мумкин. Агар  $K_z \rightarrow \infty$  бўлса,  $\delta \rightarrow 0$  бўлади ва узатма фрикцион узатмага айланади.

$\delta$  нинг қийматининг кичрайиши ҳисобига узатиш сонини жуда катта қийматларга етказиш мумкин (1000).

Узатмада бир вақтнинг ўзида бир неча тиш илашишда бўлиб, улар бир-бирига чизиқ бўйича эмас, балки тиш сиртининг юзаси бўйича тегиб туради. Бу ҳол кичик ўлчамли узатма воситасида катта нагрузкаларни узатишга имкон беради.

Камчиликлари — детал тайёрлаш ва материал танлаш қийин, ФИК кичик (0,75—0,85).

### 30. ВИНТАВИЙ ВА ГИПОИД УЗАТМАЛАР ҲАҚИДА ҚИСҚАЧА МАЪЛУМОТ

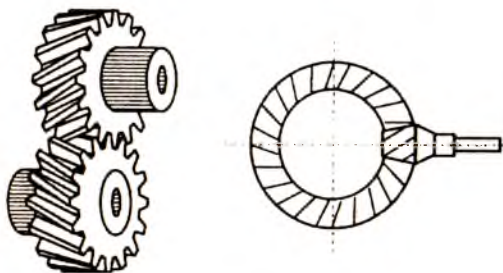
Бундай узатмалар ўқлари айқаш валлар орасида ишлатилади. Бу узатмаларнинг валлари ўзаро кесишмайди ҳамда бир-биридан маълум масофада жойлашган бўлади. Шунинг учун валларнинг исталган томонга узайтирилиши ва таянчлар сони исталганча бўлиши мумкин.

Винтавий узатмалар қия тишли филдираклардан тузилган бўлади.

**Тишларнинг қиялиги** винт чизиги йўналишида уларнинг илашиши винтавий бўлади. Бу ҳол ҳамда тишлар сиртида ҳосил бўладиган ишқаланиш кучининг катта бўлиши тишларнинг

нисбатан тез ейилишига олиб келади. Демак, бу узатмалар катта нагрузка билан ишлай олмайди.

Гипоид узатмалар қия тишли конуссимон филди-



раклардан тузилган бўлади. Лекин конусларнинг учлари бир жойга тўғри келмайди. Валлар орасида бурчак кўпинча  $90^\circ$  бўлади. Гипоид узатмалар чизиқли илашиш билан ишлайдиган қилиб тайёрланади.

Гипоид узатмаларда катта нагрузка бериб ишлаш мумкин. Бу узатмаларда тиш сирти емирилишининг олдини олиш учун махсус мой (гипоид мойи)дан фойдаланиш тавсия этилади.

Камчилиги — улар учун деталлар тайёрлаш ва йигишда аниқлик даражасига юқори талаблар қўйилади.

### **31. НУҚТАВИЙ ИЛАШИШ БИЛАН ИШЛАЙДИГАН УЗАТМА (М. Л. НОВИКОВ УЗАТМАСИ ҲАҚИДА ҚИСҚАЧА МАЪЛУМОТ)**

Ҳозирги вақтда тишли ғилдираклар учун асосан 1760 йилда рус олими Л. Эйлер таклиф этган эвольвентавий илашиш схемаси қўлланилади. Бундай илашишнинг айрим камчиликлари бор:

1. Тиш сиртининг эгрилик радиуси катта бўлмаганлигидан қўйиладиган нагрузка чекланган.

2. Ишқаланишга сарфланадиган қувват нисбатан катта.

3. Илашиш чизиқли бўлганлиги учун турли ноаниқликларни узатма ишига кўрсатадиган салбий таъсири нисбатан юқори.

Бу камчиликларни бартараф қилиш мақсадида нуқтавий илашиш билан ишлайдиган М.Л. Новиков узатмаси яратилди.

Нуқтавий илашиш эвольвентавий илашишдан тубдан фарқ қилади. Маълумки, эвольвентавий илашишда ҳамма илашиш нуқтаси бирлаштирилса, илашиш текислиги ҳосил бўлади. Агар бу текислик ғилдиракнинг ён томони текислиги билан кесиштирилса илашиш чизиғи ҳосил бўлади. Нуқтавий илашмада эса илашиш текислиги бўлмайди, фақат илашиш чизиғи бўлади. У ҳам вал ўқиға параллел жойлашган бўлиб, ён текислиги билан кесишганда нуқта ҳосил бўлади. Илашишда бўлган икки тиш сиртлари шу нуқтадан ўтаётганда бир-бирига тегади. Демак, бундай узатмалар фақат қия тишли бўлиши мумкин. Акс ҳолда илашиш нуқтавий бўлмайди. Шунинг учун Новиков узатмаларида ғилдирак тишларининг йўналиши винтсимон бўлиб, тиш

сиртининг шакли маркази илашиш нуқталарига тўғри келадиган айлана ёйидан иборат.

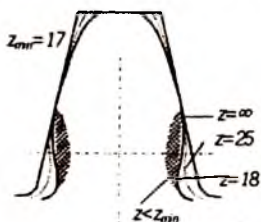
Бир илашиш чизиқли узатмалардаги шестерня тиши қабариқ, филдиракники эса ботиқликдан иборат бўлади. Шестернянинг тиши фақат каллагидан, филдиракники эса унинг оёғидан иборат.

## 32. ТИШ ҚИРҚУВЧИ РЕЙКАНИ СИЛЖИТИШ ҲИСОБИГА ТИШ ШАКЛИНИ ЎЗГАРТИРИШ

Тишли узатманинг геометрик ўлчамларини ихчамлаштириш мақсадида тишлар сонини камайтиришга ҳаракат қилинади. Тишлар сонининг камайиши эса қопланиш коэффициентининг камайишига, бу эса тиш мустақкамлигининг пасайишига олиб келади.

Кам тишли шестернялар мустақкамлиги заифлашувининг олдини олиш мақсадида, улардаги тишлар шакли ўзгартирилади.

Тишлар шаклини ўзгартириш кесиш асбоби — рейкани



одатдаги ҳолатдан филдирак маркази томон ёки унга тескари томон силжитиш йўли билан бажарилади.

1. Шестернянинг заготовкасига тишлар қирқишда рейкани марказдан ташқи томон силжитилади, филдирак заготовкасига тишлар қирқишда эса, аксинча марказ томонга силжитилади.

Умумий силжитиш коэффициенти:  $x_z = x_1 + x_2 = 0$

бу ерда  $x_1$  ва  $x_2$  — шестерня ва филдирак тишлари учун силжитиш коэффициентлари.  $x_1 > 0$ ;  $x_2 < 0$ ;  $|x_1| = |x_2|$ ;

$$h = m(2h\alpha^* + c^*); \quad h_a = m(2h_a + x);$$

$$h_f = m(2h\alpha^* + c^* - x); \quad a_w = a = (d_1 + d_2)/2;$$

$h_a^*$  — тиш каллагига баландлигининг коэффициенти;  $h^*\alpha = 1$ ;

$c^*$  — радиал зазор коэффициенти;  $c^* = 0,25$ .

2. Шестерня ҳамда филдиракка тишлар қирқишда рейка бир томонга марказдан ташқи томонган силжитилади. Бунда  $x_1 > 0$ ;  $x_2 > 0$  бўлиб  $x_\Sigma \neq 0$ ;

Натижада коррекциялаш коэффициенти  $x_\Sigma > 0$  бўлади.

Бу ҳол марказлараро масофанинг катталашувига олиб келади.

$$a_w = (d_{w1} - d_{w2})/2 = m(0,5z_\Sigma - x_\Sigma - \Delta y) > a = (d_1 + d_2)/2$$

бу ерда:  $\Delta y$  — силжитишни текисловчи коэффициент қиймати  $x_\Sigma$  га боғлиқ равишда махсус графикдан аниқланади.

### **33. ТИШЛИ ФИЛДИРАКЛАР ТАЙЁРЛАШДА ИШЛАТИЛАДИГАН МАТЕРИАЛЛАР**

Тишли филдираклар асосан пўлат, чўян, рангли металллар ва пластмассалардан тайёрланади.

Масалан, 40, 45, 50, 50Г, 40Х, 40ХН, 30ХГС ва бошқа маркали пўлатлардан тайёрланади.

Ўлчамлари кичик бўлиб, оғир нагрузка тушадиган филдирак тишларининг сиртқи қатлами турли усуллар билан тобланиб, қаттиқлиги  $HCR \approx 45 - 55$  га етказилади. Зарб билан таъсир этадиган ва йўналиши ёки тезлиги ўзгариб турадиган куч таъсирида ишлайдиган узатмаларнинг филдираклари 15Х, 20Х, 18ХГТ маркали пўлатлардан тайёрлангани маъқул.

Секин ва бир текис ишлайдиган, ўртача нагрузка таъсир этадиган узатмаларнинг филдираклари турли чўянлардан СЧ 28-48, СЧ 32-52, СЧ 35-56, ВЧ 45-5, ВЧ 40-10 тайёрланади.

Сўнгги йилларда кам ва ўртача нагрузка билан ишлайдиган филдираклар полимер материаллардан тайёрланмоқда. Буларга физикавий, кимёвий, механикавий ва технологик хоссалари ҳар хил бўлган пластмассалар киради. Бундай пластмассалар икки турга бўлинади. Термореактив ва гермопластик.

Терморектив материалларнинг тишли гилдираклар учун кўпроқ ишлатиладиганлари — текстолит, ДСП, волокнитлардир.

Термопластик материаллардан тишли гилдираклар тайёрлаш учун турли полиамидлар, капролонлар, полиуретан, полиформалдегид, поликарбонат, полипропилен, полиэтилен, фторопласт ва бошқалар ишлатилади.

### 34. ТИШЛИ ГИЛДИРАКЛАР ТАЙЁРЛАШДА АНИҚЛИК ДАРАЖАСИ ВА УНИНГ ИЛАШИШ СИФАТИГА ТАЪСИРИ

Тишли гилдиракларнинг асосий камчиликларидан бири уларнинг шовқин солиб ишлашидир. Тишли гилдирак қадами қийматидаги ва тиш профили тайёрлашдаги хатоликларнинг таъсири гилдирак ҳар айланганда такрорланиб туриши, тишларга тушадиган нагруканинг нотекис тақсимланиши ва айланувчи деталларнинг яхши мувозанатланмаганлиги узатма ишида шовқин чиқишига сабаб бўлади.

Гилдираклар тайёрлашда йўл қўйилган хатоликлар илашиш сифатига салбий таъсир кўрсатади. Бу эса уларнинг ишлаш муддатининг камайишига сабаб бўлади. Шунинг учун тишли гилдираклар тайёрлашда аниқлик даражасига катта эътибор бериш керак. ГОСТ да аниқлик даражаси 1 дан 12 гача бўлган рақамлар билан белгиланади. Рақам қанчалик кичик бўлса, аниқлик шунчалик юқори бўлади. Ҳозирги вақтда машинасозликда асосан бешта 6, 7, 8, 9, 10 аниқлик даражаси билан тайёрланган гилдираклар ишлатилади.

Аниқлик даражаси	Айлана тезлик, м/с		Ишлатилиши
	туғри тишли	қия тишли	
6	15 гача	25 гача	Тез ҳаракатланувчи узатмалар
7	10 гача	17 гача	Нагрукка меъёрида бўлиб тез ҳаракатланувчи ёки нагрукка катта бўлиб секин ҳаракатланувчи узатмалар
8	6 гача	10 гача	Умумий машинасозликда ишлатиладиган узатмалар
9-10	2 гача	4 гача	Секин ишлайдиган, аниқлик даражаси кам аҳамиятга эга бўлган узатмалар.

## 35. ТИШЛАРНИНГ СИНИШИ ВА ЕМИРИЛИШИ

### Тишларнинг синиши

Тишларнинг синишига 2 хил сабаб бўлиши мумкин.

1. Ўта нагрузка бўлиши. Бунда тишда ҳосил бўлган кучланиш материал учун рухсат этилган мустаҳкамлик чега-расидан ортиб кетади.

2. Ўзгарувчан кучланишнинг узоқ вақт давомида таъсир этиши. Бундай ҳолларда, тиш тубига яқин жойда материалнинг толиқишидан дарз пайдо бўлади. Бу дарз бора-бора катталашиб тишнинг синишига олиб келади.

Тишларни синишдан сақлаш учун модулни катталаштириш, тишларни коррекциялаш, термик ишлаш ва тиш қирраларига тушадиган нагрузкани камайтириш тавсия этилади.

### Тиш сиртининг емирилиши

1. Тишлар сиртининг толиқиш оқибатида уваланиб кетиши. Тишларни тайёрлашда йўл қўйилган ноаниқликлар туфайли тишлар сиртининг маълум нуқталарида ҳосил бўладиган кучланишлар концентрацияси таъсирида содир бўлади.

2. Тишлар сиртининг ейилиши. Тишларнинг сирти уч хил шароитда абразив заррачалар муҳотида, тишларнинг бир-бирига мослашиш даврида, нагрузкали узатмани юргизиш ва тўхтатиш вақтида ейилиши мумкин. Масалан, кранларда, шаҳар транспортида.

3. Тишлар сиртининг юлиниши. Бундай ҳодиса асосан катта тезлик ва нагрузка билан ишлайдиган узатмаларда учрайди. Бундай узатмаларда тишларда температура кўтарилади. Тишлар сиртининг айрим жойларида мой қатламлари узилиб металллар бевосита туташади.

4. Пластик силжиш. Емирилишнинг бу хили юмшоқ пўлатдан ясалган, тезлиги секин, лекин катта нагрузка билан ишлайдиган узатмаларда учрайди. Бундай ҳолларда тиш сиртига тушадиган куч меъеридан катта ишқаланиш кучи ҳосил қилади ва юмшоқ пўлатни деформациялаб, оқувчанлик даражасига олиб боради, оқибатда металл ишқаланиш кучи йўналган томонга қараб сидирилади. Тиш материалининг қаттиқлигини ошириш билан емирилишнинг олди олинади.

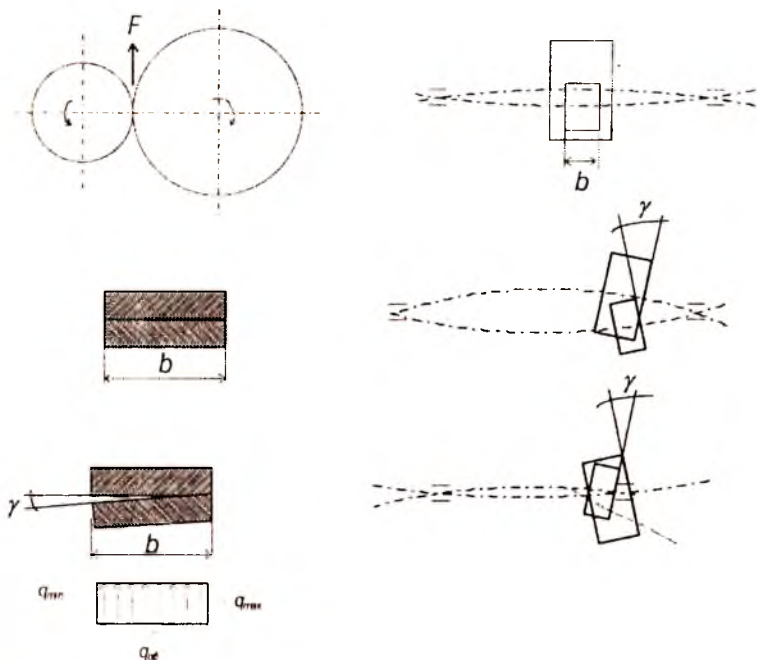
5. Тишни термик ишлаш йўли билан қаттиқлаштирилган сиртқи қатламнинг кўчиб чиқиши. Бу ҳодиса, асосан сифатсиз термик ишланган филдиракларда рўй беради.

### 36. НАГРУЗКАНИНГ НОТЕКИСЛИК ВА ДИНАМИКАВИЙ КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ

Нагрузканинг нотекислик коэффиценти вал таянчининг деформацияланиши туфайли нагрузканинг тиш узунлиги бўйлаб тақсимланишини эътиборга олувчи коэффицентдир.

$$K_{\beta} = q_{\max} / q_{\text{ур}}$$

Нагрузканинг динамикавий коэффиценти  $K_{Fv}$  илашишнинг ноаниқлигидан келиб чиқадиган динамикавий нагрузканинг ва шу нагрузка таъсирида тишда ҳосил бўладиган кучланишнинг ортишини эътиборга олади.



$$K_{Fv} = 1 + v_F = 1 + (w_{Fv} b_w) / (F_i K_{Fa} K_{Fv})$$

бу ерда:  $v_F$  — динамикавий қўшимча.  $F_i$  — айлана куч,  
 $K_{Fa}$  — нагрукани тишлараро таксимланишини эътиборга олувчи коэффициент;  
 $b_w$  — филдирак эни ёки тиш узунлиги;  
 $w_{Fv}$  — солиштирма динамикавий айлана куч.  
 $\delta_F$  — тишли узатманинг хилини ва тиш шаклини эътиборга олувчи коэффициент;  
 $g_F$  — филдирак билан шестерня қадами орасидаги фарқ коэффициенти:

$$w_{Fv} = \delta_F g_0 v \sqrt{a_w / u}.$$

### 37. ДЕТАЛЛАРНИ КЕРАКЛИ ЎЛЧАМДА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИ ЎРНАТИШ

Рухсат этилган ўлчам (допуск) - деталлар ўлчамининг номинал (ҳисобланган) энг катта ва энг кичик чегаравий ўлчамлари орасидаги фарқдир. Деталларни ўрнатиш (посадка) деталларни ўзаро бириктиришда тирқиш ёки тифизлик катталигини белгиловчи характердир.

Квалитет — бир хил аниқлик даражасидаги деталларнинг рухсат этилган ўлчамларининг йиғиндисидир. Ҳамма номинал (ҳисобланган) ўлчамлар учун стандартда 19 та квалитет қабул қилинган.

Тешик системасида деталларни ўрнатиш деб, асосий тешикка ҳар хил валларни ҳар хил тирқиш ва тифизлик билан мослаштириб ўрнатишга айтилади.

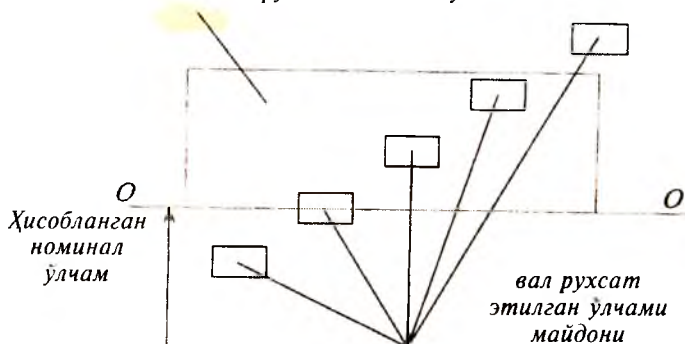
Вал системасида деталларни ўрнатиш деб, асосий валларга ҳар хил тешикларни ҳар хил тирқиш ва тифизлик билан мослаштириб ўрнатишга айтилади. Тешик системаси бош ҳарфлар билан белгиланади. Вал системаси кичик ҳарфлар билан белгиланади.

Масалан. 30Н7/п6; 18Н7; 12е8 ёки  $12_{-0,059}^{-0,032}$

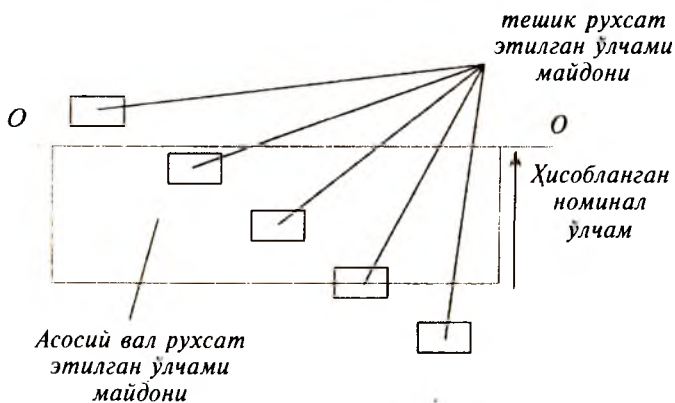


## Тешик системасида деталларни ўрнатиш

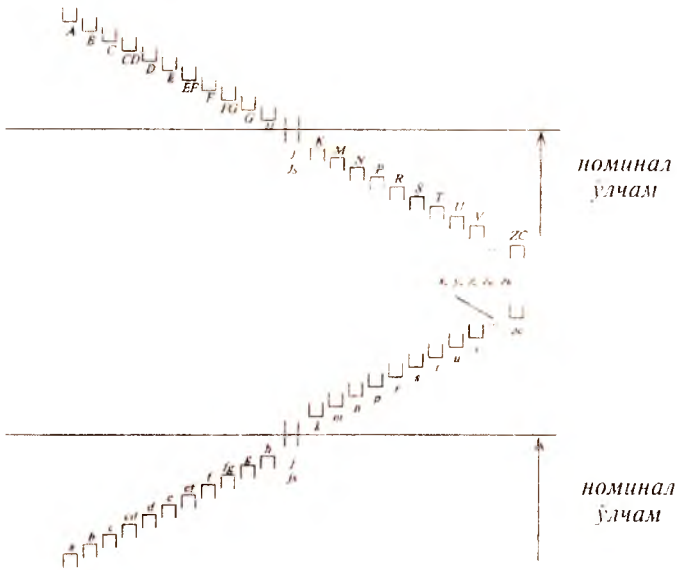
*Асосий тешикнинг рухсат этилган ўлчами майдони*



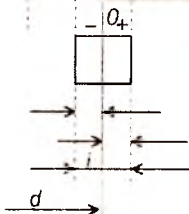
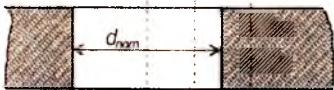
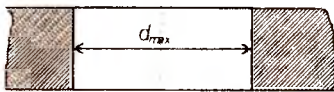
## Вал системасида деталларни ўрнатиш



## Тешик



## Валлар



$a - h (A - H)$  — тирқишли ўрнатиш (посадка с зазором);

$p - z_c (p - z_c)$  — тифиз ўрнатиш;  $j - n (J - N)$  — ўтувчи ўрнатиш;

$$JT = d_{\max} - d_{\min}$$

$$eS = d_{\max} - d$$

$$(ES)$$

$$ei = d_{\min} - d$$

$$(EJ)$$

$$i = 0,45\sqrt{d} + 0,001d$$

## 38. ВАЛЛАР ВА УЛАРНИ ҲИСОБЛАШ

Вал билан ўқ-тишли ғилдирак, шкив ва шу каби айланувчи қисмларни ўрнатиш учун ишлатиладиган асосий деталлар.

Вал билан ўқнинг тузилиши бир хил бўлсада ишлаш шароити ҳар хил. Ўқ фақат эгувчи кучланиш таъсирида, вал эса эгувчи кучланиш билан бир вақтда буровчи моментдан ҳосил бўладиган кучланиш таъсирида ишлайди. Валларни эгувчи момент  $M$  ва буровчи момент  $T$  таъсирига чидамлилиги, бикирлиги ҳамда вибрабардошлиги ҳисобланади.

### 1. Валларни ҳисоблашнинг тахминий усули

Маълум айланиш частотаси ҳамда қувват асосида валнинг тахминий диаметри аниқланади. Бунинг учун фақат буровчи момент таъсиридаги валнинг мустаҳкамлик шартидан фойдаланилади:

$$T = W_p [\tau]$$

$W_p = 0,2d^3$  — вал кўндаланг кесимининг поляр қаршилик моменти:

$$d = \sqrt[3]{T \cdot 10^3 / 0,2 \cdot [\tau]},$$

$$T = 9550 N/n, H \cdot m$$

бу ерда:  $N$  — кВт.

Редуктор валлари учун  $d = (150-170) \sqrt[3]{N/n}$ .

### 2. Валларнинг мустаҳкамлигини ҳисоблашнинг аниқ усули

Бу усулга кўра валнинг хавфли кесими учун эҳтиёт коэффициенти аниқланиб, рухсат этилган қиймати билан солиштирилади:

$$n = n_\sigma n_\tau / \sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2} \geq [n] \geq 1,5;$$

$n_\sigma = \sigma_{-1} / ((\sigma_a K_\sigma / \epsilon_m \epsilon_n) + \psi_\sigma \sigma_m)$  — эгилиш буйича аниқланган эҳтиёт коэффициенти;

$n_\tau = \tau_{-1} / ((\tau_a K_\tau / \epsilon_m \epsilon_n) + \psi_\tau \tau_m)$  — буралиш бўйича аниқланган эҳтиёт коэффициенти;

Бу ерда

$\psi_\sigma$  ва  $\psi_\tau$  — кучланишлар цикли ўзгармас қисмининг мустақкамликка таъсирини эътиборга олувчи коэффициент.

$\sigma_a$  ва  $\tau_a$  — кучланишлар циклининг ўзгарувчан қисми;

$\sigma_m$  ва  $\tau_m$  — кучланишлар циклининг ўзгармас қисми;

$$\sigma_m = 0 \quad \sigma_a = \sigma_{\gamma} = M_y / 0,1 d^3,$$

$$\tau_m = \tau_a = \tau / 2 = T / 2 \cdot 0,2 d^3$$

$\sigma_{-1}$  ва  $\tau_{-1}$  — чегаравий кучланиш, материалга қараб жадвалдан олинади;

$$\sigma_{-1} = (0,4 \div 0,5) \sigma_b,$$

$$\tau_{-1} = (0,2 \div 0,3) \sigma_b,$$

$\epsilon_m$  — диаметри ҳар хил бўлган валлардаги чидамлик чегарасининг ҳар хил бўлишини ҳисобга олувчи коэффициент (графикдан олинади);

$\epsilon_n$  — детал сиртининг тозалик даражасининг чидамлик чегарасига таъсирини ҳисобга олувчи коэффициент (графикдан олинади);

$K_\sigma$  ва  $K_\tau$  — кучланишлар концентрациясини ҳисобга олувчи коэффициент (жадвалдан олинади).

### 39. ПОДШИПНИКЛАР

Подшипниклар сирпаниш ва думалаш подшипникларига бўлинади.

#### Сирпаниш подшипниклари.

Сирпаниш подшипникларининг афзалликлари:

1. Катта ( $1000 \text{ мин}^{-1}$  гача) частота билан ишлаш ҳолларида кўпга чидайд.

2. Валларни талаб қилинган даражада аниқ йўналишда ўрнатиш имконини беради.

3. Ажраладиган қилиб тайёрлангани учун уни валнинг исталган қисмига ўрнатиш мумкин. Бу ҳол айниқса тир-сакли валлар учун қўл келади.

4. Зарб билан таъсир қиладиган кучлар мавжуд бўлган ҳолларда подшипниклаги мой қатлами бу кучларнинг салбий таъсирини камайтиради.

5. Агрессив муҳитли шароитда (масалан сувда) ишлай олади.

6. Диаметри катта (1 м дан ортиқ) валларда ишлаши мумкин.

Сирпаниш подшипнигини шартли ҳисоблаш.

$$P = R/dl \leq [p]$$

$P$  — солиштирама босим;

$R$  — подшипникка таъсир этаётган радиал куч, Н;

$l$  — подшипникнинг узунлиги, м;

$d$  — цапфанинг диаметри, м;

$[p]$  — солиштирама босимнинг рухсат этилган қиймати, МПа.

Пулат бронза устида сирпанганда 5—8 МПа.

Пулат чўян устида сирпанганда 2—3 МПа.

### Думалаш подшипниклари

Маълумки, сирпаниш подшипникларининг асосий камчиликларидан бири ишқаланиш коэффициентининг катталигидир. Думалаш подшипникларида ишқаланиш коэффициенти жуда кичик.

Думалаш подшипникларининг асосий турлари:

1. Шарикли.
2. Шарикли сферик.
3. Шарикли радиал тирак.
4. Роликли радиал.
5. Роликли радиал тирак.
6. Роликли сферик.
7. Игнали радиал.
8. Шарикли тирак.

Думалаш подшипниклари қабул қила оладиган кучларнинг йўналишига қараб уч турга бўлинади:

1. Вал ўқига тик йўналган кучларни қабул қилишга мўлжалланган радиал подшипниклар.

2. Вал ўқи бўйлаб таъсир этувчи кучларни қабул қилишга мўлжалланган тирак подшипниклар.

3. Вал ўқига тик бўлган куч билан бир вақтда унинг ўқи бўйлаб йўналган кучларни ҳам қабул қилишга мўлжалланган радиал-тирак подшипниклар.

## Думалаш подшипникларини танлаш

Подшипникларни динамикавий ва юк кўтарувчанлик бўйича танлаш учун динамикавий юк кўтарувчанликнинг ҳисоби топилиб, жадвалдаги қийматига таққосланади ва у ердан мос келган подшипник танланади.

$$C_x \leq C; C_x = P \sqrt[3]{L} \quad L = 60n L_h / 10^6$$

$C_x$  — динамик юк кўтарувчанликнинг ҳисобий қиймати,  $H$ ;

$C$  — динамик юк кўтарувчанликнинг жадвалдаги қиймати,  $H$ ;

$P$  — илдиз кўрсаткичи  $P=3$  шарикли подшипник учун,  $P=3,33$  роликли подшипник учун;

$L$  — млн. айланишлар ҳисобида ифодаланган хизмат муддати;

$L_h$  — соат ҳисобида ифодаланган хизмат муддати.

$P$  — эквивалент динамикавий нагрузка,  $H$ .

Шарикли радиал ва радиал-тирак подшипниклар учун

$$P = (xvF_r + yF_a) K_b K_t$$

$x$  — радиал нагрузка коэффиценти;

$y$  — ўқ бўйлаб йўналган нагрузка коэффиценти;

$v$  — ҳалқаларнинг қайси бири айланувчи эканлигига боғлиқ коэффицент;

$v = 1$  ички ҳалқа айланади;

$v = 1,2$  сиртқи ҳалқа айланади.

$F_r$  — радиал нагрузка,  $H$ ;

$K_t$  — температура коэффиценти;

$F_a$  — ўқ бўйлаб йўналган нагрузка;

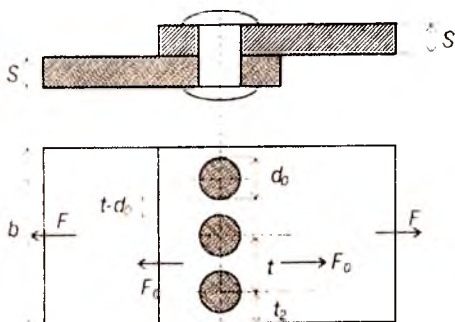
$K_b$  — нагрузка характерининг подшипник хизмат муддатига таъсирини эътиборга олувчи хавфсизлик коэффиценти.

## 40. БИРИКМАЛАР

Деталлардан узеллар, узеллардан эса машиналар бирикмалар воситасида йиғилади.

Бирикмалар ажралмайдиган ва ажраладиган турларга бўлинади. Ажралмайдиган турига парчин михли ва пайванд бирикмалар киради. Ажраладиган турига шпонкали, плицли ва болтли бирикмалар киради.

## Парчин миخلي бирикмалар ва уларни ҳисоблаш



Чўзувчи куч таъсиридаги чокни ҳисоблаш. Чокдаги парчин миخلар сони  $n$  билан, битта парчин миخга таъсир этувчи кучни  $F_0 = F/n$  билан белгиласак чокнинг мустаҳкамлиги қуйидагича бўлади:

$$F_0 = \pi d_0^2 \cdot [\tau_{кес}],$$

$$F_0 = (t - d_0) \cdot s [\sigma_{чўз}],$$

$$F_0 = 2(t - d_0/2) \cdot s [\tau_{кес}],$$

$$F_0 = d_0 \cdot s [\sigma_{сз}],$$

бу ерда:  $[\tau_{кес}]$  — листнинг четки қисми учун кесувчи рухсат этилган кучланиш;

Амалий ҳисоблашда  $d_0 = (1,8 \dots 2,2) \cdot s$   $t = (3 \dots 5) \cdot d$  олинади.

## Эгувчи момент таъсир этувчи чокни ҳисоблаш

$$F_1 = M \cdot l_1 / \sum l^2$$

## Пайванд бирикмалар



Электр пайвандлаш, газ алангасида пайвандлаш, детални учма-уч, устма-уст пайвандлаш мумкин.

## Учма-уч бирикмани ҳисоблаш

$$\sigma = F / ls \leq [\sigma]$$

$l$  — чок узунлиги;

$s$  — лист қалинлиги.

Устма-уст бирикмани ҳисоблаш.

Бурчакли чок.

$$\tau = F / (2l \cdot 0,7K) \leq [\tau]$$



Агар момент таъсир қилса:

$$\tau = M/W_p; W_p = 0,7 Klb$$

Контактлаб пайвандлашда:  $\tau = F/lb \leq [\tau]$

Пластмасса пайванд бирикмалар қуйидагича ҳисобланади.

Учма-уч чоклар учун  $F = ls[\sigma] \cdot \varphi$   $\varphi = 0,7-0,75$ ,

устма-уст чоклар учун.  $F = 0,7 Kl[\sigma_{свлж}] \cdot \varphi$ ,  $\varphi = 0,65$

$\varphi$  — чокларнинг мустаҳкамлик коэффициенти.

### Резьбали бирикмалар

Резбалар учбурчак, тўртбурчак, трапеция ва доиравий профилли бўлиши мумкин. Резьбалар бир қиримли, икки қиримли, уч қиримли ва ҳ.к. бўлади. Резьбалар цилиндрик ёки конуссимон сиртда бўлиши мумкин. Агар резьбанинг ўлчамлари (мм) ҳисобида ифодаланса, бундай резьба метрик резьба деб аталади.

Ички ва сиртқи резьбалар бўлади. Метрик резьбада  $\alpha = 60^\circ$ , дюймли резьбада  $\alpha = 55^\circ$  (1 дюйм = 25,4 мм).

$d$  — резьбанинг ташқи диаметри;

$d_1$  — резьбанинг ички диаметри;

$d_2$  — резьбанинг ўрта диаметри;

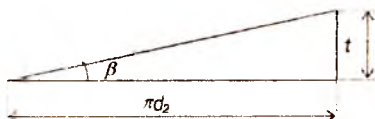
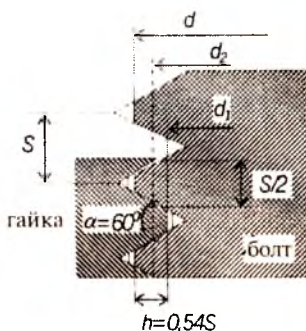
$s$  — резьбанинг қадами;

$\beta$  — резьбанинг кўтарилиш бурчаги;

$t$  — резьба йўли (бир марта тўла айланган винтнинг ўқ бўйлаб силжиган масофаси).

$$\operatorname{tg} \beta = t/\pi d_2$$

Бирикма ҳосил қилишда резьбали деталлардан болт, винт, шпилька ва гайкалар ишлатилади. Стерженнинг икки учи резьбали қилиб ясалган бўлса у шпилька деб аталади.





## Резьбанинг мустаҳкамлигини ҳисоблаш

Резьбали бирикмаларда ўқ бўйлаб йўналган ва винт стер-  
женини чузалган куч резьбанинг ҳамма ўрамларига ҳам  
бир хилда таъсир этавермайди. Резьбанинг куч таъсир эта-  
ётган томонидан биринчи ўрамида бошқа ўрамлардагига  
қараганда каттароқ кучланиш ҳосил бўлади. Бунинг сабаб-  
ларидан бири ўқ бўйлаб таъсир этувчи кучдан винтдаги  
резьбанинг бир томонга, гайкадаги резьбанинг эса қара-  
ма-қарши томонга деформацияланишидир.

Масалан: 6 ўрамли гайканинг биринчи ўрами таъсир  
этаётган кучнинг 52% ини, 2-ўрами — 25%, 3-ўрами —  
12%, охириги ўрами — 2% қабул қилади.

### Резьбанинг эзилишини ҳисоблаш

$$\sigma_{\text{н}} = F / (z \cdot \pi d_2 \cdot h) \leq [\sigma_{\text{н}}]$$

$z = H/s$  — баландлиги  $H$  бўлган гайкадаги резьба ўрам-  
лари сони.

### Резьбанинг кесилиши

$$\tau = F / (\pi \cdot d_1 \cdot K \cdot H) \leq [\tau]$$

$K = ab/s$  ёки  $K = ce/s$  — резьбанинг турини ҳисобга  
олувчи коэффициент, учбурчак профилли резьбалар учун  
 $K = 0,8$ .

$H$  — гайка баландлиги.

### Нагрузка турлича таъсир этувчи болт стерженининг мустаҳкамлигини ҳисоблаш

1. Болт зазор билан ўрнатилган ҳолларда  $F$  куч болт-  
нинг стерженига тўғридан-тўғри таъсир этмайди. Болтнинг  
стержени асосан таранглик кучи таъсирида чузилади.

$$\sigma_{\text{жв}} = 1,3 \cdot F_t \cdot 4 / \pi d^2 \leq [\sigma]$$

$$F_t = KF / f$$

$K$  — эҳтиёт коэффициенти (1,3...2);

$f$  — деталлар туташган жойдаги ишқаланиш коэффи-  
циенти.

2. Болт зазорсиз ўрнатилади.

$$\tau = 4F / i \pi \cdot d^2 \leq [\tau].$$

Бу ерда:

$i$  — куч таъсирида кесилиши мумкин бўлган кесимлар сони.

$$\sigma_{\text{сз}} = F/d \cdot h \leq [\sigma_{\text{сз}}]$$

3. Агар болтнинг стерженига фақат чўзувчи куч таъсир этса (масалан, кран илгаги), унинг резьбали қисми ташқи  $F$  куч таъсиридан чўзилишга ҳисобий диаметри бўйича текширилади.

$$\sigma = 4F/\pi d_x^2 \leq [\sigma]$$

$$d_x = \sqrt{4F/\pi[\sigma]}$$

$$d_x = d - 0,94s.$$

$d_x$  — ГОСТ дан олинади;

$d$  — резьбанинг ташқи диаметри;

$s$  — қадами.

4. Болт сириб тортилган. Бунга герметик ёпиш учун ишлатиладиган қопқоқлар болти мисол бўла олади.

$$\sigma_{\text{кн}} = 1,3 \cdot F_t \cdot 4/\pi d_x^2 \leq [\sigma]$$

Бу ерда: 1,3 — буровчи  $T_p$  момент таъсирида ҳосил бўладиган кучланишни ҳисобга олувчи сон.

Кичик диаметрли болтларнинг катта куч билан сириб тортиш мумкин эмас, стержени узилиб кетади.

М а с а л а н . Стерженнинг диаметри 6 мм бўлган болтни сириб тортишда ключга 45 Н куч қўйилса бас, у узилиб кетади.

Шунинг учун сириб тортишда ўқ бўйлаб таъсир этадиган чўзувчи  $F_T$  кучнинг қиймати:

$$F_T = T_K / 0,15d.$$

$T_K$  — ключга қўйилган момент;

$d$  — болт стерженининг диаметри.

### Шпонкали ва шлицли бирикмалар

Айланувчи деталларни вал ёки ўққа биргаликда айландиган қилиб маҳкам ўрнатиш учун ҳар хил шпонкалардан фойдаланилади.

Улар призматик, сегментсимон, цилиндрик ва понасимон турларга бўлинади.

## Призматик шпонкалар

$$\sigma_{33} = 4T/hl_x d \leq [\sigma_{33}]$$

$$\tau = 2T/bl_x d \leq [\tau]$$

## Сегментсимон шпонкалар

$$\sigma_{33} = 2T/ald \leq [\sigma_{33}]$$

Валнинг диаметри кичик ва  $T_6$  кичик бўлган ҳолларда ишлатилади.

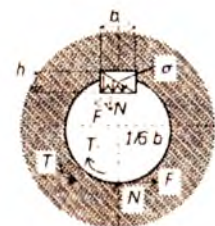
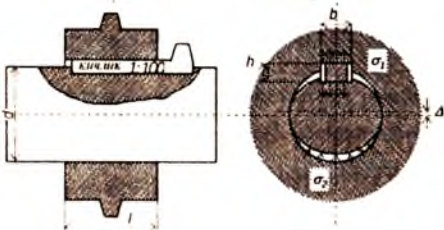
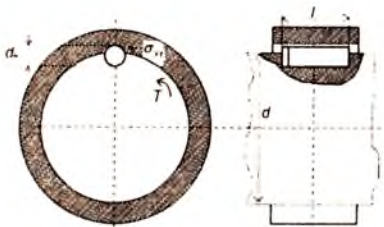
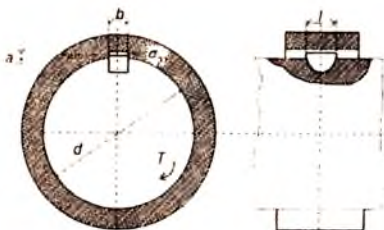
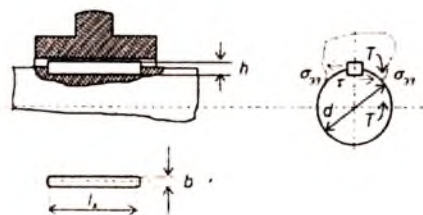
## Цилиндрик шпонкалар

$$\sigma_{33} = 4T/d_w l d \leq [\sigma_{33}]$$

## Понасимон шпонкалар

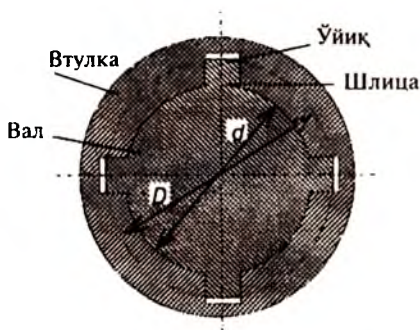
$$\sigma_{33} = 2T/bl (fd + b/6) \leq [\sigma_{33}]$$

$[\sigma_{33}] = 80-100$  МПа  
 $f$  — ишқаланиш коэффициенти (0,13-0,18);  
 $\sigma_1$  ва  $\sigma_2$  —  $N$  кучи билан алмаштирилган;  
 $F$  — ишқаланиш кучи.



## Шлицли бирикма

Уларнинг афзаллиги валда яхши марказланади, зарбий нагрузкага мустақкамлиги юқори, ортиқ нагрузкага чидайди.



Тўртбурчак, эволвента ва учбурчак профилли бўлади.

$$\sigma_{\text{сш}} = T/r_{\text{уп}} Fz\psi \leq [\sigma_{\text{сш}}]$$

$r_{\text{уп}}$  — ўртача радиус;  
 $F^p$  — шлиц ён ёгининг ҳисобий юзи;

$z$  — шлицлар сони;

$\psi$  — нагрузканинг шлицлар орасида бир текисда тақсимланмаслигини ҳисобга олувчи коэффициент (0,7...0,8).

Шлицларнинг сирти термик ишланмаган бўлса  $[\sigma_{\text{сш}}] = 60-100$  МПа.

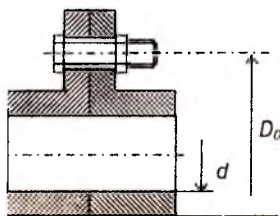
Шлицларнинг сирти термик ишланган бўлса  $[\sigma_{\text{сш}}] = 100-140$  МПа.

## 41. МУФТАЛАР

Муфтalar вал, труба ва шу каби деталларнинг учларини бир-бирига улаш учун ишлатилади.

1. Доимий бириктирилган муфтalar.
2. Бошқариладиган уловчи муфтalar.
3. Ўз-ўзини бошқарувчи (автоматик) муфтalar.
  1. а) втулка кўринишли муфта;
  - б) фланешли муфта;
  - в) тишли муфта;
  - г) втулка бармоқли муфта.
2. а) кулачокли муфта;
- б) тишли муфта;
- в) фрикцион муфта (дискли ва конуссимонли);
3. а) сақлагич муфтalar;
- б) марказдан қочма муфтalar.

Муфтalar валларнинг диаметри ва ҳисобий буровчи моментга қараб танланади.



$$T_p = KT_{ном} \leq [T]$$

$K$  — эксплуатация коэффициенти ( $K = 1,25 \dots 3,5$ ).

Фланецли муфта:

$$\tau = 4F_t / \pi \cdot d^2 \leq [\tau]$$

$F_t$  — айлана куч 1 та болтга туншаётган:

$$F_t = 2T_p / D_0 \cdot z_1 \text{ бунда}$$

$D_0$  — болтлар қўйилган диаметр;

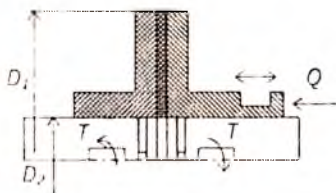
$z_1$  — болтлар сони.

### Фрикцион муфталар

Бошқариладиган уловчи муфталар сифатида фрикцион муфталардан кўпроқ фойдаланилади. Чунки бу муфталар воситасида етакчи валнинг ҳаракатини тўхтатмай уни етакланувчи вал билан улаш осон.

Ишқаланиш сиртининг тез ейилиши фрикцион муфталарнинг асосий камчилигидир. Иш сиртининг шаклига кўра диски, конуссимон ва колодкали, лентали бўлади.

**Дискли муфталар.** Ишқаланиш сиртлари 2 та ярим муфтадан иборат. Яъни муфталардан бири валга қўзғалмайдиган қилиб ўрнатилади, иккинчиси эса вал бўйлаб бемалол сурилади. Суриладиган ярим муфта қўзғалмас ярим муфтага  $Q$  куч билан сиқилади. Бунда ҳосил бўладиган ишқаланиш кучининг моменти қуйидагича:

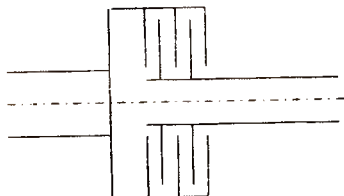


$$M_u = Qf R_{yp} = T$$

бу ерда:  $R_{yp}$  — дисклар иш сиртининг ўртача радиуси.

$$R_{yp} = D_1 + D_2 / 4$$

$Q$  нинг буровчи моментни узата олиш учун талаб этиладиган қиймати қуйидагича:



$$Q = TK / fR_{yp}$$

$K$  — иш режимини ҳисобга олувчи коэффициент.

$Q$  нинг камайиши учун кўп дискли фрикцион муфта-лар ишлатилади.

$$KT = Q f z R_{yp} \text{ ёки } Q = KT / (f z R_{yp})$$

$z$  — ишқаланадиган сиртлар жуфтлари сони;

$z = n - 1$ ;  $n$  — дисклар сони;

$$Q \leq \pi/4 (D_1^2 - D_2^2) \cdot [P]$$

$[P]$  — рухсат этилган босим, жадвалда берилади.

## ТАЯНЧ СЎЗ ВА ИБОРАЛАР

1. Статика
2. Кинематика
3. Динамика
4. Моддий нуқта
5. Абсолют
6. Куч
7. Кучлар системаси
8. Саноқ система
9. Эркин жисм
10. Тенг таъсир этувчи
11. Боғланиш
12. Реакция кучи
13. Таранглик кучи
14. Мустақкам
15. Биқир
16. Устувор
17. Деформация
18. Эластик деформация
20. Брус
21. Плита
22. Массив
23. Қобиқ
24. Стержен
25. Балка
26. Ферма
27. Рама
28. Сиртқи куч
29. Ҳажмий куч
30. Тупланган куч
31. Кесиш методи
32. Зўриқиш кучлари
33. Статика мувозанат тенгламалари
34. Кучланишлар
35. Нормал кучланиш
36. Уринма кучланиш
37. Чўзилиш
38. Сиқилиш
39. Бўйлама куч
40. Эпюра
41. Мустақкамлик шарти
42. Рухсат этилган кучланиш
43. Абсолют чўзилиш
44. Нисбий бўйлама деформация
45. Эластиклик модули
46. Гук қонуни
47. Кўндаланг деформация
48. Пуассон коэффиценти
49. Статик аниқмас масала
50. Пластик материаллар
51. Мўрт материаллар
52. Пулат
53. Мис
54. Дюралюминий
55. Чўян
56. Бетон
57. Фишт
58. Ричагли
59. Гидравлик
60. Чўзилиш диаграммаси

61. Сиқилиш диаграммаси
62. Эластиклик зонаси
63. Оқувчанлик зонаси
64. Чернов чизиқлари
65. Мустаҳкамланиш зонаси
66. Маҳаллий оқувчанлик зонаси
67. Пропорционаллик чегараси
68. Эластиклик чегараси
69. Мустаҳкамлик чегараси
70. Эгилиш
71. Балка
72. Текис эгилиш
73. Қийшиқ эгилиш
74. Шарнирли қўзғалувчи таянч
75. Шарнирли қўзғалмас таянч
76. Қистириб маҳкамланган таянч
77. Консол
78. Пролёт
79. Статик аниқ балкалар
80. Статик аниқмас балкалар
81. Кесувчи куч
82. Эгувчи момент
83. Бўйлама куч
84. Ёйилган куч
85. Бош юзалар
86. Бош нормал кучланишлар
87. Ҳажмий кучланиш
88. Текис кучланиш
89. Чизиқли кучланиш
90. Ҳажмий кучланиш ҳолати.
91. Текис кучланиш ҳолати
92. Чизиқли кучланиш ҳолати
93. Буралиш
94. Буровчи момент
95. Қаршилиқ momenti
96. Буралиш бурчаги
97. Буралишдаги эластиклик модули
98. Соф силжиш
99. Статик момент
100. Силжиш
101. Инерция momenti
102. Кесим оғирлик маркази
103. Шаклларнинг юзалари
104. Оғирлик маркази координаталари
105. Марказдан қочирма инерция momentлари
106. Геометрик характеристика
107. Кесим юзаси
108. Координат ўқлари
109. Турли шакллар
110. Устувор
111. Бефарқ
112. Ноустивор
113. Критик куч
114. Эйлер формуласи
115. Сиқилган стержен
116. Устуворликнинг эҳтиёт коэффициенти
117. Кичик бикирлик текислиги
118. Стержен узунлиги
119. Ричагли механизмлар
120. Кулачокли механизмлар
121. Шестерняли механизмлар
122. Винтли механизмлар
123. Фрикцион механизмлар
124. Эгилувчан звеноли механизмлар
125. Гидравлик ва пневматик механизмлар
126. Электрик механизмлар
127. Кинематик жуфт
128. Боғланишлар сони
129. Эркинлик даражаси
130. Синф
131. Механизмларни ҳаракатчанлик даражаси
132. Кинематик занжир



133. Кривошип-шатунли механизм
134. Мустаҳкамлик
135. Иссиқбардошлик
136. Титрашга чидамлилиқ
137. Ейилишга чидамлилиқ
138. Ишончлилиқ
139. Толиқиш
140. Пўлат
141. Чўян
142. Рангли металллар
143. Пластмасса
144. Оқ чўян
145. Қўнгир чўян
146. Сч 15-32
147. Болғаланадиган чўян
148. Кч 30
149. Ўта мустаҳкам чўян
150. ВЧ-50
151. Ст. 3
152. Стал 45
153. Конструкцион пўлат
154. Лигерланган пўлат
155. Стал 40 ХН
156. Бронза
157. Латун
158. Бр ОФ 10-1
159. Бр АЖ 9-4
160. Узатмалар
161. Фрикцион узатмалар
162. Тасмали узатмалар
163. Тишли узатмалар
164. Червякли узатмалар
165. Занжирли узатмалар
166. Планетар узатмалар
167. Тўлқинсимон узатмалар
168. Узатманинг ф. и. к.
169. Узатиш сони
170. Қувват
171. Айланиш сони
172. Вариаторлар
173. Илашиш модули
174. Тиш қадами
175. Ҳисобий эғувчи кучланиш
176. Контакт кучланиш
177. Эволвент
178. Айлана куч
179. Радиал куч
180. Ўқ бўйлаб йўналган куч
181. Конус ясовчиси
182. Ўрта диаметр
183. Конус масофа
184. Конус бурчаги
185. Тиш шаклини коэффициент
186. Ташқи конуслик масофа
187. Филдирак эни
188. Конуссимон сирт
189. Занжирли узатма
190. Юлдузча
191. Втулка занжир
192. Втулка-роликли занжир
193. Роликли занжир
194. Тишли занжир
195. Дастлабки таранглик кучи
196. Эксплуатация коэффициент
197. Ҳисобий қувват
198. Шарнирдаги босим
199. Червякли узатма
200. Глобоид червяк
201. Червякни нисбий диаметри
202. Контакт кучланиш
203. Сирпаниш тезлиги
204. Киришлар сони
205. Ишқаланиш бурчаги
206. Юқланиш коэффициент
207. Сирпаниш коэффициент
208. Ишқаланиш коэффициент

209. Марказлараро масофа  
 210. Тасмали узатма  
 211. Шкив  
 212. Ясси тасма  
 213. Понасимон тасма  
 214. Доиравий тасма  
 215. Қамров бурчаги  
 216. Таранглик кучи  
 217. Фойдали иш коэффици-  
 енти  
 218. Тишли тасма  
 219. Ўқ  
 220. Вал  
 221. Цапфа  
 222. Муфта  
 223. Штифт  
 224. Ярим муфта  
 225. Доимий бириктирилган  
 муфта  
 226. Бошқариладиган муфта  
 227. Автоматик муфта  
 228. Втулка-бармоқли муфта  
 229. Подшипник  
 230. Сирпаниш подшипниги  
 231. Думалаш подшипниги  
 232. Подшипник ички диа-  
 метри  
 233. Подшипник ташқи диа-  
 метри  
 234. Роликли подшипник  
 235. Шарикли сферик под-  
 шипник  
 236. Игнали радиал подшип-  
 ник  
 237. Шарикли тирак  
 238. Ички ҳалқа  
 239. Ташқи ҳалқа  
 240. Сепаратор  
 241. Радиал-тирак подшипник  
 242. Динамик юк кўтарувчан-  
 лик  
 243. Подшипник хизмат муд-  
 дати, млн. айл  
 244. Подшипник хизмат муд-  
 дати, соат  
 245. Бирикмалар  
 246. Пайванд бирикма  
 247. Парчин мих  
 248. Шпонка  
 249. Шлища  
 250. Болт  
 251. Гайка  
 252. Шайба  
 253. Электр пайванд  
 254. Газ пайванд  
 255. Контактлаб пайвандлаш  
 256. Учма-уч бирикма  
 257. Устма-уст бирикма  
 258. Учма-уч чок  
 259. Бурчак чок  
 260. Резьбали бирикма  
 261. Бир киримли  
 262. Икки киримли  
 263. Метрик резьба  
 264. Дюйм  
 265. Резьба қадами  
 266. Кўтарилиш бурчаги  
 267. Резьба йўли  
 268. Резьба профил бурчаги  
 269. Винт  
 270. Шпилка  
 271. Шплинт  
 272. Клеммали бирикма  
 273. Фланец  
 274. Тирқиш билан ўрнатиш  
 275. Тигизлик билан ўрнатиш  
 276. Цилиндрик сирт  
 277. Конуссимон сирт  
 278. Призматик шпонка  
 279. Сегмент шпонка  
 280. Цилиндрик шпонка  
 281. Понасимон шпонка

## НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Қандай деформация эластик ва қандай деформация пластик деформация деб аталади?
2. Брус ва стержень нима?
3. Кесимнинг маълум нуқтасидаги кучланиш нима?
4. Кесиш методи нимадан иборат ва у нимага керак?
5. Қандай юklar статик юklar деб аталади?
6. Чўзилган ва сиқилган стерженларнинг кўндаланг кесимларидаги бўйлама кучлар қандай топилади?
7. Абсолют чўзилиш нима?
8. Гук қонуни нимадан иборат ва унинг математик ифодаси қандай ёзилади?
9. Пауссон коэффициентини нима?
10. Юмшоқ пўлатнинг чўзилиш диаграммасида қандай хarakterли нуқталар бўлади?
11. Эҳтиёт коэффициентини нима?
12. Мустаҳкамлик шартини нима?
13. Мураккаб кучланиш ҳолатининг қандай турлари бор?
14. Бош юзалар деб қандай юзаларга айтилади?
15. Қандай кучланиш ҳолати соф силжиш дейилади?
16. Силжишдаги Гук қонуни қандай ифодаланади?
17. Текис шакл юзининг статик моменти деб нимага айтилади? Унинг ўлчов бирлиги нима?
18. Текис шакл юзининг инерция моменти деб нимага айтилади? Унинг ўлчов бирлиги нима?
19. Буровчи момент билан вал узатадиган қувват ва айланиш орасида қандай боғланиш бор?
20. Буровчи момент қандай топилади ва унинг эпюраси қандай чизилади?
21. Буралиш бурчагининг эпюраси қандай чизилади?
22. Балкаларнинг таянчлари схематик равишда қандай кўрсатилади ва уларнинг қанақа хиллари бўлади?

23. Кесимдаги эгувчи момент, кесувчи куч ва буйлама куч нима, улар қандай топилади?
24. Эгувчи момент ва кесувчи куч эпюралари нимага керак?
25. Эгилиш билан чўзилиш деформацияси бирга келган ҳолда балканинг мустаҳкамлик шарти қандай ёзилади?
26. Қандай куч критик куч деб аталади?
27. Эйлер формуласи қандай кўринишга эга?
28. Механизмларнинг қандай турлари бор?
29. Механизмларнинг структураси. Кинематик жуфтлар неча синфга бўлинади?
30. Деталларнинг ишлаш лаёқати нималардан иборат?
31. Саноатда қандай материаллардан фойдаланилади ва улар қандай маркаланади?
32. Бирикмалар қандай турларга бўлинади?
33. Пайванд бирикмалар қандай ҳисобланади?
34. Резьбали бирикмалар қандай ҳисобланади?
35. Шпонкали бирикмалар қандай ҳисобланади?
36. Узатмаларнинг турлари қанақа?
37. Узатмаларнинг фойдали иш коэффиценти қандай топилади?
38. Узатмаларнинг узатиш сони қандай топилади?
39. Фрикцион узатмалар қандай ҳисобланади?
40. Тасмали узатмалар қандай ҳисобланади?
41. Тишли узатмалар геометрияси ва кинематикаси қандай бўлади?
42. Тишли узатмалар қандай ҳисобланади?
43. Червякли узатмалар қандай ҳисобланади?
44. Занжирли узатмалар қандай ҳисобланади?
45. Планетар ва тўлқинсимон узатмалар ҳақида қисқача маълумот беринг?
46. Валлар ва ўқлар қандай ҳисобланади?
47. Подшипникларнинг турлари қандай?
48. Подшипниклар қандай танланади?
49. Муфталар қандай турларга бўлинади?
50. Муфталар қандай танланади?
51. Статикани нечта асосий аксиомалари бор?
52. Статикани мувозанат тенгламалари қандай?
53. Ҳақиқий кучланиш формуласи қандай?
54. Чўзилган ёки сиқилган стерженларни мустаҳкамлик шарти нима?
55. Материаллар қаршилигида қандай гипотезалар бор?

56. Чўзилиш ва сиқилишдаги бикирлик нима?
57. Бўйлама кучни эпюраси қандай чизилади?
58. Қандай кесимлар хавфли кесим деб ҳисобланади?
59. Узатмалар нима учун керак?
60. Фрикцион узатмалар қаерларда ишлатилади?
61. Фрикцион узатмаларда етакловчи вални диаметри қандай топилади?
62. Вариатор нима?
63. Тасмали узатманинг сирпаниш коэффиценти қандай топилади?
64. Тишли узатмани ишлаш қобиляти қандай оширилади?
65. Занжирли узатма тезлиги қандай топилади?
66. Червякли узатманинг қизиши қандай текширилади?
67. Червякни нисбий диаметри қандай топилади?
68. Планстар узатмалар узатиш сони қандай топилади?
69. Валларни мустақамлиги қандай ҳисобланади?
70. Муфталарга қандай куч таъсир этади?
71. Подшипникларни айланиш сони билан ишлаш муддати қандай топилади?
72. Подшипникларни соат ҳисобида ишлаш муддати қандай топилади?
73. Поляр инерция моменти қандай топилади?

#### 44. АДАБИЁТЛАР

Фетисов С.П. и др. Материаловедение и технология металлов. «Высшая школа» 2000. 638.

Шейнблит А. Е. Курсовое проектирование деталей машин. Учебное пособие 2-е изд. Янтарный сказ 2002. 454.

Эрдеди А.А. Эрдеди Н. А. Теоретическая механика. Сопротивления материалов. Учебное пособие. М. «Высшая школа» 2002. 318.

Фролов К. В. Теория механизмов и механика машин. Учебник для вузов М. «Высшая школа» 2001. 496.

Аркуша А.И. Техническая механика: Теоретическая механика и сопротивление материалов. Учебник. М. «Высшая школа» 2000. 352.

Заблонский К. И. Прикладная механика Киев 1984.

Осецкий В.М. Горбачев Г.А. и др. Прикладная механика. М. Машиностроения, 1977.

Путята Т.В., Можаровский Н.С., Соколов Н.Г., Гордийко Ф.П. Прикладная механика. Киев, 1977.

Иосилевич Г.Б., Лебедев П.А., Стреляев В.С. Прикладная механика. М. Машиностроение, 1985.

Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. М. Наука, 1982.

Ковалев Н.А. Прикладная механика. М. Машиностроение, 1982.

П. Шохайдарова, Ш. Шозиётов, Ж. Зоиров. Назарий механика. Тошкент, «Ўқитувчи», 1981.

К.М. Мансуров. Материаллар қаршилиги курси. Тошкент, «Ўқитувчи», 1983.

И. Сулаймонов. Машина деталлари. Тошкент, «Ўқитувчи», 1981.

Х.Х. Усмонхўжаев. Механизм ва машиналар назарияси. Тошкент, «Ўқитувчи», 1981.

## МУНДАРИЖА

1. Умумий тушунчалар .....	3
2. Статика .....	3
3. Материаллар қаршилиги ҳақида асосий тушунчалар .....	7
4. Чўзилиш ва сиқилиш .....	12
5. Материалларнинг хоссаларини экспериментал текшириш. Материаллар ва уларни синаш методикаси .....	16
6. Мураккаб кучланиш ҳолати .....	21
7. Силжиш .....	26
8. Текис кесим юзаларининг геометрик характеристикаси .....	29
9. Буралиш .....	32
10. Эгилиш .....	34
11. Балкаларнинг салқилиги ва кесимларнинг айланиш бурчаги .....	39
12. Мураккаб қаршилиқ. (Мураккаб деформация) .....	44
13. Сиқилган стерженларни устуворликка ҳисоблаш .....	46
14. Қобиклар (идишлар) .....	50
15. Механизм ва машиналар назарияси .....	53
16. Машина деталларининг ишлаш лаёқати ва уни таъминлаш .....	59
17. Ўзгарувчан кучланишлар, чидамлилиқни ҳисоблаш .....	62
18. Саноатда ишлатиладиган асосий материаллар ва уларни танлаш .....	65
19. Машиналарни конструкциялаш .....	68
20. Узатмалар .....	69
21. Фрикцион узатмалар .....	70
22. Тасмали узатмалар .....	73
23. Тишли узатмалар .....	78
24. Тўғри тишли цилиндрлик гилдирак тишларини эгувчи ва контакт кучланиш бўйича ҳисоблаш .....	80
25. Конуссимон гилдираклик узатмалар .....	82
26. Занжирли узатмалар .....	84
27. Червякли узатмалар .....	88
28. Планетар узатмалар .....	92
29. Тўлқинсимон узатмалар .....	94
30. Винтавий ва гипоид узатмалар ҳақида қисқача маълумот .....	96
31. Нуқтавий илашиш билан ишлайдиган узатма. (М.Л.Новиков узатмаси ҳақида қисқача маълумот) .....	97
32. Тиш қирқувчи рейкани силжитиш ҳисобига тиш шаклини ўзгартириш .....	98

33. Тишли гилдираклар тайёрлашда ишлатиладиган материаллар .....	99
34. Тишли гилдираклар тайёрлашда аниқлик даражаси ва унинг илашиш сифатига таъсири .....	100
35. Тишларнинг синиши ва емирилиши .....	101
36. Нагруканинг нотекислик ва динамикавий коэффициентлари .....	102
37. Деталларни керакли улчамда тайёрлаш ва уларни урнатиш .....	103
38. Валлар ва уларни ҳисоблаш .....	106
39. Подшипниклар .....	107
40. Бирикмалар .....	109
41. Муфталар .....	115
42. Таянч суз ва иборалар .....	118
43. Назорат саволлари .....	122
44. Адабиётлар .....	125



Н 80 **Нигматуллаев С.И.**  
Амалий механика.: Олий техника ўқув юртлари талабалари учун ўқув қўлланма.—Т.: «Ўзбекистон», 2003. 128 б.

ББК 30. 12я73

ISBN 5-640-02461-5

Н 1603010000-104 2003  
351 (04) 2003

**Собирхон Ильясович Нигматуллаев**

**АМАЛИЙ МЕХАНИКА**

*Ўзбек тилида*

«Ўзбекистон» нашриёти — 2003  
700129. Тошкент, Навоий. 30.

Бадий муҳаррир *Ҳ. Меҳмонов*  
Техник муҳаррир *У. Ким, Т. Харитоновна*  
Мусахҳиҳ *Ш. Мақсудова*

Теришга берилди 3.07.2003. Босишга рухсат этилди 17.11.2003. Бичими 84x108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Тип таймс гарнитурда офсет босма усулда босилди. Шартли босма т. 6,72. Нашр т. 6,33. Нусхаси 1000. Буюртма № 77.  
Баҳоси шартнома асосида.

«Ўзбекистон» нашриёти, 700129. Тошкент, Навоий кучаси, 30.  
Нашр №124—2003.

Ўзбекистон Матбуот ва ахборот агентлигининг Тошкент китоб-журнал фабрикасида чоп этилди. 700194 Тошкент, Юнус-Обод даҳаси, Муродов кучаси, 1.

