

Ўзбекистон Республикаси Олий ва Ўрта Махсус Таълим Вазирлиги

Тошкент Кимё-технология институти

С.И.НИГМАТУЛЛАЕВ

АМАЛИЙ МЕХАНИКА

фанидан ЎКУВ

КЎЛЛАНМА

Тошкент - 2002 йил

Муаллиф: С.И.НИГМАТУЛЛАЕВ

"Амалий механика" фанидан ўқув қўлланма кафедранинг 1999 йил 10

ноябрдаги 3 мажлисида кўриб чиқилди ва факультет Илмий–услубий Кенгашига

кўриб чиқиш учун тавсия этилди.

Ўқув қўлланма "Фундаментал фанлар факультети" илмий услубий Кенгашида 1999 йил 8 декабр № 4 мажлисида муҳокама қилинди ва институт илмий–услубий Кенгашига кўриб чиқиш учун тавсия этилди.

Ўқув қўлланма институт илмий–услубий Кенгашида 2000 йил 16 феврал №5 мажлисида муҳокама қилинди ва Олий ўрта махсус таълим Вазирлиги эълон қилган танловда қатнашиш тавсия қилинди.

Такризчи: Тошкент давлат Техника  
университети доценти т.ф.н.  
Кўчқоров У.Х.

Тошкент кимё-технология  
институти "Жараёнлар ва  
қурилмалар" кафедраси мудири  
проф. Нурмухамедов Х.С.

## АННОТАЦИЯ

Мазкур ўқув қўлланма Ўзбекистон Республикаси Президенти И.А.Каримовнинг ёзган "Баркамол авлод - Ўзбекистон тараккиётининг пойдевори", "Халкимизнинг йўли мустақиллик, озодиик ва туб ислохотлар йўлидир", "Ватанни севмок иймондандир" ва бошка асарларидан олинган хулосаларга асосан тўла фойдаланилган холда, кадрлар тайёрлаш миллий дастурига мувофиқ бакалаврлар тайёрлаш учун тайёрланди. Ушбу ўқув қўлланма Ўзбекистон Республикаси олий ва ўрта махсус таълим Вазирлигининг 14.06.94 да чиқарилган №135 буйруғи ва ТошКТИ нинг 24.01.95 даги №4 буйруғига асосан қуйидаги бакалавр тайёрлаш йўналишларининг ўқув режаларига мослаб ёзилди:

B522700 - Кимёвий технология ва биотехнология

B522900 - Силикат ва зўргасуюлувчан материаллар технологияси

B523000 - Нефть ва нефтни қайта ишлаш технологияси

B523100 - Синтетик ва табиий юкори молекулали бирикмаларнинг кимёвий технологияси

B523200 - Камёб, таркок ва нодир металлар технологияси

B620900 - Ёг ва мойлар технологияси

B621000 - канд ва бижгиш махсулотлари технологияси

B621100 - Гўшт, сут, балик ва консервланган махсулотлар технологияси

B621200 - Дон ва дон махсулотларини қайта ишлаш

технологияси B850100 - Атроф мухит мухофазаси (сохалар бўйича)

Ўқув қўлланмани тайёрлашдан мақсад "Назарий механика", "Материалшунослик", "Материаллар қаршилиги", "Машина деталлари", "Машина ва механизмлар назарияси" фанларининг асосий тушунчалари, элементлари, теоремалари, принциплари, ҳисоблаш усуллари, ЭҲМ ни лойиҳалашда қўллаш, баъзи қисм ва механизмларнинг математик моделларини яшашни ўргатишдан иборатдир. Деформациянинг турларини ўрганиш, мустақамлик назарияларини, устиворликни, машина ва механизмларнинг, конструкцияларнинг узоқ ишлаш муддатини таъминлаш фаннинг асосий мазмунидир.

Бакалаврлар тайёрлаш ўқув режасига мувофиқ "Амалий механика" фанидан 36 соат маъруза, 24 соат амалий машғулотлар, 13 соат лаборатория машғулотлари учун, 14 соат курс лойиҳасини бажаришга, 17 соат талабанинг мустақил билим олишига, жаъми – 104 соат дарс мўлжалланган.

Талабанинг рейтингини аниқдаш Ўзбекистон Республикаси олий ва ўрта махсус таълим Вазирлигининг 08.06.99 даги №194 буйруғига асосан тасдиқланган "Олий таълим муассасаларида талабалар билимини назорат қилиш ва баҳолашнинг рейтинг тизими тўғрисидаги Намунавий Низом" га асосланади ва "Таянч сўз ва иборалар" усулида амалга оширилади.

## 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 қўйилган кучларни қўшиш, айириш ва кучларни таъсир жиҳатидан тенг бўлган эквивалент кучлар системаси билан алмаштириш масалалари назарий механиканинг статика бўлимида текширилади.

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

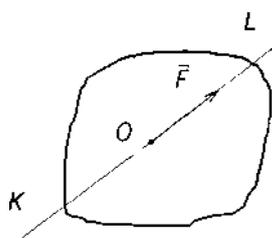
Динамикада эса моддий жисмларнинг ҳаракати шу ҳаракатни вужудга келтирувчи куч билан биргаликда текширилади.

## 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;



$F$  – кучнинг йўналишини кўрсатувчи куч вектори;

$F$  – кучнинг миқдори;

$KL$  – кучнинг таъсир чизиғи.

Куч миқдорга ва йўналишга эга бўлганлиги учун

вектор катталиқ  $F$  билан ифодаланади.

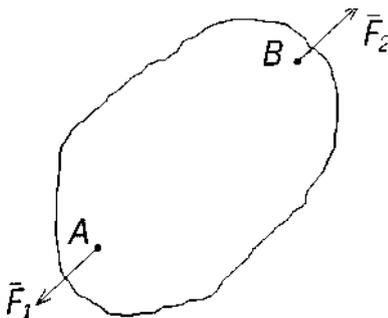
1. Жисмга қўйилган  $F_1, F_2, \dots, F_n$  кучлар тўплами *кучлар системаси дейилади* – Агар  $(F_1, F_2, \dots, F_n)$  кучлар системаси кўрсатадиган таъсирни бошқа  $(Q_1, Q_2, \dots, Q_n)$  кучлар системаси бера олса, бундай икки куч системаси *эквивалент кучлар системаси* дейилади.

$$(F_1, F_2, \dots, F_n) \leftrightarrow (Q_1, Q_2, \dots, Q_n)$$

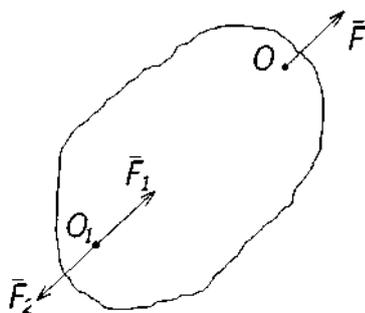
2. Кучлар системасининг жисмга таъсирини ёлғич бир куч бера олса, бундай куч *тенг таъсир этувчи* куч дейилади:  $(F_1, F_2, \dots, F_n) \leftrightarrow R'$
3. Тинч турган жисм унга қўйилган  $(F_1, F_2, \dots, F_n)$  кучлар системаси таъсирида ҳам тинч ҳолатда қолса, бундай кучлар системаси *мувозанатлашган кучлар системаси* ёки *нолга эквивалент система* дейилади:  $(F_1, F_2, \dots, F_n) \leftrightarrow O$
4. 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 фоидаланилади.
5. Жисм фазода ихтиёрий томонга ҳаракатлана олса, бундай жисм *эркин жисм* дейилади.

### Статиканинг асосий аксиомалари

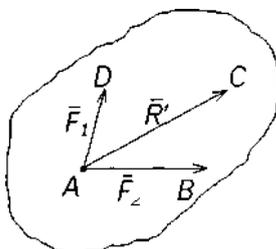
Назарий механиканинг статика қисми тажриба ва кузатишлар ёрдамида аниқланган қуйидаги аксиомаларга асосланади:



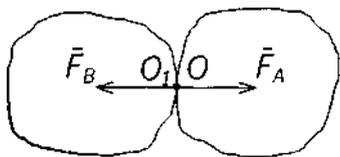
1-аксиома. *Эркин жисмнинг исталган икки нуқтасига микдорлари тенг, йўналиши эса шу нуқталардан ўтувчи тўғри чизиқ бўйича қарама-қарши томонга йўналган иккита куч таъсир этса, бундай кучлар ўзаро мувозанатлашади. Кучлар микдори  $|F_1| = |F_2|$  йўналишини эътиборга олсак,  $F_1 = -F_2$ . Бу нолга эквивалент системадир:  $(F_1, F_2) \leftrightarrow O$*



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



3-аксиома (параллелограмм аксиомаси): *Жисмнинг бирор нуқтасига қўйилган турли йўналишдаги икки кучнинг тенг таъсир этувчиси микдор жиҳатдан шу кучларга қурилган параллелограммнинг улар қўйилган нуқтадан ўтувчи диагоналига тенг бўлиб, шу диагональ бўйлаб йўналади:  $R' = F_1 + F_2$*



4-аксиома: Жисмларни бир бирига таъсири ўзаро тенг ва бир тўғри чизиқ бўйлаб қарама-қарши томонга йўналади:  $F_1 = -F_2$  Бу аксиома Ньютоннинг 3-қонунини ифодалайди.

5-аксиома. Берилган кучлар таъсирида деформацияланадиган жисм мувозанат ҳолатида абсолют қаттиқ жисмга айланса, унинг мувозанати ўзгармайди. Бу аксиома қотиш принципи дейилади.

### Боғланиш ва боғланиш реакциялари

Жисмнинг ҳаракати ёки ҳолати бирор сабаб билан чегараланган бўлса, унга *боғланишдаги жисм* дейилади.

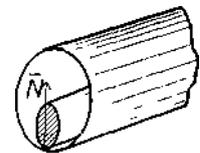
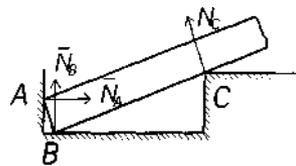
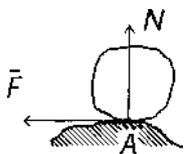
Жисмнинг ҳаракати ёки ҳолатини чекловчи сабабга эса *боғланиш* дейилади.

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

Боғланишнинг жисмга кўрсатадиган таъсирини белгилловчи кучга *боғланиш реакция кучи* дейилади.

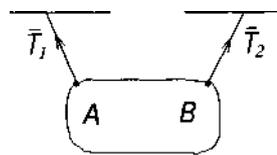
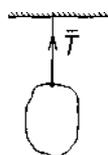
6-аксиома. Боғланишдаги жисмни эркин жисм шаклига келтириш учун жисмга таъсир этувчи кучлар қаторига боғланиш реакция кучини ҳам қўшиш керак. Бу аксиома жисмни боғланишдан бўшатиш аксиомаси дейилади.

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

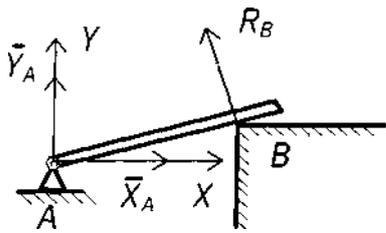


$N$  – нормал реакция кучи;

$F$  – уринма реакция кучи ёки ишқаланиш кучи.



Жисмлар чўзилмайдиган ип, занжир, қайиш ёки стерженлар воситасида осилган бўлса, улардаги реакция кучлари  $T_1 T_2$  – таранглик кучи дейилади.



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

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

### 3. МАТЕРИАЛЛАР ҚАРШИЛИГИ ҲАҚИДА АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Машина ва иншоотлар мустаҳкам, бикр ва устивор бўлиши керак. *Материаллар қаршилиги фани машина ва иншоот қисмларининг мустаҳкам, бикр ва устивор бўлишини ҳисоблашда зарур бўлган зўриқиш ва деформацияларни аниқлаш методдарини 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.Го–долин кабиларнинг ишлари, машҳур олимлар Н.М.Беляев, А.А.Ильюшин, В.В.Соколовский, Х.А.Рахматулин, В.З.Власов, М.Т.Ўрозбоев ва бошқалар материаллар қаршилиги фанининг ривожланишига катта ҳисса қўшдилар.

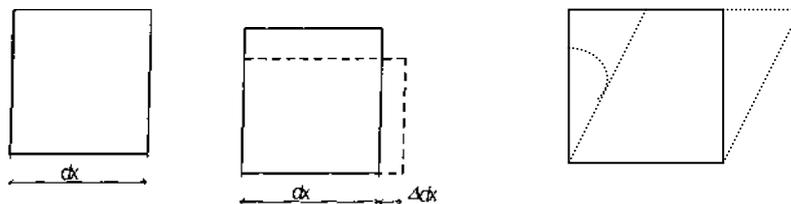
Назарий механика моддий нуқталар ва моддий нуқталар системаси ҳаракати ҳамда унинг мувозанатини текширади.

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

Назарий механикада жислар *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 силжиш

деформация.  $\epsilon$ – нисбий деформация ёки чизикди деформация.

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

### Конструкция элементлари ва тузилмалари

Қаттиқ жисмларнинг геометрик шаклига қараб уларни уч гуруҳга бўлиш мумкин.

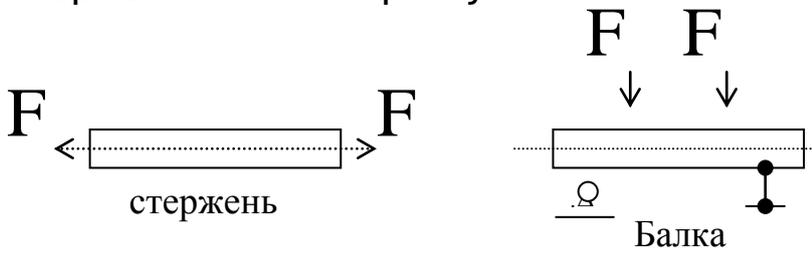
1. Бруслар.
2. Плита ёки пластинка ёхуд қобикдар.
3. Массивлар.

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

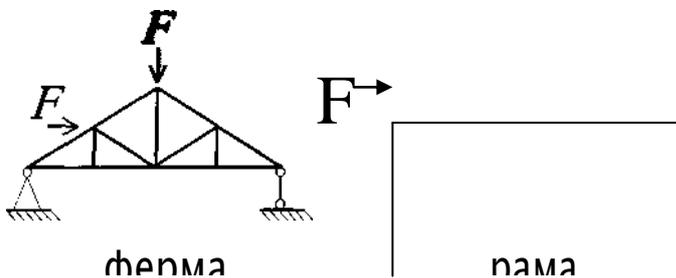
Жисмнинг қалинлиги қолган икки ўлчамадан кичик бўлса, *плита* ёки *пластинка* дейилади; агар жисм эгри сирт билан чегараланган бўлса, *қобик* дейилади.

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

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



Бир неча стержени шарнирлар ёрдамида туташтиришдан ҳосил булган система геометрик узгармаса булса, бундай система *ферма* деб аталади.



Бир неча брус бикр қилиб туташтирилган конструкция қисимлари *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 юklar, реакция кучлари киради.

Ҳажмий кучларга – жисмнинг ўз огирлиги, ҳаракатланаётгандаги инерция кучлари киради.

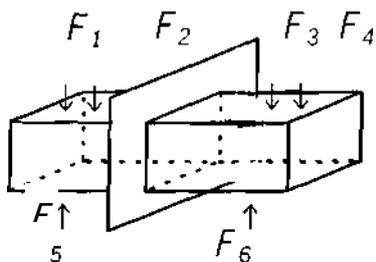
Сиртқи кучлар тўпланган ёки ёйилган бўлади. Тўпланган кучлар т

(тонна), кг (килофамм) бирликларида, ёйилма кучлар эса (масалан, томдаги қор)  $\text{кг/м}^2$ ,  $\text{т/м}^2$ ,  $\text{кг/м}$ ,  $\text{т/м}$  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

$F_1, F_2, F_3, F_4$  - таъсирида брусда реакция кучлари ҳосил булади, бунинг натижасида брус мувозанатда туради.

Бруснинг бирор кесимидаги ички кучларни гопиш 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:

$$\Sigma X=0; \quad \Sigma Y=0; \quad \Sigma M=0; \quad \text{Буларга}$$

*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 бикрликка ҳамда устивор тургунликка ҳисобланади. Конструкция элементлари асосан кучланишларни топиш усулида ҳисобланади.

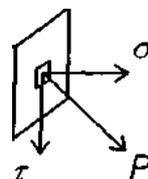
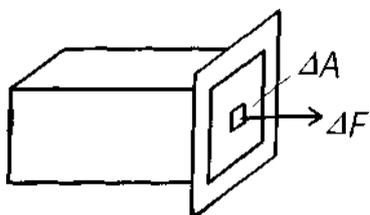
Муҳандислик ҳисоблашларида конструкция элементлари мустаҳкамлик ва триботехника ишончилигига ҳисобланади. Буларга қуйидагилар киради: чўзилиш ва сиқилиш, силжиш ва буралиш, кесим нуқтасининг деформацияланган ва кучланган ҳолати, эгилиш ва мураккаб қаршилиқ, стерженларнинг устиворлиги, ўзгарувчан кучланишдаги 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*  $P_{ур}$  дейилади. *Ҳақиқий кучланиш*  $P$  қуйидагича топилади

$$P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A}, \text{ Н / ММ ёки Па, МПа}$$

$$P_{ур} = \frac{\Delta F}{\Delta A}$$



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 бир-бирига таъсир кўрсатиш характериға нисбатан материаллар қаршилигида баъзи гипотезаларға (чекланишларға) йўл қўйилади.

1–гипотеза. Жисм материали яхлит (говаксиз) 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 мустаҳкамлик принципи.

5–гипотеза. Сен-Венан принципи. Жисмға қўйилган кучнинг таъсир нуқтасидан етарлича узокда 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.

$$\sum_{KK} X = N_x + \sum_{KK} n p F_j = 0$$

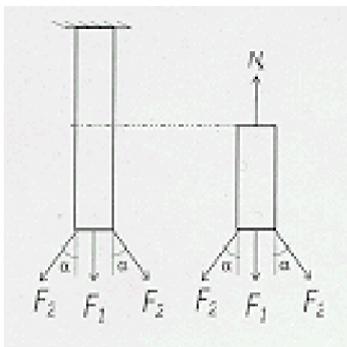
бундан

$$N_x = - \sum_{RR} n p F_i \quad (1)$$

Мисол.

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

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



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.

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

Бу ерда:  $\delta_{mdx}$  – максимал нормал кучланиш;

$N$  – бўйлама куч;

$A$  – кесим юзаси;

$[\sigma]$  – руҳсат этилган нормал кучланиш (турли

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 кўтара оладиган кучни топиш  $N \leq A \cdot [\delta]$

### Бўйлама деформация. Гук қонуни. Кўчишлар.

$l$  – стерженнинг деформациягача бўлган узунлиги;

$l_j$  – стерженнинг деформациядан кейинги узунлиги;

Стержень узунлигининг ортиши *абсолют чўзилиш* деб, камайиш эса *абсолют қисқариш* деб аталади.

$$\Delta l = l_j - l, \text{ мм}$$

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

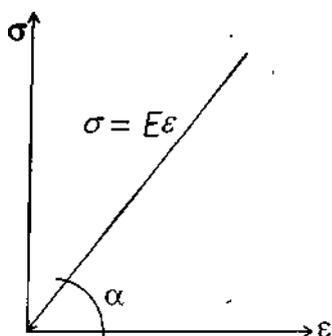
$$\varepsilon = \Delta l / l \quad (4)$$

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 коэффициен-ти ёки эластиклик модули* дейилади.



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

$$\Delta l = F l / EA \quad (6)$$

Бу формула *чўзилишдаги Гук қонуни* дейилади. Бу ерда  $EA$  *бикрликни* билдиради.

### Кўндаланг деформация. Пуассон коэффициенти.

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

Нисбий кўндаланг деформация қуйидагича ифодаланади:

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

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

$$\mu = [\varepsilon' / \varepsilon] \quad (8)$$

$\mu$  – кўндаланг деформация коэффициенти ёки (француз математиги шарафига) Пуассонкоэффициенти дейилади.  $\mu = 0 \dots 0,5$ .

Чузилган ёки сиқилган стерженларнинг ўз огирликларини ҳисобга олиш.

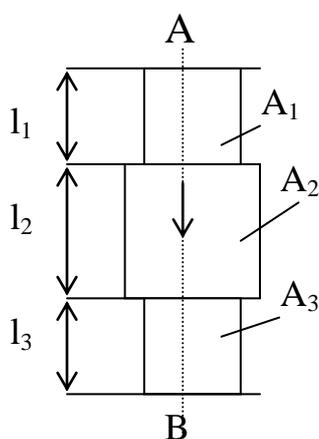
Стерженнинг абсолют чўзилиши қуйидагича ифодаланади:

$$\Delta l = \frac{\gamma A l}{EA} \cdot \frac{1}{2} = \frac{Ql}{2EA}$$

Бу ерда:  $\gamma$  – стержень материалининг солиштира огирлиги;  
 $A$  – 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, сўнфа "ортиқча" номаълумларнинг сони аниқланади. Кейин система деформациясининг шартидан фойдаланиб қўшимча тенгламалар тузилади. Қўшимча тенгламаларнинг сони албатта "ортиқча" номаълумлар сонигатўгри келиши керак.

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

$B$  нуқтанинг кўчишини топиш учун Гук қонунидан фойдаланамиз:

$$\delta_B = -\frac{R_B l_3}{EA_3} - \frac{R_B l_2}{EA_2} - \frac{R_B l_1}{EA_1} + \frac{Fl_1}{EA_1} = 0$$

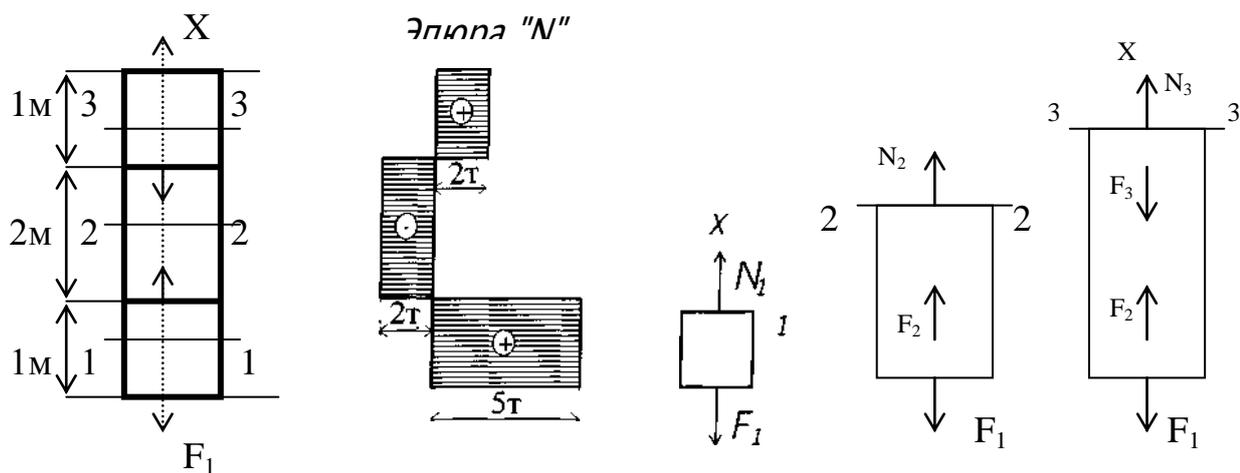
$$R_B = \frac{Fl_1}{A_1(l_1/A_1 + l_2/A_2 + l_3/A_3)}; R_A = \frac{F(l_2/A_2 + l_3/A_3)}{l_1/A_1 + l_2/A_2 + l_3/A_3}$$

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 конунидан фойдаланиб тегишли зўриқиш кучлари билан алмаштирилади ёки ортиқча номаълум куч қўйилган нуқтасининг кўчиши топилиб нолга тенглаштирилади.
5. Ҳосил бўлган тенгламалар биргалиқца 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.

Ечиш.

1-1 текислик билан кесамиз. Мувозанат тенглама

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

2-2- кесим учун мувозанат тенглама

$$\sum_{KK} X = N_2 + F_2 - F_1 = 0$$

$$N_2 = F_1 - F_2 = 5 - 7 = -2T$$

3-3- кесим учун мувозанат тенглама.

$$\sum_{KK} X = N_3 - F_1 + F_2 = 0$$

$$N_3 = F_1 - F_2 + F_3 = 5 - 7 + 4 = 2T$$

## 5. МАТЕРИАЛЛАРНИНГ ҲОССАЛАРИНИ 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 сезларли даражада деформация қолдириб емирилади.

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

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

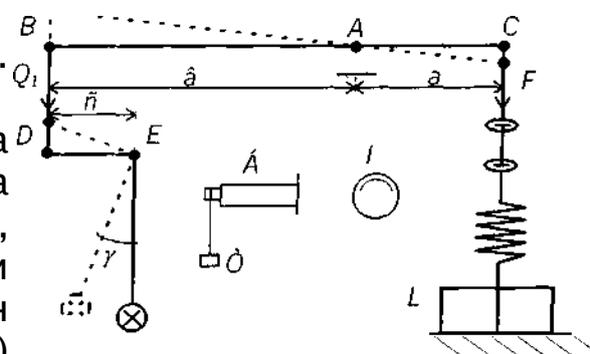
Материалнинг механик ҳоссаларини текшириш учун ундан маълум шаклдаги намуна ясаб ва бу намуна узувчи машиналарнинг қисқичлари орасига қўйиб синалади.

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

Ричагли машиналарнинг қуввати 5 т гача боради.

Гидравлик

машиналарники эса 100 т гача боради. Машинада узун (*B*) ва қисқа (*a*) елкали ричаг бўлиб, қисқа елканинг *C* нуқтаси юқорисига қисқич осилган. Узун елканинг *I* тугунига синиқ (*BDE*) ричаг ёрдамида маятник уланган. ~ *Q*



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, бутун система пунктир чизиқ билан кўрсатилган вазиятни олади: намунага таъсир этувчи *F* куч билан маятникнинг *Q* юки орасида қуйидаги боғланиш мавжуд:

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

бундан ташқари  $Q_1 \cdot c = Q \cdot l \cdot \sin \gamma$ , Бу  
икки тенгламадан  $Q_1$  ни чиқариб  $Q_1 = F \cdot a / b$  нинг ўрнига  
қўйсак,

$$F a c / b = Q l \sin \gamma$$

бўлади.

Бу ердан  $F = Q b l \sin \gamma / a c$ ;

Энди  $m = b l \sin \gamma / a c$  деб белгиласак,

$$F = m Q$$

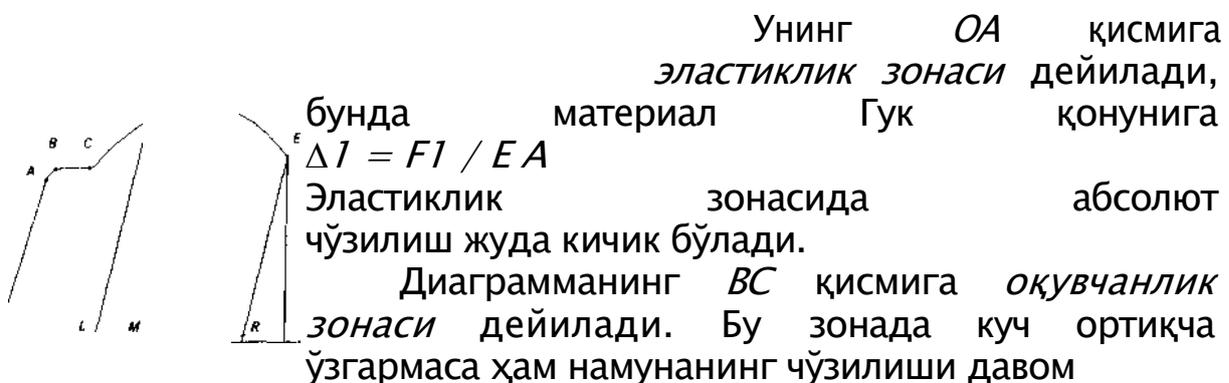
Бундай кўринадики, намунага таъсир этувчи куч маятникнинг оғирлигига пропорционалдир, яъни маятник намунанинг узилдиш ёки сиқилишига қаршилик кўрсатади; бу қаршилик (П) динамометр ёрдамида ўлчанади.

Бундан ташқари машинага (Б) барабан ўрнатилган бўлиб унда намунага таъсир қилувчи куч ва намуна деформацияси 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.



этади. Бу зонада намунанинг ялтироқ сирти хираланиб, унинг ўқи билан  $45^\circ$  бурчак тузувчи дарз чизиклари ҳосил бўлади. Бу чизиклар Чернов чизиклари дейилади.

Чўзилиш диаграммасининг  $CD$  қисми мустаҳкамланиш зонаси деб аталади, бу зонада чўзилиш куч ошиши туфайли ҳосил бўлади. Мустаҳкамланиш зонасида намунанинг узиладиган кесими ингичкалашиб, бўйин ҳосил бўлади. Бўйин ҳосил бўлган ерда  $F$  кучнинг қиймати  $D$  нуқтага, яъни максимум қийматига етганда, намунанинг чўзилиши маҳаллий

характерга эга бўлади ва шунинг учун ҳам диаграмманинг  $DE$  участкасини *маҳаллий оқувчанлик зонаси* дейилади.

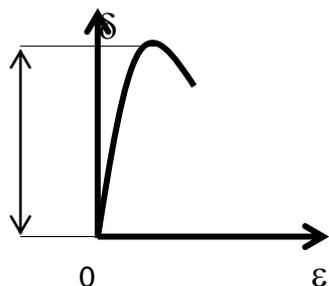
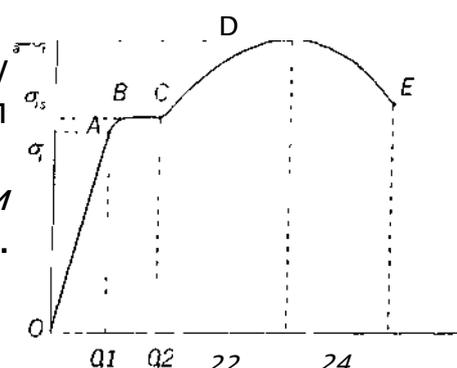
Агар намунани чўзувчи куч миқдори  $MK$  га етганда уни кучдан озод қилсак  $F$  куч билан  $\Delta l$  деформация орасидаги боғланиш  $KL$  тўғри чизиги билан тасвирланади, бу тўғри чизиқ  $OA$  тўғри чизиққа параллел бўлади. Бу ҳолда деформациянинг бир қисми  $\Delta l_n = OL$  намунада сакланиб қолади. Эластиклик қисми  $\Delta l_{\varepsilon} = LM$  эса йўқолиб кетади.

Материалнинг механик характеристикасини кўрсатиш учун диаграмма  $\sigma$  ва  $\varepsilon$  орқали чизилади.  $A$  нуқтага *пропорционаллик чегараси* дейилади. Ст.3 учун  $\sigma_n = 2 \cdot 10^8 \text{ н/м}^2$ .

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

$D$  нуқтага *мустваҳкамлик чегараси* дейилади ёки *вақтли қаршилик* дейилади.  $\sigma_{в} = \sigma_{м} = 3,8 \cdot 10^8 \text{ н/м}^2$ . Бу чегарада бўйин ҳосил бўлади.

Мўрт материалларда чўзилиш диаграммасида фақат оқувчанлик чегараси бўлмайди, диаграммада



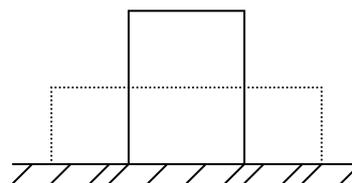
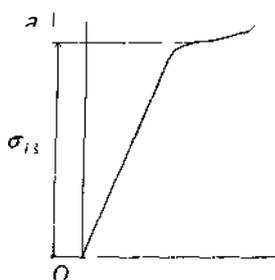
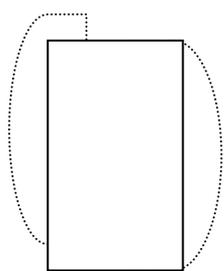
мустваҳкамлик чегараси ҳосил бўлади.

### Сиқилишга синаш.

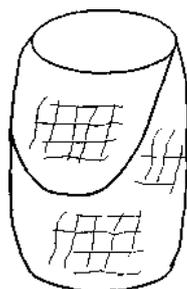
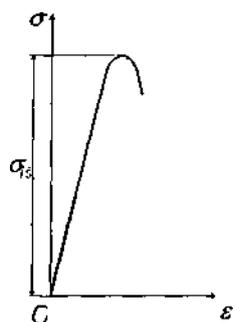
Материалларни сиқилишга синашнинг ўзига ҳос хусусияти бор.

1. Намуналар цилиндрик ёки куб шаклида ясалади. Уларнинг баландликлари  $h < 3d$  дан ошиб кетмаслиги керак. Акс ҳолда соф сиқилишга бўйлама эгилиш ҳам қўшилиб кетади.

2. Намуналарни жуда ҳам кичик қилиб яшаш мумкин эмас, акс ҳолда уларнинг мосламаларига тақалган кесимларида ишқаланиш кучлари ҳосил бўлию, улар шу кесимнинг кенгайишига йўл қўймайди. Натижада намуна бочкасимон кўринишга эга бўлади.



Пластик материаллар сиқилган сари пачокланади. 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.

### Руҳсат этилган кучланишни танлаш. Эҳтиёт коэффиценти.

Конструкцияларнинг емирилмай узоқ вақт хавфсиз ишлашини таъминлайдиган энг катта кучланиш руҳсат этилган кучланиш дейилади.

мўрт материаллар учун

$$[\sigma] = \sigma_{\text{ЧЕК}} / K$$

пластик материаллар учун

$$[\sigma] = \sigma_B / K$$

$$[\sigma] = \sigma_{\text{ОК}} / K_{\text{ОК}}$$

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

бу ерда:  $\delta_{\text{ЧЕК}}$  – хавфли (чекли) кучланиш;

$K$  – эҳтиёт коэффициенти;

$\sigma_{\text{В}}$  – вақти қаршилиқ ёки мустаҳкамлик чегараси;

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

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

$K_1$  – юкларни, кучланишларни топишдаги ноаникликни ҳисобга олувчи коэффициент;

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

$K_3$  – деталнинг ишлаш шароитини ҳисобга олувчи коэффициент.

## 6. МУРАККАБ КУЧЛАНИШ ҲОЛАТИ.

### 6.1 Оддий чўзилиш ёки сиқилишдаги стерженларнинг қия кесимларида ҳосил буладиган кучланишлар.

Чўзилган стерженнинг кўндаланг кесимини  $\alpha$  бурчаги ҳосил қилувчи  $m$  текислиги билан кесамиз.  $m$  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. Тўла кучланиш  $P_\alpha$  ни қия юзага тик ва параллел тузувчиларга ажратамиз.

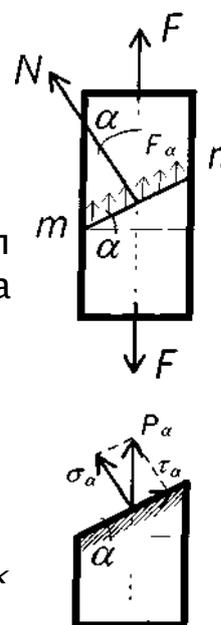
$$\sigma_\alpha = P_\alpha \cos\alpha = \sigma \cos^2 \alpha \quad (1)$$

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

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

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

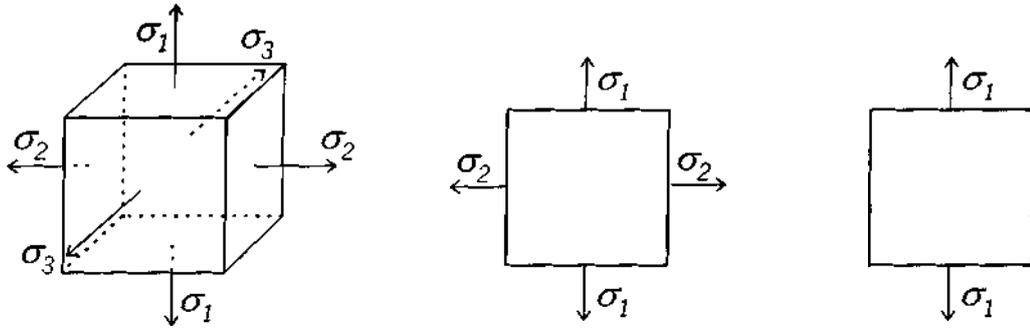
Демак  $\alpha = 0^\circ$  бўлганда нормал кучланиш энг катта ва уринма кучланиш  $\tau_\alpha = 0$  бўлади. Уринма кучланишлар нол бўлган юзалар бош юзалар дейлади. Бу юзаларга таъсир кучланишлар бош нормал кучланишлар деб аталади.



килган

### Кучланиш ҳолатининг турлари.

Агар стержендан мураккаб 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 *чизикди кучланиш* ҳолатида бўлади. Бунда  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$  деб қабул қилинган.

### Текис кучланиш ҳолати.

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

$$\sigma_\alpha = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_2 \sin^2 \alpha$$

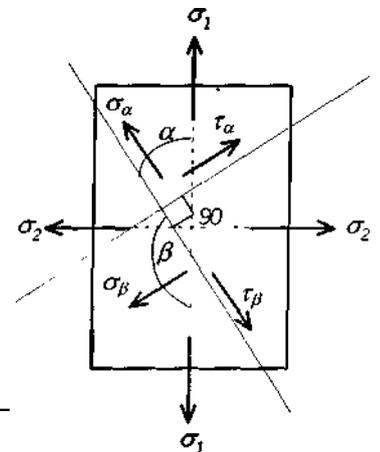
$$\tau_\alpha = (\sigma_1 - \sigma_2) / 2 \cdot \sin 2\alpha$$

$$\sigma_\beta = \sigma_1 \cos^2 \beta + \sigma_2 \sin^2 \beta$$

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

$$\tau_\beta = \tau_\alpha$$

Узаро тик икки юзанинг уринма кучланишлари бир-бирига тенг бўлиб, йўнапишлари 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.

Чизикли кучланиш, яъни оддий чузилиш ёки сикилиш ҳолатида булган стерженнинг мустаҳкамлик шартита

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

Бунда мурт материаллар учун  $[\sigma] = \frac{\sigma_M}{K_M}$ ,

пластик маъериаллар учун  $[\sigma] = \frac{\sigma_{ок}}{K_{ок}}$ .

Намуна материалнинг мустаҳкамлик чегараси  $\sigma_m$  билан окувчанлик чегараси  $\sigma_{ок}$  тажриба ёрдамида топилади. Аммо мураккаб кучланиш ҳолати, яъни текис ва хажмий кучланиш ҳолатлари учун лабораторияларда бундай тажрибаларни утказиб булмайди.

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

### Мустаҳкамликнинг биринчи назариялари.

XVII асрда Галилей майдонга ташланган.

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

мурт материаллар учун  $\sigma_1 = \sigma_m$ ,

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

Детални мустаҳкамлик шартини ёзиш учун юкоридаги иккала формулани унғ томонини эҳтиёт коэффициентига булиш керак.

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

Пластик материалдан ясалган намуна ҳар томонлама сиқилганда оддий чузилган стержен бардош бера оладиган кучланишга караганда бир неча марта ортиқ кучланишга бардош бера олиши тажрибада исботланган.

Бу назария пластик материаллар учун тугри келмайди, мурт материаллар учун тугри келади.

### Мустаҳкамликнинг иккинчи назарияси

Бу назарияни биринчи булиб Мариотт таклиф қилган. Иккинчи назария энг катта нисбий чузилишга асосланади. Мураккаб кучланиш ҳолатидаги деталда хавфли ҳолат унинг энг катта нисбий чузилиши (сиқилиши) шу детал материалдан ясалган намунани оддий чузилишдаги хавфли ҳолатига тегишли нисбий чузилишга етганда бошланади. Хажмий кучланиш ҳолатидаги энг катта нисбий чузилиш  $\varepsilon_{max}$  куйидагича

$$\varepsilon_{max} = \varepsilon_1 = \frac{1}{E} [\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3)]$$

Чизикли кучланиш ҳолатида намунани емирилиш пайтидаги энг катта нисбий чузилиши эса бундай,

$$\varepsilon_{max} = \frac{\sigma_m}{E}$$

Агар хажмий ва чизикли кучланиш ҳолатлари учун эластикли модуллари бир хил булади деб ҳисобласак, у ҳолда мураккаб кучланган стерженларни емирилиш шарти бундай,

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

Мустаҳкамлик шарти куйидагича,

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

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

### Мустаҳкамликнинг учинчи назарияси.

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

Хажмий кучланиш ҳолатида *max* уринма кучланиш

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

формуладан, чизикли кучланиш ҳолатида эса *max* уринма кучланиш

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

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

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

бунда  $[\tau] = \frac{\sigma_{ок}}{2K}$  булганлигидан мустаҳкамлик шарти 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 ташкари, уртача кучланиш  $\sigma_2$  нинг таъсири ҳам ҳисобга олинмайди. Материалнинг ишлаш шароитини узгартирмай,  $\sigma_2$  ни  $\sigma_1$  билан  $\sigma_3$  орасида истаганча узгартира берамиз, бу ҳол албатта шубҳа тугдиради.

Бу назариянинг натижалари ҳам тажрибаларда купинча тасдиқланмайди.

### Мустаҳкамликнинг туртинчи назарияси.

Бу назария детал шаклининг узгаришидангина ҳосил булган деформациянинг солиштирма потенциал энергиясига асосланган булиб, у куйидагича таърифланади: мураккаб кучланиш ҳолатидаги деталда хавфли вазият ундаги деформациянинг солиштирма потенциал энергияси шу детал материалдан ясалган намунанинг оддий чузилишидаги хавфли вазиятига тегишли деформациянинг солиштирма потенциал энергиясига етганда бошланади.

Мураккаб кучланиш ҳолати учун деформациянинг солиштирма потенциал (факат детал шаклини узгартириш учун сарф булган) энергияси (аввалги бобдаги) формуладан, чизикли кучланиш ҳолатида факат шакли узгартиш учун сарф булган солиштирма потенциал энергияси (аввалги бобдаги) формулалардан топилгани учун бу назария формуласи куйидагич 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 тугри келади.

Бу назарияга биноан деталнинг мустаҳкамлик шартини ёзиш учун бу формулани унғ томонини эҳтиёт коэффициенти  $K$  га булиш 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 туртинчи назарияга асосан деталнинг мустаҳкамлик шартидир.

Тажрибалар шуни курсатадики, туртинчи назария баъзи материаллар учун каноатланарли натижалар беради. Бу назариядан хусусан пластик материаллар учун тугри натижалар олинади. Аммо туртинчи назарияда ҳам, учинчи назариядаги каби, баъзи бир камчилик бор: унда биринчидан,

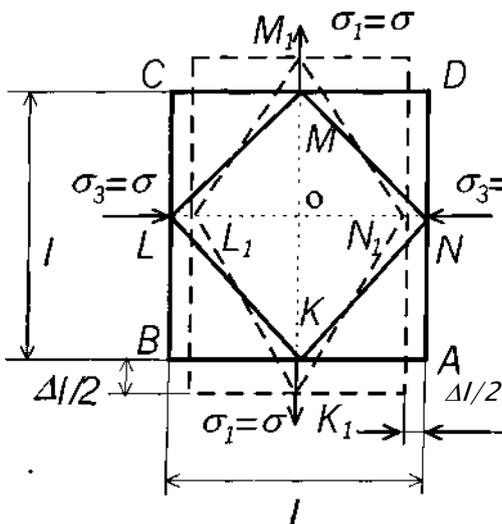
материалнинг тузилиш хусусияти, иккинчидан, детал хажмининг эластик узгаришлари ҳисобга олинмайди.

Сунгги 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.

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

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

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

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

$$2)^2 + (-\sigma) \cdot (\sqrt{2}/2)^2 = 0$$

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

Шундай қилиб, биз текширяётган 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 конуни.

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

*LB*, *CD* томонлари эса бош кучланишлар таъсирида сиқилади. Унинг абсолют чўзилиш ёки сиқилишлари абсолют қиймат жиҳатидан

тенг бўлади.

$$\Delta l = \varepsilon_1 l = \varepsilon_2 V$$

$KLMN$  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.

$$K_1L_1M_1 - \pi/2 = \gamma$$

$$K_1L_1O = \pi/4 + \gamma/2$$

Шаклдан бу бурчакнинг тангенсини аниқлаймиз.

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(\pi/4 + \gamma/2) &= K_1O / OL_1 = (1/2 + \Delta l/2) / (1/2 - \Delta l/2) = (1 + \Delta l/l) / \\ (1 - \Delta l/l) &= (1 + \varepsilon_1) / (1 - \varepsilon_1) = 1 + \varepsilon_1 \end{aligned}$$

Бурчак жуда кичик бўлганлигидан  $\operatorname{tg} \gamma \approx \gamma$  деб олса бўлади.  $\operatorname{tg}(\pi/4 + \gamma/2) = \operatorname{tg}(\pi/4) + \operatorname{tg}(\gamma/2) / (1 - \operatorname{tg}(\pi/4) \cdot \operatorname{tg}(\gamma/2)) = 1 + \gamma/2$

тенгламанинг ўнг томонларини тенглаштирак  $1 + \varepsilon_1 = 1 + \gamma/2$  бундан  $\varepsilon_1 = \gamma/2$

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

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

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

$\mu$  – Пуассон 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 руҳсат этилган кучланиш.

Силжиш учун руҳсат 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 руҳсат этилган кучланиш  $[\tau] = 0,77 [\sigma]$  бўлади.

Учинчи назарияга мувофиқ  $[\sigma] \geq \sigma_1 - \sigma_3 = \tau - (-\tau) = 2\tau$

$$[\tau] = 0,5 [\sigma]$$

Тўртинчи назарияга кўра

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

ёки

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

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

$$\sqrt[3]{3} \leq [\sigma]$$

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

## 8. ТЕКИС КЕСИМ ЮЗАЛАРИНИНГ ГЕОМЕТРИК ХАРАКТЕРИСТИКАСИ.

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

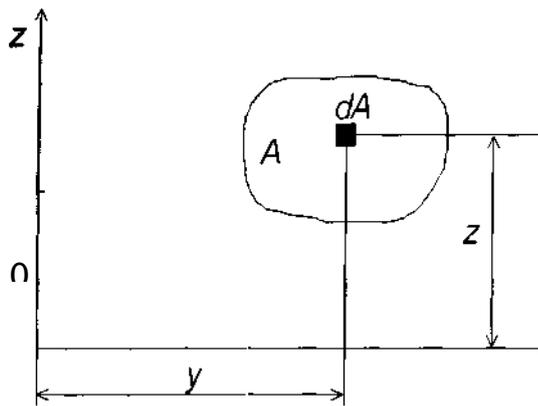
1. Текис кесим юзаларининг ўққа нисбатан статик моментлари.
2. Текис кесим юзаларининг инерция моментлари.

### Текис кесим юзаларининг статик моментлари.

Текис кесим юзасидан ажратилган элементар юзача билан шу юзачадан  $OY$  ўқигача бўлган оралиқдар орасидаги кўпайтмалар йиғиндиси текис кесим юзанинг  $OY$  ўқига нисбатан статик momenti

деб аталади.

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



$$OZ \text{ укига нисбатан } S_y = \int_A z dA \quad (2)$$

Формуладан кўринадиган ўлчови см<sup>3</sup>. у  
Статик момент

ҳисобланадиган ўқдарни 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:

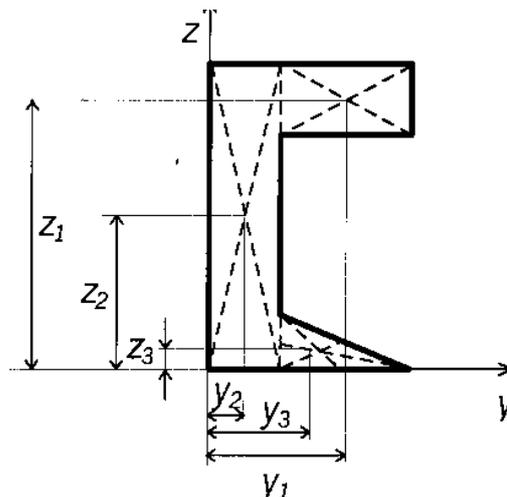
$$\begin{aligned} S_z &= A \cdot Z_c \\ S_y &= A \cdot Y_c \end{aligned} \quad (3)$$

бу формуладан қуйидаги хулоса келиб чиқади: *Текис кесим юзалари-нинг ўз марказий ўқдарига нисбатан статик моментлари нолга тенгдир.*

Агар бирор кесимнинг статик momenti ва юзаси маълум бўлса, у ҳолда кесим марказининг координаталари қуйидагича топилади.

$$\begin{aligned} Y_c &= S_z / A \\ Z_c &= S_y / A \end{aligned} \quad (4)$$

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

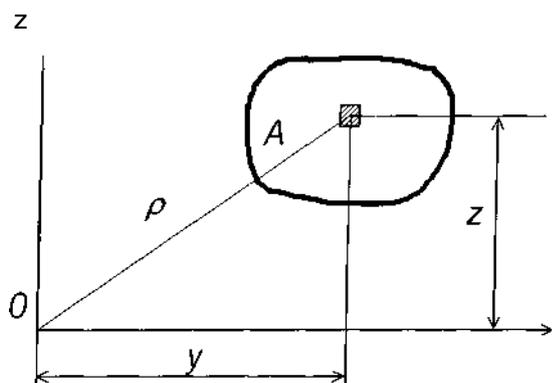


$$\left. \begin{aligned} Y_c &= (A_1 Y_1 + A_2 Y_2 + \dots + A_n Y_n) / (A_1 + A_2 + \dots + A_n) = \frac{\sum_{i=1}^n A_i Y_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \\ Z_c &= (A_1 Z_1 + A_2 Z_2 + \dots + A_n Z_n) / (A_1 + A_2 + \dots + A_n) = \frac{\sum_{i=1}^n A_i Z_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

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 юзаларининг инерция моментлари.

Кесим юзасидан ажратилган ҳамма элементар юзачалар уларнинг ўқлар ораликдари квадратларига кўпайтмаларининг 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  $CM^4$

Кесим юзасидан ажратилган ҳамма элементар юзачаларнинг координаталар бошигача бўлган оралиқлари квадратларига

кўпайтмаларининг йиғиндиси қутб (поляри) инерция моментлари дейилади.

$$J_p = \int_A \rho^2 dA, \quad \text{ўлчови } CM^4 \quad (7)$$

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

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

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

$$(6) \text{ формулага биноан } J_p = J_y + J_z \quad (8)$$

Кесим юзасидан ажратилган ҳамма элементар юзачаларининг координата ўқдарига бўлган ораликларига кўпайтмаларининг йиғиндиси шу кесим юзининг марказдан қочирма инерция моменти дейилади.

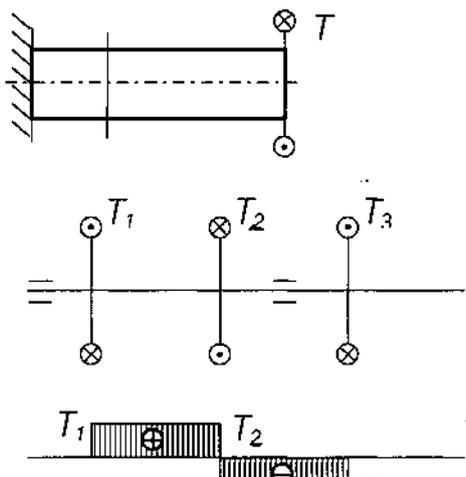
$$J_{yz} = \int_A yz dA \quad (9)$$

## 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 ўқидасини танлаймиз: кесим тарафдан таралганда ташқи буровчи момент вални соат стрелкаси щаракати йуналишига карши айлантурса мусбат булади.

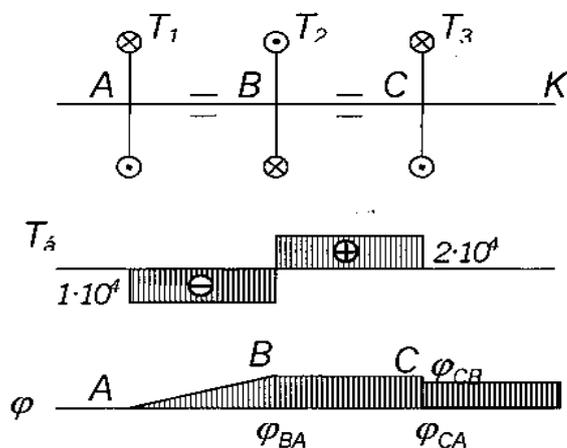
$T_x = +T$   
 $T_x' = -T_3$   
 $T_x'' = -T_3 + T_2$   
 $T_x = 9550 \text{ М/н, н·м}$

Эпюра  $T_x$

Валнинг буралишдаги мустаҳкамлик шarti.

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

$$\pi d^3 / 16 = T_{\text{бmax}} / [\tau]; \quad d \geq \sqrt[3]{16 T_{\text{б}} / \pi [\tau]}$$



Валларнинг буралиш бурчагининг эпюрасини чизиш.

Валнинг узунаси буйлаб буралиш бурчагининг узгариш  
= онунини билиш ма=садида шу бурчакнинг эпюраси чизилади.

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

Буралиш бурчаги  $\varphi = T_{\text{б}} \cdot l / G \cdot J_P$

бу ерда:  $G$  - буралишдаги эластиклик модули

$J_P$  - инерция моменти

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

Буралиш бурчаги эпюрасини чизиш учун бирор нуқтадаги, масалан, А нуқтадаги кесимни қўзғолмас деб фараз қиламиз. А кесимга нисбатан В кесимнинг буралиш бурчагини топамиз. АВ участканинг буралиш бурчагини кесимларда ҳосил бўлган буровчи  $T_6 = 1 \cdot 10^4$  н·м момент таъсиридан аниқланади.

$$\varphi_{ВА} = T_6 \cdot l_{AB} / G \cdot J_p$$

Энди В кесимга нисбатан С кесимнинг буралиш бурчагини топамиз.

$$\varphi_{СВ} = T \cdot l_{СВ} / G \cdot J_p$$

бунда  $T_6'' = 2 \cdot 10^4$  н·м.

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

$$\varphi_{СА} = \varphi_{ВА} + \varphi_{СВ} = T_6 \cdot l_{AB} / G \cdot J_p - T_6'' \cdot l_{СВ} / G \cdot J_p$$

## 10. ЭГИЛИШ

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

Эгилишга қаршилик кўрсатувчи бруслар *балка* деб аталади.

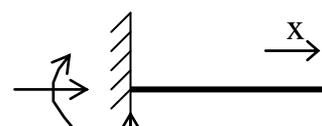
Балка кесимида ҳосил бўладиган зўриқиш кучларини аниқдаш учун кесиш методидан фойдаланамиз.

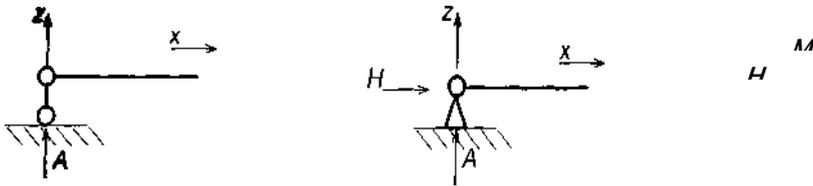
Балкага қўйилган юклар унинг симметрия текислигида ётса бундай эгилишга *текис эгилиш* дейилади. Акс ҳолда балкада *қийшиқ эгилиш* содир бўлади.

### Балка таянчларининг хиллари.

Текислик системасига оид балка таянчлари уч хил бўлади.

1. Шарнирли қўзғолувчан таянч.
2. Қўзғолмас 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.

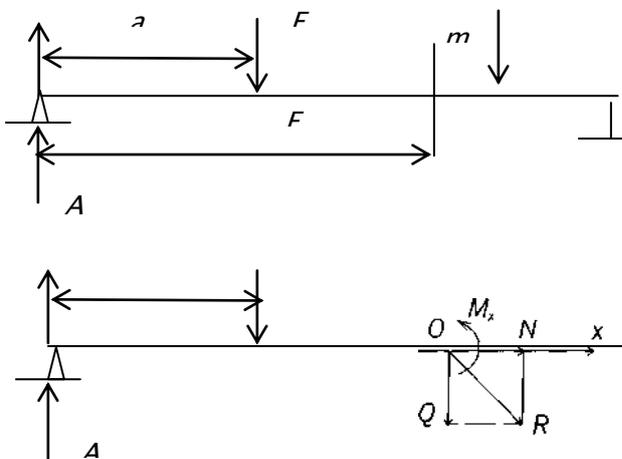
Агар номаълум реакциялар сони шу балка учун лозим бўлган статик тенгламалар сонидан ортиб кетса, у ҳолда балкалар *статик аниқмас балкалар* дейилади. Бундай балкаларнинг реакцияларини топиш учун қўшимча тенгламалар (деформация тенгламалари) тузиш лозим бўлади.

### Таянч реакцияларини аниқлаш.

Статик аниқ балкаларнинг таянч реакцияларини топишда статиканинг мувозанат тенгламаларидан фойдаланилади.

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

Балкадаги зуриқиш 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 кесимдаги зуриқиш кучларига эквивалент бўлади

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

Бунда  $M_x$  – кучларнинг кесим марказига кўчишда ҳосил бўлган жуфт куч моментларининг алгебраик йигиндиси 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.

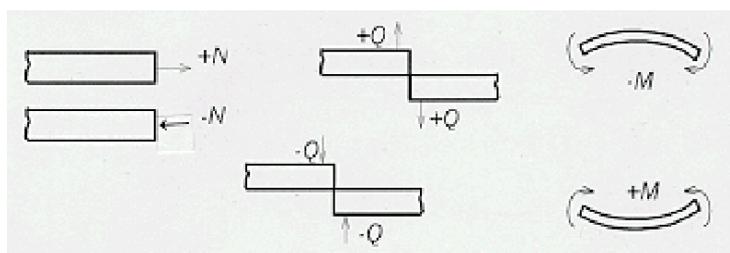
Бу кучларни топиш учун балканинг қолган қисми мувозанатини текшираемиз:

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

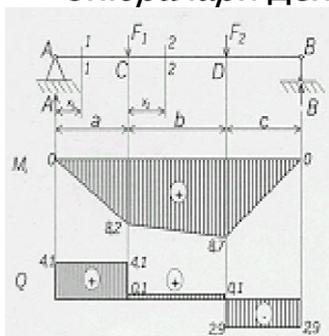
$$\Sigma Z = -Q + A - F_1 = 0 \qquad M_x = Ax - F_1(x-a_1)$$

$$Q = -F_1 + A$$

Ишоралар қоидаси:



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



Мисол.

Берилган:

$$F_1 = 4\text{Т}, F_2 = 3\text{Т}$$

$$a = 2\text{м}, b = 5\text{м}, c = 3\text{м}$$

$M$  ва  $Q$  пюралари қурилсин.

$$\text{Ечиш: } \Sigma M_a = F_1 a + F_2(a+b) - B l = 0$$

$$B = \frac{F_1 a + F_2(a+b)}{l} = \frac{4 \cdot 8 + 3 \cdot 7}{10} = 2,9\text{Т}$$

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

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

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

1-участка:  $0 \leq x_1 \leq a$

$$M_{x^1} = A \cdot x_1; \qquad x_1 = 0;$$

$$M_{x^1} = 0$$

$$x_1 = a;$$

$$M_{x^1} = A \cdot a = 4,1 \cdot 2 = 8,2$$

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:  $0 \leq x_3 \leq c$

$$M_{x^3} = Bx_3; \quad x_3=0; \quad M_{x^3} = 0.$$

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

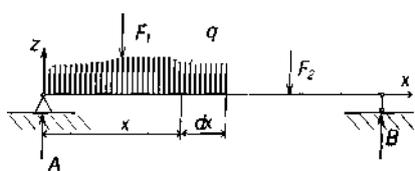
1-1 кесим учун:  $Q_{x^1} = A = 4,1 \text{ т} = 4,1 \cdot 10^4 \text{ Н}.$

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:  $Q_{x^3} = -B = -2,9 \text{ т} = 2,9 \cdot 10^4 \text{ Н}.$

$$Q_{x^3} = A - F_1 - F_2 = 4,1 - 4 - 3 = -2,9 \text{ т} = -2,9 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Эгувчи момент, кесувчи куч ва ёйилган куч интенсивлиги орасида дифференциаль боғлиқликлар.



$dx$  узунликдаги бир элементни ажратиб оламиз. Кесилган элементнинг чап кўндаланг кесимига балканинг ташлаб юборилган қисмларининг таъсирини мусбат кесувчи куч  $Q_x$  ва мусбат эгувчи момент  $M_x$

билан белгилаймиз. Ажратилган элементнинг ўнг томонидан кўндаланг кесимига  $M_x + dM_x$  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:

$$\sum Z = 0$$

$$Q_x - qdx - (Q_x + dQ_x) = 0; \quad dQ_x = -qdx$$

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 тенгламасини ёзамиз.

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

$$\sum M_B = M_x + Q_x dx - qdx \cdot dx/2 - (M_x + dM_x) = 0 \quad dM_x = Q_x dx - q \cdot (dx)/2$$

бу ифоданинг ўнг томонидаги иккинчи ҳад чексиз кичик сон бўлганлиги

$$\text{учун уни эътиборга олмаймиз. } dM_x / dx = Q_x \quad (2)$$

яъни, эгувчи моментдан  $x$  абсцисса ўқи бўйича олинган биринчи ҳосила текшириляётган 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 ёйилаётган 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 тенгламасини ифодалагани учун нолдан катта, яъни  $Q_x = tga > 0$  бўлганда тегишли участкада эгувчи момент камаяди. Аксинча,  $Q_x \leq 0$  бўлган участкада эгувчи момент катталашади. Агар  $Q_x$  дан ўтиб, ўз ишорасини (+) дан (-) га ўзгартирса, бу нуқтада эгувчи момент максимум, ишораси (-) дан (+) га ўзгарса минимум бўлади. Агар текширилатган участкада  $Q_x = 0$  бўлса  $M_x = const$  бўлади.

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

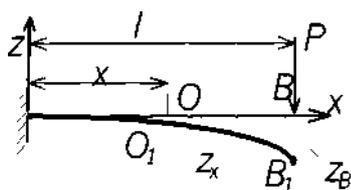
3. Балканинг текис ёйилган юklar қўйилган участкаларида  $Q_x$  нинг эпюраси абсциссалар ўқига оғма бўлган тўғри чизиқ,  $M_x$  нинг эпюраси эса квадратик парабола ёйи билан чегараланади.

а) тўпланган куч қўйилган кесимлардан  $Q_x$  нинг эпюраси шу куч микдори қадар сакрайди.  $M_x$  нинг эпюрасидаги оғма чизиқ 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

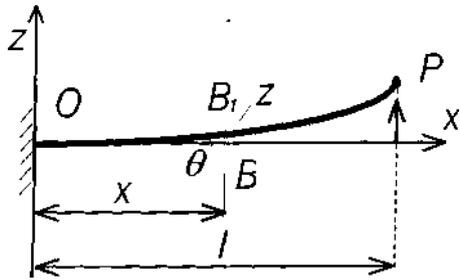
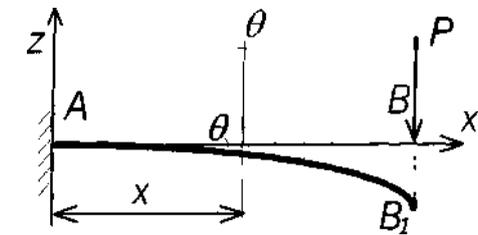
Шаклда бир учи билан маҳкамланган ва эркин учига  $P$  куч қўйилган балканинг эгилган ўқи катталаштириб кўрсатилган.



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

Балканинг кўндаланг кесимида огирлик 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.



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

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

бурчаги қуйидагича:  $tg\theta = dz / dx \quad (2)$

Амалда балканинг салқилиги унинг узунлигига нисбатан жуда кичик микдор бўлганлигидан одатда  $1^0$  дан катта бўлмайди. Яъни  $tg\theta = \theta$  деб олиш мумкин.

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

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

Соф эгилишни эгувчи момент орқали ифодалаймиз:

$$z'' = \pm M_x / E J_y b \quad (4)$$

Аввалги дифференциал боғланишларни солиштирсак:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = z' \\ \pm M = E J_y z'' \\ Q = dM_x / dx = (E J_y z'')' \\ -q = dQ_x / dx = d^2 M_x / dx^2 = (E J_y z'')'' \end{array} \right. \quad (5)$$

(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.

$$E J_y z = \int M_x dx + C$$

яна бир бор интеграллаймиз

$$E J_y z = \int dx \int M_x dx + Cx + D$$

Шундай қилиб, кесимнинг айланиш бурчаги учун:

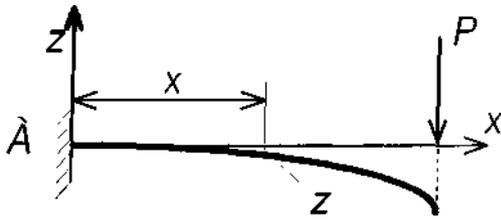
Бу  $\theta$  бурчак шу нуқтадан балканинг эгилган ўқиға ўтказилган уринманинг абсцисса ўқи билан тузган бурчагига тенгдир.

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

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

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

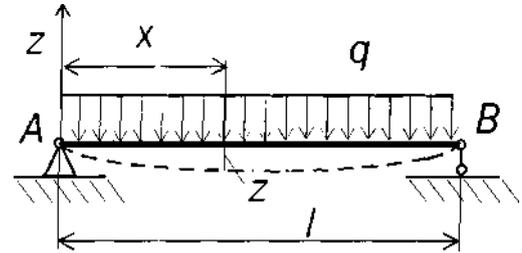
Бу ерда ихтиёрий ўзгармас  $C$  ва  $D$  сонларнинг қийматлари балка учларининг тиралиш шартларидан, яъни масаланинг чегара шартидан фойдаланиб топилади.



$$x=0$$

$$Q_A = Z_A' = 0$$

$$Z_A = 0$$



$$x = 0 \text{ да } Z_A = 0$$

$$x = l \text{ да } Z_B = 0$$

### 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 ўзгар-мас сон ҳосил бўлади, уларни топиш учун эса  $2n$  та алгебраик тенгламани биргаликда ечишга тўғри келади. Бу эса кўп меҳнат талаб қилади. Махсус йўллارни татбиқ қилиб, ихтиёрий ўзгармасларнинг сонини участкалар сони қанча бўлишига қарамай иккитага келтириш мумкин. Бу йўллар қуйидагилардан иборат:

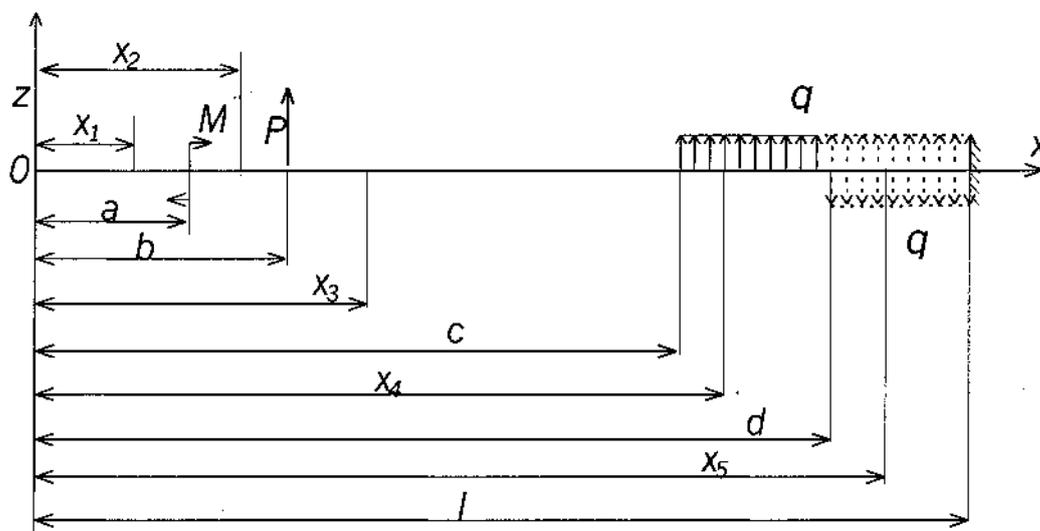
1. Барча участкаларнинг эгувчи момент тенгламаларини кесимнинг бир томонидан, яъни координаталар боши билан тегишли кесим орасида жойлашган ташқи кучлардан тузамиз.

Эгувчи момент тенгласига кирган қавслар ичидаги ҳадларни интеграллашда қавсларни очмаймиз.

3. Агар балкага жуфт куч таъсири қўйилган бўлса, эгувчи момент тенг-ламасига кирган бу жуфт куч ҳадини  $(x-a)^0$  биномига кўпайтирамиз, чунки бу бином 1 га тенг бўлгани учун жуфт куч қийматига ҳалал 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 айtilганларни эътиборга олиб, эгувчи момент тенгламаларини тузамиз.

$$\begin{aligned} 1\text{-участка учун} & \quad M_1 = 0 \\ 2\text{-участка учун} & \quad M_2 = M(x_3 - a)^0 \\ 3\text{-участка учун} & \quad M_3 = M(x_3 - a)^0 + P(x_3 - b) \\ 4\text{-участка учун} & \quad M_3 = M(x_4 - a)^0 + P(x_4 - b) + q(x_4 - c)^2/2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} 1\text{- участка учун} & \quad EJ_y z_1'' = 0 \\ 2\text{- участка учун} & \quad EJ_y z_2'' = M(x_2 - a)^0 \\ 3\text{- участка учун} & \quad EJ_y z_3'' = M(x_3 - a)^0 + P(x_3 - b) \\ 4\text{- участка учун} & \quad EJ_y z_4'' = M(x_4 - a)^0 + P(x_4 - b) + q(x_4 - c)^2/2 \\ 5\text{- участка учун} & \quad EJ_y z_5'' = M(x_5 - a)^0 + P(x_5 - b) + q(x_5 - c)^2/2 - q(x_5 - d)^2/2 \end{aligned}$$

Бу тенгламаларнинг ҳар бирини интеграллаймиз.

$$\begin{aligned} 1\text{- участка учун} & \quad EJ_y z_1' = EJ_y \theta_1 = C_1 \\ 2\text{- участка учун} & \quad EJ_y z_2' = EJ_y \theta_2 = M(x_2 - a) + C_2 \\ 3\text{- участка учун} & \quad EJ_y z_3' = EJ_y \theta_3 = M(x_3 - a) + P(x_3 - b)^2/2 + C_3 \\ 4\text{- участка учун} & \quad EJ_y z_4' = EJ_y \theta_4 = M(x_4 - a) + P(x_4 - b)^2/2 + q(x_4 - c)^3/6 + C_4 \\ 5\text{- участка учун} & \quad EJ_y z_5' = EJ_y \theta_5 = M(x_5 - a) + P(x_5 - b)^2/2 + q(x_5 - c)^3/6 - \\ & \quad q(x_5 - d)^3/6 + C_5 \end{aligned}$$

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

$$1\text{-участка } E_{y}z_1 = C_1x_1 + D_1$$

$$2\text{-участка } E_{y}z_2 = M(x_2 - a)^2/2 + C_2x_2 + D_2$$

$$3\text{-участка } E_{y}z_3 = M(x_3 - a)^2/2 + P(x_3 - b)^3/6 + C_3x_3 + D_3$$

$$4\text{-участка } E_{y}z_4 = M(x_4 - a)^2/2 + P(x_4 - b)^3/6 + q(x_4 - c)^4/24 + C_4x_4 + D_4$$

$$5\text{-участка } E_{y}z_5 = M(x_5 - a)^2/2 + P(x_5 - b)^3/6 + q(x_5 - c)^4/24 - q(x_5 - d)^4/24 + C_5x_5 + D_5$$

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 Сва  $D$  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 деяйлик. У ҳолда биринчи участка тенгламаларидан  $x=0$  учун ушбу ифодаларни оламиз.

$$E_{y}\theta_0 = C_1 \quad E_{y}f_0 = D_1$$

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

$$z_x = f_0 + \theta_0 x + 1 / (E_{y}) \cdot [M(x-a)^2/2 + P(x-b)^3/6 + q(x-c)^4/24 - q(x-d)^4/24]$$

Бу тенгламани ёзганда  $x$  остидаги 5 ни тушириб қолдирдик, чунки энди бу тенгламанинг маълум ҳадларини таишаб, исталган участка учун ёзиш мумкин. Агар балкага таъсир қилган кучлар бир қанча такрорланса, у ҳолда юқоридаги тенгламаларни қуйидагича ёзамиз:

$$z_x = f_0 + \theta_0 x + 1 / (E_{y}) \cdot [\sum M(x-a)^2/2 + \sum P(x-b)^3/6 + \sum q(x-c)^4/24 - \sum q(x-d)^4/24] \quad (8)$$

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

$$\theta = z' = \theta_0 + 1 / (E_{y}) \cdot [\sum M(x-a) + \sum P(x-b)^2/2 + \sum q(x-c)^3/6 + \sum q(x-d)^3/6] \quad (9)$$

(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.

$$\Sigma x=0 \quad \Sigma M_x=0$$

$$\Sigma y=0 \quad \Sigma M_y=0$$

$$\Sigma z=0 \quad \Sigma M_z=0$$

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

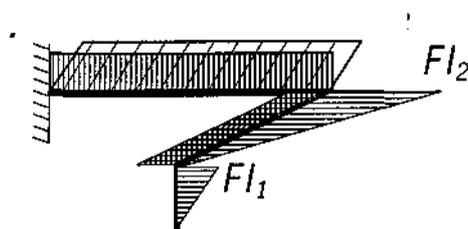
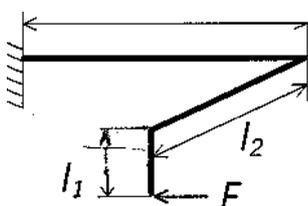
$\Delta u$ ,  $\Delta v$  кесувчи куч, у стерженнинг бир қисмини иккинчи қисмига

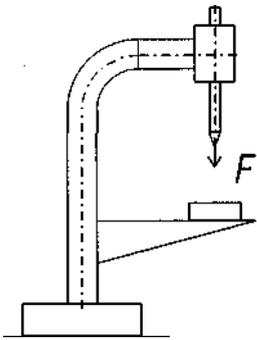
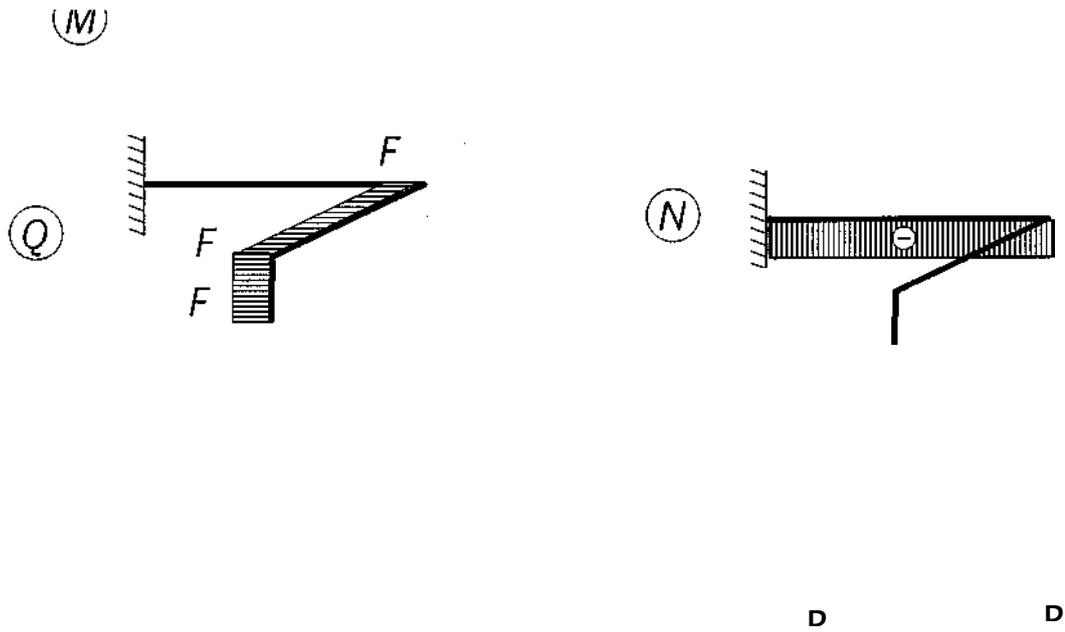
нисбатан силжитади.

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

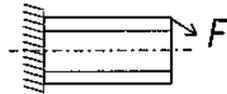
$M_x$  ва  $M_z$  – стерженнинг горизонтал ва вертикал бош текисликларда ётган жуфт кучлар бўлиб, улар стерженни шу текисликларида эгади, уларга эгувчи момент дейилади.

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





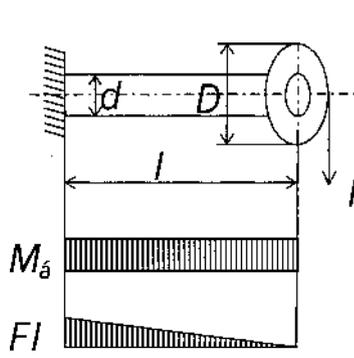
Чузилиш билан эгилишнинг биргаликдаги таъсири.



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

/77777/!!!!

Буралиш билан эгилишнинг биргаликдаги таъсири.



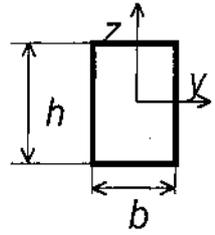
Бу масalani ҳал қилишда кучлар таъсирининг мустақиллик принциpidан фойдаланиб, буралиш ва эгилишдан ҳосил бўлган кучланишларни мустақил равишда F топамиз.

$$\sigma = M_{\text{эг}} / W_y \quad M_{\text{эг}} = F \cdot l$$

$$\tau = M_{\text{б}} / W_p = M_{\text{б}} / 2 \cdot W_y \quad M_{\text{б}} = F \cdot D / 2$$

Оддий кесимларнинг инерция моментлари.

1. Тўғри тўртбурчак шаклидаги



кесимнинг инерция momenti.

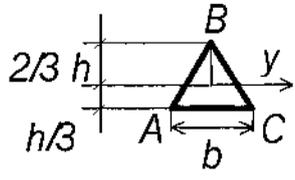
$$J_y = bh^3 / 12$$

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

2. Квадрат шаклидаги

кесимнинг инерция momenti. J

3. Учбурчак шаклидаги



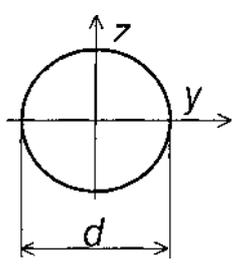
кесимнинг инерция momenti.

$$J_y = bh^3 / 36$$

4. Доира шаклидаги кесимнинг инерция

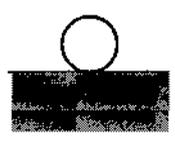
momenti.

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

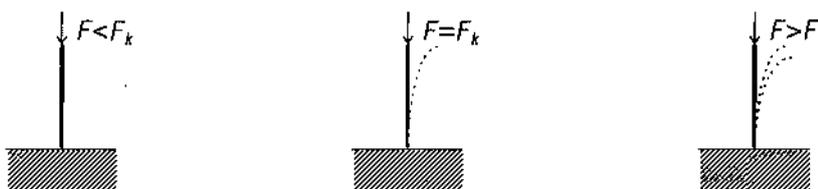


### 13. СИҚИЛГАН СТЕРЖЕНЛАРНИ УСТИВОРЛИККА ҲИСОБЛАШ.

Қаттиқ жисмларнинг мувбзанат ҳолати уч хил бўлади: устивор, бефарқ ва ноустияоп



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



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

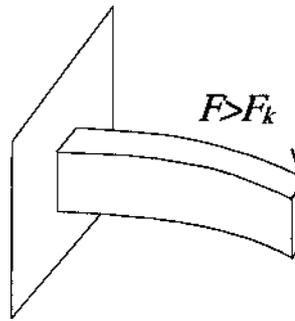
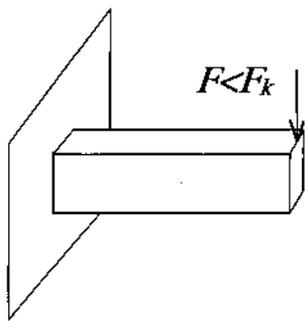
Агар сиқувчи кучни секин-аста ошира борсак, унинг тўғри чизикди мувозанат ҳолатига қайтиш муддати камая боради. Сиқувчи кучни яна оширсак, унинг бирор қийматини топамизки, кўндаланг куч билан туртиб згилган стержень ўзининг аввалги тўғри чизиқли мувозанат ҳолатига қайтмасдан янги эгри чизиқли шаклга киради ва унинг бу шакли устивор бўлиб қолади. Сиқувчи кучни энди орттириб бўлмайди ва мабодо энди озгина орттирилса ҳам стержень бутунлай эгилиб устиворлигини йўқотади.

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

Сиқувчи куч критик кучга етмаганда стержен 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

қаршилик кўрсатади.

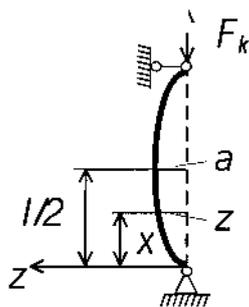
Демак, стерженга қўйилган сиқувчи кўч кржиккўчдан бир неча марта кичик бўлиши керак.

Сиқилган стерженлар хавфсиз ишлаши учун албатта руҳсат этилган куч критик кучдан анча кичик бўлиши керак:  $[P] = P_b / n_y n_y$  – устиворликнинг эҳтиёт коэффициенти.

### Критик кучни аниклаш. Эйлер формуласи.

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

Икки учи билан шарнир ёрдамида маҳкамланган стерженни оламиз. Бу стержень марказий қўйилган  $P$  куч билан сиқилган ва бу куч таъсиридан стержень ўзининг кичик бикрлик текислигида жуда ҳам оз эгилган бўлсин. Бу ҳолда сиқувчи  $P$  куч ўзининг критик қийматига етган бўлади,



шутуфайлистержень эгри чизиқли мувозанат ҳолатида ётади.  $x$ ,

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

$$M = F_k \cdot z \quad (1) \text{ Бу стерженнинг эластик чизиганинг}$$

дифференциал тенгламасини ёзамиз. Бунинг учун кўндаланг эгилишдаги эластик чизиқнинг дифференциал тенгламасидан фойдаланамиз.

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

Шаклда танланган координаталар системасига асосан (2) формула-нинг ўнг томонига минус ишорасини  $1_y$  ўрнига  $1_{\tau\tau}$  ни олиш керак, чунки бўйлама эгилишда стерженлар ҳамма вақт кичик бикрлик текислигида эгилади. Демак (1) ни (2) тенгламага қўйиб қуйидагини ҳосил қиламиз.

агар ушбу

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

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

белгилашни қабул қилсак (3) тенглама ни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$z'' = K^2 z = 0$$

Бу дифференциал тенгламанинг умумий интефали 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 стержень учларининг маҳкамланиш шартларидан аниқлаймиз:

$$x=0 \text{ бўлганда } z = C_1 \cdot 0 + C_2 = 0 \quad (6)$$

$$x=1 \text{ булса } z = C_1 \cdot \sin Kl + C_2 \cdot \cos Kl = 0$$

(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 чизикли мувозанат ҳолига тўғри келади. Бу эса масаланинг қўйилишига зиддир. Демак стерженнинг эгилган шакли мувозанатига тўғри келган ҳол қуйидагича ифодаланади.  $\sin Kl = 0$ .

Бундан стерженнинг критик ҳолатига ҳос бўлган шартлар келиб чиқади

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

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 орасидан энг кичик бўлиб бу амалий аҳамиятга эга. Бу ҳолда стерженнинг эластик чизиги тенгламаси (9) га асосан шундай ёзилади.

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

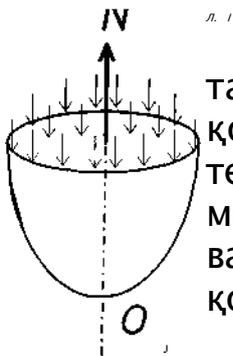
$$F_k = (n^2 EJ_{min}) / l^2 \quad (12)$$

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

## 14. ҚОБИҚЛАР (ИДИШЛАР).

Ҳар хил суюкликлар, газлар ва сочилувчан моддалар солинадиган жисмлар идишлар дейилади. Идишларнинг мустаҳкамлигини ҳисоблаганда улар юпқа деворли қобикдар жумласига киритилади. Агар  $\rho_{min} > 18\delta$  бўлса, улар қобиклар соҳасига кирмайди, булар одадта қалин деворли трубаларга киради. Бунда  $\rho_{min}$  энг кичик бош эгриликнинг радиуси ва  $\delta$  қобик қалинлигидир. Бу икки хил, яъни қобик ва трубаларни ҳисоблаш методлари бир-биридан катта фарқ қилади.

Қобик деб иккита бир-бирига жуда яқин жойлашган иккита яси сирт билан чегараланган жисмга айтилади. Бу икки сирт орасида масофа қобикнинг  $\delta$  қалинлигидир. Қобикдарга буг қозонлари, резервуарлар, цистерналар ва ҳ.қ. киради. Қобиклар цилиндрик, конус, сферик ва бошқа шаклларда учрайди. Қобик деворларида фақат чўзувчи ва сиқувчи кучланишлар ҳосил бўлади, яъни улар эгилмайди деб қаралади. Қобикларни ҳисоблашда эгилиш эътиборга олинса ҳисоблаш жуда мураккаблашади. Қобикларни ҳисоблаганда уларни бирор сиртнинг ўз ўқи атрофида айланишидан ҳосил бўлган жисм деб қаралади ва у ички бошли таъсиридан эгилмайди деб тушунилади.



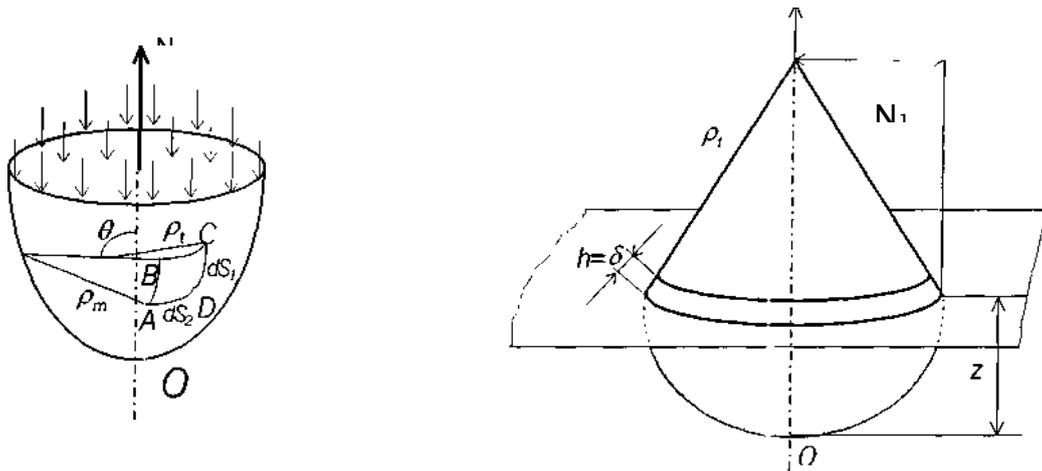
Қобик  $ON$  ўқига нисбатан симметрик тақсимланган ички  $q$  босим билан юкланган. Бундай қобикларни айланма сиртнинг симметрия ўқидан ўтган текислик билан қирқилганда ҳосил бўлган юза меридиан кесим дейилади. Бундай симметрик юкланган ва сирт айланишидан ҳосил бўлган жисмларга симметрик қобикдар дейилади.

### Симметрик қобикларнинг кучланишларини аниқлаш.

Агар қобик сирти кесиш бурилишларидан ва идиш бикр маҳкамланишлардан озод бўлса ҳамда тўпланган куч ва жуфт кучлар таъсирида бўлмаса, бундай қобикларни ҳисоблашга моментсиз назарияни ишлатиш мумкин.

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

Бу элементлар симметрик қобикларнинг девор қалинлиги  $\delta$  бўлсин.  $R_m$  – меридиан эгриик радиуси ва  $r_t$  – 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.

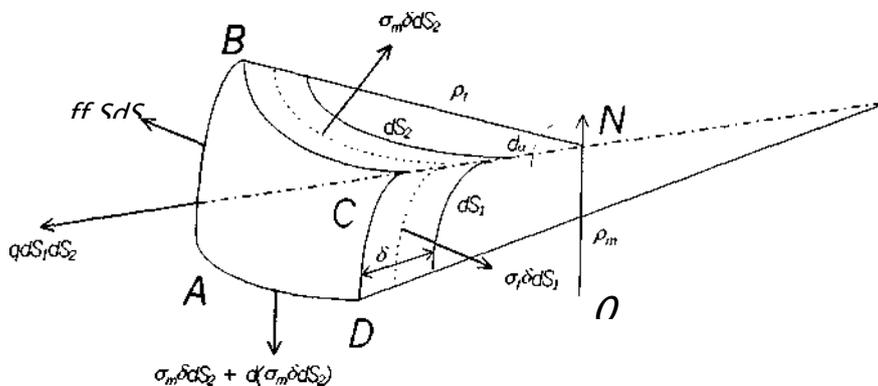
$P_t$  – ҳалқанинг ўртача сиртидан қобикнинг симметрия ўқиғача бўлган масофа.

Бу ҳалқа юзи  $2\pi rh$  га тенг бўлса ҳам лекин қобикни ҳисоблаганда унга жуда яқин бўлган  $2\pi r\delta$  юза қабул қилинади. Бу радиуслар, яъни  $\rho_m$  ва  $\rho_t$  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  $\sigma_t$  билан ифодалаймиз.

$\sigma_m$  – меридиан ёйи бўйича йўналган кучланиш;

$\sigma_t$  – 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  $\sigma_m \delta dS_2$  кесим айланаси бўйича  $\sigma_t \delta dS_1$  ва босим кучи

$q dS_1 dS_2$  таъсирида мувозанатда бўлади. Барча кучларни нормал йўналишга проекциялаймиз.

$$qdS_1dS_2 - \sigma_m\delta dS_2d\theta - \sigma_t\delta dS_1d\alpha = 0$$

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

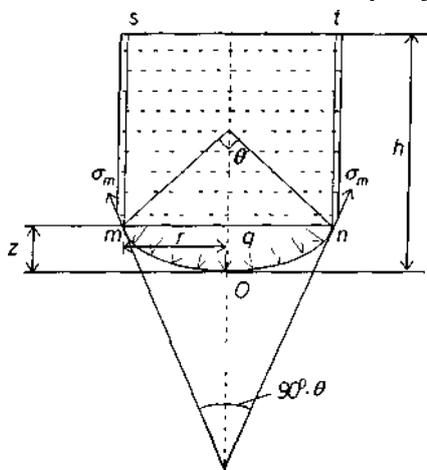
$$d\theta = dS_1 / p_m \quad \text{ва} \quad d\alpha = dS_2 / p_t$$

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

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

. Лаплас тенгласига 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 координатаси бошидан  $z$  масофада олинган  $mn$  кесимдан юқоридаги  $mstn$  ҳажмдаги суюқлик босими билан пастдаги  $mon$  ҳажмдаги  $Q_z$  нинг суюқлик оғирлиги йиғиндисига тенг.

$p = \pi r^2 q + Q_z = \pi r^2 q + \gamma V_{\text{ост}}$  бунда  $q = \gamma(h-z)$  суюқдикнинг 1 мм<sup>2</sup> юзасига тўғри келган босим.

## 15. МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИ.

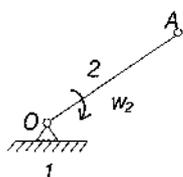
### Механизмларнинг асосий турлари

Машинасозликда ишлатиладиган конструкциясига механизмларни қараб қуйидаги гуруҳларга бўлиш мумкин.

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

## Ричагли механизмлар

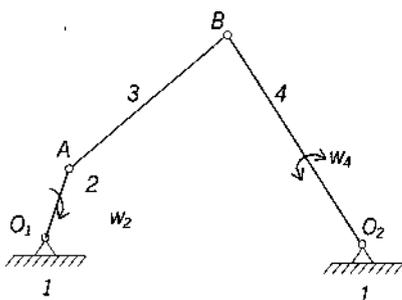
### Икки звеноли механизмлар



1 – қўзғалмас звено.

2 – қўзғалувчан звено

### Тўрт звеноли механизмлар



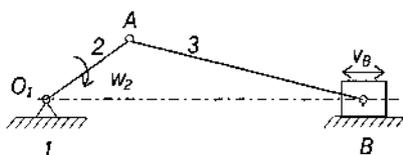
1 – қўзғалмас звено.

2 – тирсакли вал (кривошип).

3 – шатун.

4 – коромисло.

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



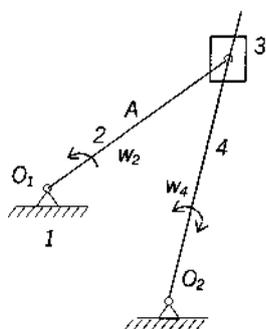
1 – қўзғалмас звено.

2 – тирсакли вал (кривошип).

3 – шатун.

4 – ползун

### Кулисали механизмлар.



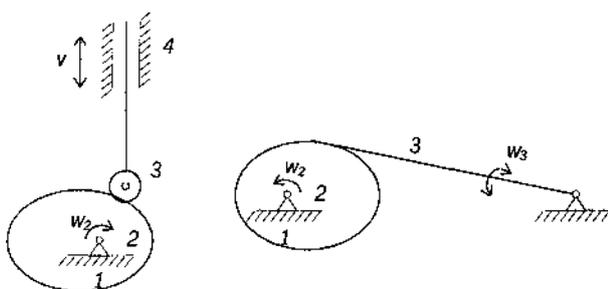
1 – қўзғалмас звено.

2 – тирсакли вал (кривошип).

3 – тош.

4 – кулиса

### Кулачокли механизмлар.

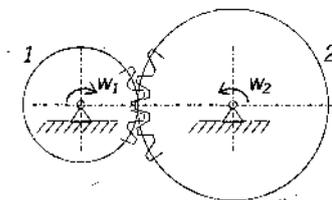


1 – қўзғалмас звено.

2 – кулачок

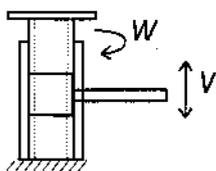
3 – ролик

Тишли гилдиракли механизмлар.



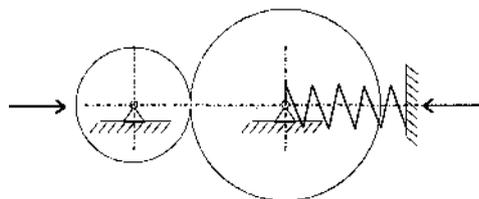
1 – шестерня.  
2 – гилдирак.

Винтли механизмлар.



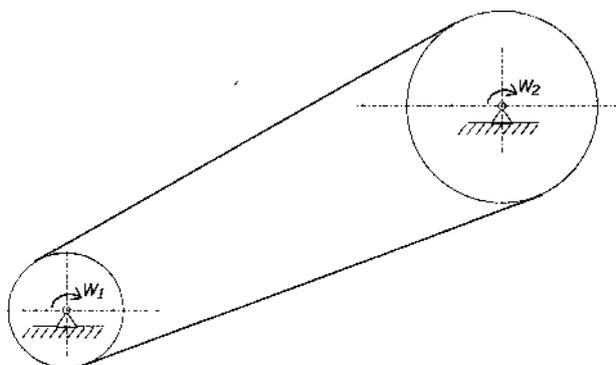
Домкрат мисол бўла олади.

Фрикцион механизмлар.



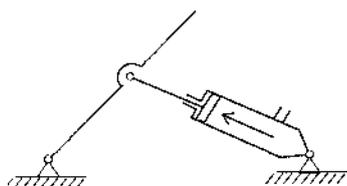
Ишқаланиш кучлари ёрдами билан ҳаракатга келтирувчи ёки тўхтатилувчи механизмлар фрикцион механизмлар деб аталади.

Эгилувчан звеноли механизмлар.



Тасмали узатмалар, занжирли узатмалар.

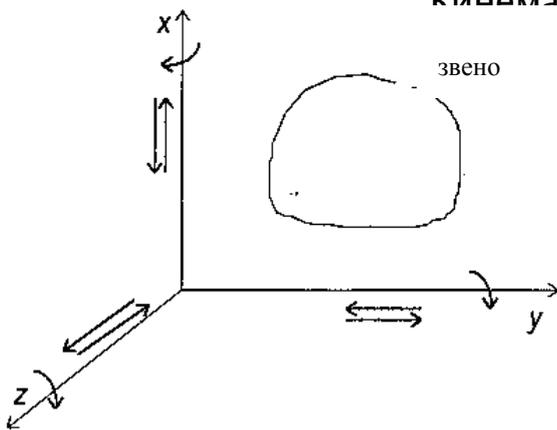
Гидравлик ва пневматик механизмлар.



## 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 бўлакларга ажралмайдиган қисмига детал дейилади.

### Кинематик жуфтлар.

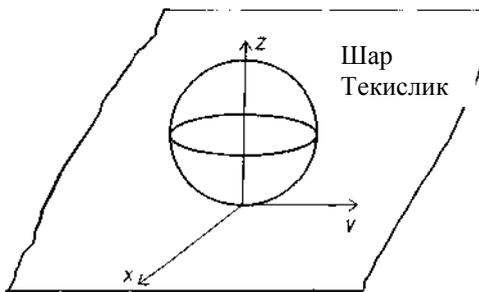


Кинематик жуфт деб иккита қила оладиган қилиб бириктирилишига айтилади.

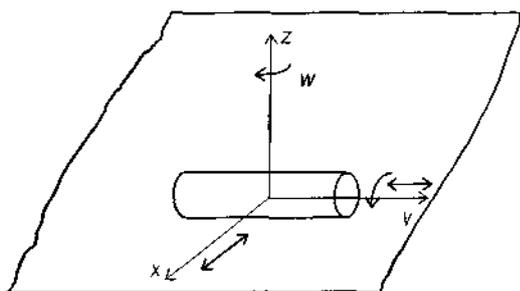
Фазода ҳаракат қилаётган ҳар қандай қаттиқ жисмнинг эркинлик даражаси 6 та бўлиб улардан учтаси  $x, y, z$  ўқлари бўйлаб илгариланма ҳаракатдан, учтаси эса шу ўқлар атрофида айланма ҳаракатдан иборат.

Кинематик жуфтлар 5 та синфга бўлинади:  $C = 6 - H$

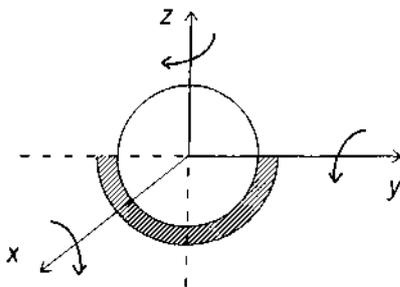
бу ерда:  $C$  – боғланишлар сони;  
 $H$  – эркинлик даражаси.



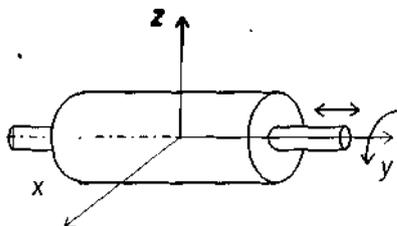
1-синфга тегишли кинематик жуфт:  $C = 6 - 5 = 1$



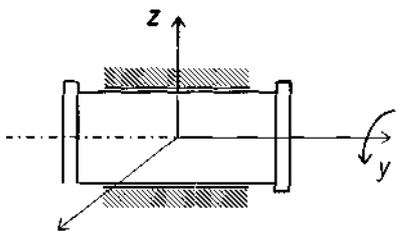
2-синфга тегишли кинематик жуфт:  $C = 6 - 4 = 2$



3-сінфга 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-Малшпев формуласи ҳам дейилади.

Текисликда ҳаракат қилувчи механизмларнинг тузилиш формуласи (акад.Чебышев формуласи).

Кинематик занжир таркибига кирувчи қўзғолмас бирор звенога нисбатан бир ёки бир неча звено муайян тартибда  $x$  тартибли Ҳаракатланган вақтда занжирнинг қолган звенолари ам маълум тартибли ҳаракат қилса, бундай кинематик занжир *механизм* дейилади.

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

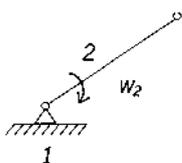
$W$  – текис механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси.

$n$  – 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.

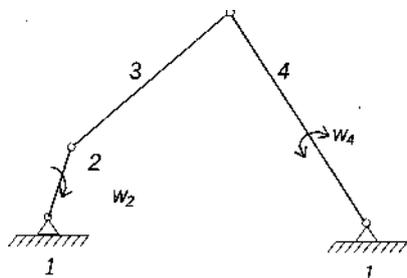
Мисол.



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

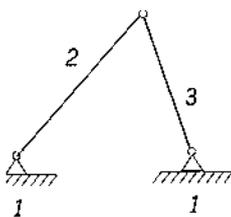
$$n=1; P_5=1; P_4=0$$

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



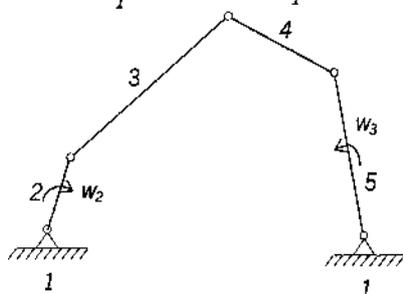
Бу механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси 1 га тенг.

$$n=3; P_5=4; P_4=0 \quad W=3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$$

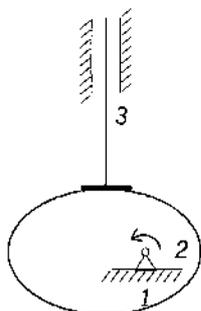


$$n=2; P_5=3; P_4=0 \quad W=3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$$

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

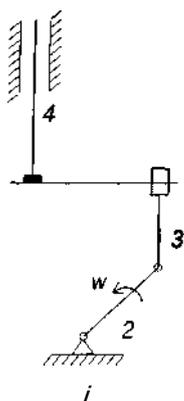


$$n=4; P_5=5; P_4=0 \quad W=3 \cdot 4 - 2 \cdot 5 = 2$$



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

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



Бу механизм қўзгалувчанлик даражаси 1 га тенг бўлган кулачокли механизмдир ва унга эквивалент бўлган кривошип–шатушли механизмдир.

## 16. МАШИНА ДЕТАЛЛАРИНИНГ ИШЛАШ ЛАЁҚАТИ ВА УНИ ТАЪМИНЛАШ.

Лойиҳаланаётган детал, биринчидан маълум вақт давомида ўз мутаҳкамлигини тўла сақдайдиган, 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 сақдагани ҳолда ўлчамлари кичик, имкони борича енгил ва арзон туриши лозим.

Деталнинг ишлаш лаёқатини аниқдайдиган асосий белгилар қуйидагилардан иборат. Мустаҳкамлик, бикрлик, иссиқбардошлик, ейилишга ва титрашга чидамлилиқ.

Деталнинг ишлаш лаёқатини қайси белгига қараб аниқдаш лозимлиги шу деталнинг ишлаш шароитига боғлиқ. Масалан: сирпаниш подшипниги нингишлаш лаёқатини аниқдаш учун асосий белги ейилишга чидамлилиқ бўлса, болтлар учун мустаҳкамлик, валлар учун эса бикрлик, мустаҳкамлик ва титрашга чидамлилиқдир.

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 хавфли кесим ёки юзада ҳосил бўладиган кучланишни топиш ва уни руҳсат этилган қиймати билан солиштириш лозим. Агар ҳисоблаш натижасида топилган кучланишнинг қиймати руҳсат этилган қийматидан кичик ёки унга тенг бўлса, деталнинг мустаҳкамлиги таъминланган бўлади. Мустаҳкамлик шартини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\sigma \leq \sigma_p / n \leq [\sigma]$$

$[\sigma]$  – руҳсат этилган кучланиш.  $\sigma_r$ –чегаравий кучланиш.  $n$  – эҳтиёт коэффиценти.

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

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

$n_2$ –материалнинг бир жинслилигини, детал тайёрлаш технологияси бузилган тақдирда материал механикавий ҳоссаларининг нормативда кўрсатилганидан фарқ қилишини ҳисобга олувчи коэффицент.

$n_3$ –жуда мустаҳкам бўлиши талаб этиладиган муҳим деталларнинг мустаҳкамлик запаси кўшимча равишда оширадиган коэффицент.

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

**Б и к р л и к .** Баъзи деталлар, айниқса, куч таъсирида ишлайдиган де–таллар учун мустаҳкамликнинг ўзи етарли бўлмайди. Масалан: маълум куч ва момент таъсирида айланаётган вал мустаҳкам бўлишига қарамай, руҳсат этилганидан оргиқ эгилиши мумкин. Бундай вал ишламаслиги керак, чунки валга ўрнатилган деталлар, масалан, тишли гилдираклар орасидаги масофа чегараланган бўлади. Валнинг руҳсат этилганидан ортиқ эгилиши бу детал–ларнинг мўлжалдагидан илгари ишдан чиқишига сабаб бўлади. Шунинг учун бундай деталларни мустаҳкамлигидан ташқари, бикрлигини ҳам таъ–минлаш лозим. Бунинг учун деталнинг қайси жойи кўпроқ эгилиши мумкин бўлса, ўша еридаги деформациянинг қиймати кўпроқ аникланади ва руҳсат этилган қиймати билан таққосланади.

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

**Т и т р а ш г а ч и д а м л и л и к .** Машиналар ишлаш тезлигининг то–бора оширилиши ва деталлар огирлигининг камайтирилиши ҳар хил тит–рашларнинг пайдо бўлиши учун имконят тугдирмокда. Маълумки титраш–лар машинанинг ишлашига салбий таъсир кўрсатиб, деталларнинг толиқи–ши оқибатида ишдан чиқишини тезлатади. Бу борада резонанс ҳодисаси, айниқса хавфлидир. Одатда, деталларнинг титрашга чидамлилигини таъмин–лаш учун резонанс ҳодисасини келтириб чиқарадиган омилларни йўқотиш керак. Маълумки, резонанс ҳодисаси деталнинг ўзида ҳосил бўладиган хусусий тебраниш частотаси ташқи куч таъсирида бўладиган тебраниш час–тотаси билан бир хил бўлиб қолганда рўй беради. Шунинг учун, бу икки частотани ҳисоблаб, бир–бирига тенг бўлиб қолмаслигини таъминлаш ке–рак. Бундан ташқари, машиналарда титраш ҳодисасини камайтириш учун титроқ сўндиргичлардан, яъни махсус эластик элементлардан ҳам фойдаланилади.

**И с с и қ л и к к а ч и д а м л и л и к .** Машиналарнинг бир–бирига ишқаланиб ишловчи деталларида температуранинг маълум даражада ошиб

кетиши, шу деталларнинг ишига салбий таъсир кўрсатади. Шунинг учун бундай машиналарни лойихалашда уларда ҳосил бўладиган иссиқликнинг меъёридан ортиб кетмаслиги, яъни  $Q < Q/$  бўлишига эришмоқ зарур.

$Q$  – машинада ҳосил бўладиган иссиқлик миқдори.

$Q_1$  – машинадан ташқарига тарқалувчи иссиқлик миқдори.

Ейилишга чидамлилиқ. Ишлаш вақтида ишқаланувчи деталларнинг ишлаш даври ейилиш даражасига қараб белгиланади. Ейилиш натижасида деталнинг ўлчамлари ўзгаради, бу эса ўз навбатида ейилган деталнинг нотекис ишлашига сабаб бўлади. Металл кесиш станогининг деталлари ейилганда эса бу станокца 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 чидамлилиқни таъминловчи шарт қуйидагича:

$$P \leq [P] \qquad p_v \leq [p_v]$$

$[P]$  – руҳсат этилган солиштирма босим.

$p$  – солиштирма босим.

$v$  – ишқаланиш тезлиги.

Сўнги 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 ишончилиқ коэффициентини 0,95 бўлади. Ҳозирги вақтда инженер-конструкторларнинг асосий вазифаларидан бири, лойихаланаётган машинани мўлжалланган вақт давомида бенуқсон ишлашига эришишдан иборат.

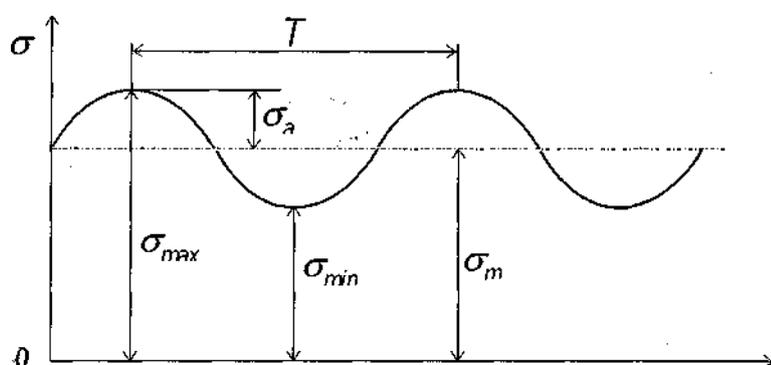
## 17. ЎЗГАРУВЧАН КУЧЛАНИШЛАР, ЧИДАМЛИЛИКНИ ҲИСОБЛАШ.

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 (ҳусусий ҳол).

Чидамлилиқ, деталлар давомида ўзгарувчан кучланишлар таъсирига дучор бўлганда, улар мустаҳкамлик даражаси ёки оқувчанлик чегарасига

етмаган кучланишлар таъсиридан емирилади. Бундай емирилишга толиқиш (усталость) дейилади.



Чидамликка ҳисоблашда деталга таъсир этувчи нагрузка ва ундан ҳосил бўладиган кучла-нишлар симметрик ёки пульсацияланувчи цикл билан ўзгаради.

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

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

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

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

в) цикл характеристикаси ёки асимметрик коэффициент.

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

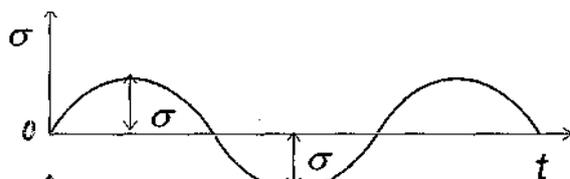
$$r = \tau_{min} / \tau_{max}$$

Шаклдан

$$\sigma_{max} = \sigma_m + \sigma_a \quad (4)$$

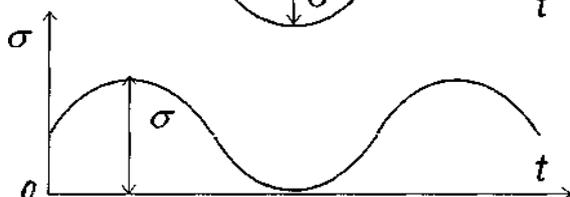
$$\sigma_{min} = \sigma_m - \sigma_a$$

Цикл турлари:



1) Симметрик цикл

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



2) Пульсацияланувчи тепки цикл

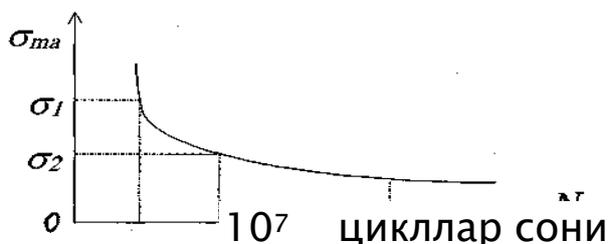
$$(r = 0; \sigma_{min} = 0).$$

3) Носимметрик цикл

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

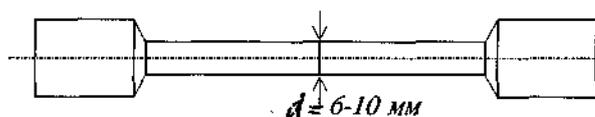
4) Ўзгармас кучланиш

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

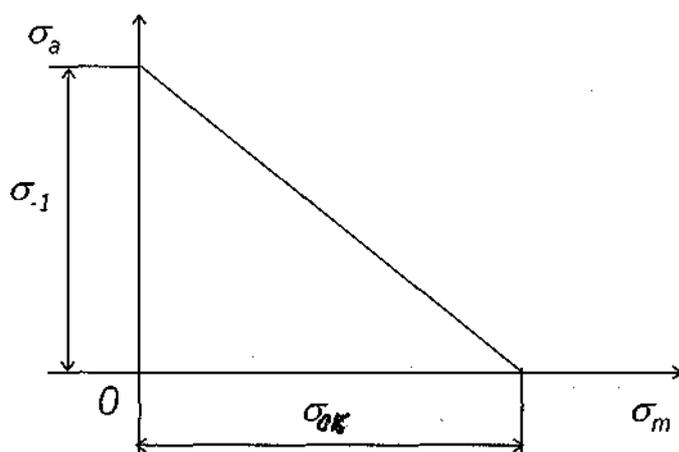


Симметрик учун цикл толиқиш эгрилиги.

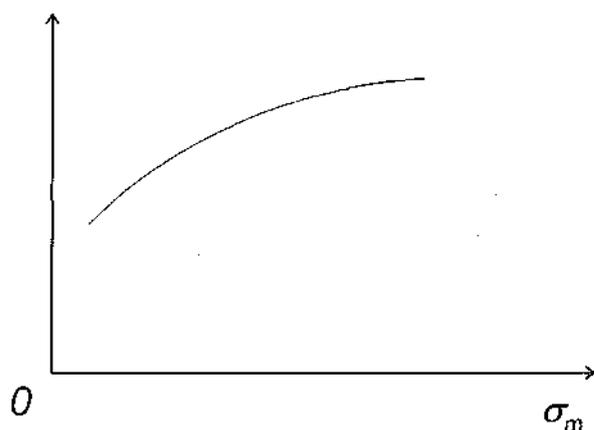
Намунани олиб айлантрилади.



Носимметрик Цикл учун чидамлилиқ чегарасининг диаграммаси.



Хея диаграммаси.



Смит диаграммаси.

Деталнинг толиқишга қанчалиқ бардош беришини ҳисоблаш учун чи-дамлилиқ чегараси деб аталадиган тушунча киритилади ва кучланиш сим-метрик цикл билан ўзгарганда руҳсат 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 кеарк.

53

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

Турли технологик йўллар билан детал сирти мустаҳкамланади (термообработка, закалка).

## 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 ишлатилиш, ишлаш шароити, қандай куч таъсир этади.

Материал танлашдаги асосий талаб шуки, танлаб олинган материал аввало, деталнинг ишга лаёқатли булишини таъминлаши ҳамда нисбатан арзон туриши керак. Бу талабни ҳама вақт ҳам осонликча амалга ошириб бўлмайди, чунки мустаҳкам, пухта сифатли материаллар қиммат туради. Шунинг учун материал танлашда янглишмаслик учун улардан бир неча хилини танлаб, уларни ҳисоблаб кўрган маъқул. Масалан, диаметри 100 мм ва айланиши 5000 мшг<sup>1</sup> 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 узатмалардан червяк ғилдираги, айрим тишли гилдираклар танаси арзон чуяндан тайёрланади, тишли гардиши эса сифатли яхши ишлайдиган рангли металлардан ёки қотишмалардан тайёрланади.

### Қора металлар.

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

чўян.

Оқ чўян – қуйма олиш даврида зақалқаланади., қаттиқ, емирилиши қийин, оловга, ўтга бардошли, кислотабардош бўлганлиги учун тормоз колодкалари, дробилқалар, қозонлар тайёрланади.

Кўнгир чўян С415–32 – чўзилишдаги мустақамлик чегараси – 15 кг/мм<sup>2</sup>,

эгилишдаги мустақамлик чегараси 32 кг/мм<sup>2</sup>, Бриннель бўйича

қаттиклиги НВ=163–229. Қуйма детал олишга яхши, ўртача

мустақамликли, жуда қаттиқ корпус, станина, шкивлар, ричаглар, катта диаметрли вал ва трубалар, қопқоклар тайёрланади.

Болғаланадиган чўян –чўзилишдаги мустақамлик чегараси 30 кг/мм<sup>2</sup>,

НВ=163. Қуйма форма олиш яхши, зарбий нағрузкани қабул қилади, босим

остида детал ясалмайди. Мустақамлиги катта.

Ўта мустақам чўян – суюқ ҳолатда маъдан қўшиш билан олинади. В Ч–50–чўзилишдаги мустақамлик чегараси, НВ=187–255. Ўзғарувчан кучланишли шароитда ишлайдиган деталлар яшаш 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 берилмайдиган деталларда иншатилади.

Легирланган пўлатлар – деталларга алоҳида талаблар қўйилганда ишлатилади; ўта мустақам, ўтга чидамли, коррозияга чидамли ва ҳ.к.

Сталь 20Х, 40Х, 40ХН, 18ХГТ.

Рангли металлар.

Мис қотишмалари 2 га бўлинади.

1. бронза – ҳамма мис қотишмаси латундан бошқа.

2. Латун – мис қотишмаси, легирловчи компонент руҳ (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 ғилдираги, винтли ғилдираклар, йўналтирувчилар.

Сувли, бугли 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 ўтказидади. 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%.

Сўнгги йилларда машинасозликда пластмассалар кўп ишлатилмоқда.

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

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

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

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

Пластмассаларнинг қора металларга нисбатан асосий камчилиги, уларнинг мустаҳкамлиги етарли даражада эмас, иссиқбардош эмас ва вақт ўтиши билан ташқи муҳит таъсирида механикавий ҳоссалари 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. Йигилган кўп йиллик тажрибалардан, чет эл намуналаридан фойдаланилади. Машиналарни конструкциялар 5 та босқичга бўлинади:

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

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

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

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

5-босқич: *Ишчи хужжатларни тайёрлаш.* Бунда детал, узелларни тайёрлаш хужжатларини ишлаб чиқишда буюмни эксплуатация қилиш, технологик, иқтисодий ва ишончлилик кўрсаткичлари ҳисобланади.

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

#### Автоматлаштирилган лойиҳалаштириш.

Конструктор ЭҲМ га масала қўяди ва ундан бир неча хил ахборот олади ва кераклисини танлаб олади.

Одамнинг машина билан мулоқотидан САПР (система автоматизированного проектирования) келиб чиқади. САПР орқали детал, узел, комплекс, технологик процесслар 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 милтиқ ишлаб чиқариш саноатида қўлланила бошлади. Бу деталларга қўшимча ишлов бермасдан йиғишда, таъмирлашда ишлатилади.

Ўзаро алмашинининг халқ хўжалигига катта фойдаси бор. Йиғашда иш унумдорлигини оширади, деталларни захирада сакдаш 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 (отрасл) – ОСТ.

Давлат (Государственньш) – ГОСТ.

Ўзаро иқтисодий ёрдам Кенгаши (СЭВ) – СТСЭВ.

Халқаро (международньш) – МС.

Машиналарни ишлаб чиқаришда ва ишлатишда албатта стандартга бўйсунилиши лозим.

Унификация – бу бир машина ёки узелнинг детални бошқа машина ёки узелга алмашинувидир.

ЕСКД – (Единая система конструкторской документации).

## 20. УЗАТМАЛАР

### Умумий тушунчалар.

Энергия манбаи билан машиналарнинг иш бажарувчи қисми оралиғида 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 коэффициенти қуйидагича аниқланади

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

$N_u$  – ҳаракатни етакчи валдан етакланувчи валга узатишда зарарли қаршиликлар мавжудлиги натижасида исроф бўлган қувват.

Узатиш сони қуйидагича ифодаланади:  $u = n_1 / n_2 = W_1 / W_2$   
Валлардаги буровчи момент қуйидагича аниқланади.

$$T_1 = N_1 / \omega_1, \quad \text{н.м.}$$

$N_1$  – қувват, Вт ҳисобида;

$\omega_1$  – тезлик, рад/с;

$$T_1 = 9550 N_1 / n_1 \quad \text{н.м.}$$

$N_1$  – қувват, кВт ҳисобида;

$W_1$  – айланиш частотаси,  
мшг<sup>1</sup>.

$$T_2/T_1 = N_2 n_1 / N_1 u_2 = \eta u \quad u = T_2 / (T_1 - \eta)$$

## 21. ФРИКЦИОН УЗАТМАЛАР.

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

Ишқаланувчи ғилдираклардан бкгининг радиуси ўзгарадиган қилинса у ҳолда, узатиш сони ўзгарувчан узатма ҳосил бўлади. Бундай узатмалар

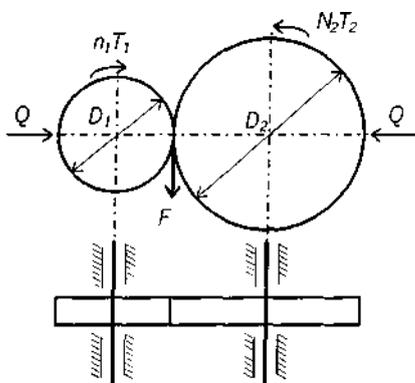
вариаторлар деб аталади.

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 ( $\eta = 0,8-0,92$ ), ғалдиракларни 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.



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

бу ерда:  $\varepsilon$  – сирпаниш

коэффициенти  
( $\varepsilon = 0,01-0,03$ )

Етакловчи ғалдиракдан етакланувчи ғалдиракка айлана  $F$  кучни узатиш учун ғалдираклар 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 ғалдиракли узатмаларни ҳисоблаш. Етакловчи ғалдирак диаметри аникланади:  $D > (4 \dots 5) d_1$

$d_1$  – етакловчи валнинг диаметри.

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

$N_1$  – етакловчи валдаги қувват, кВт.

$n_2$  – етакловчи валнинг айланиш частотаси.

Етакловчи ғалдиракнинг диаметри:  $D_2 = u \cdot D / (1 - \varepsilon) \approx u \cdot D_1$

Сиқувчи куч топилади.  $Q = K \cdot F / f = K \cdot 2 \cdot T / D_1 \cdot f =$

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

$D_1$  ва  $D_2$  метр ҳисобида.

