

## Махруза №6

Мавзу: Мустаҳкамлик назариялари .

### Режа:

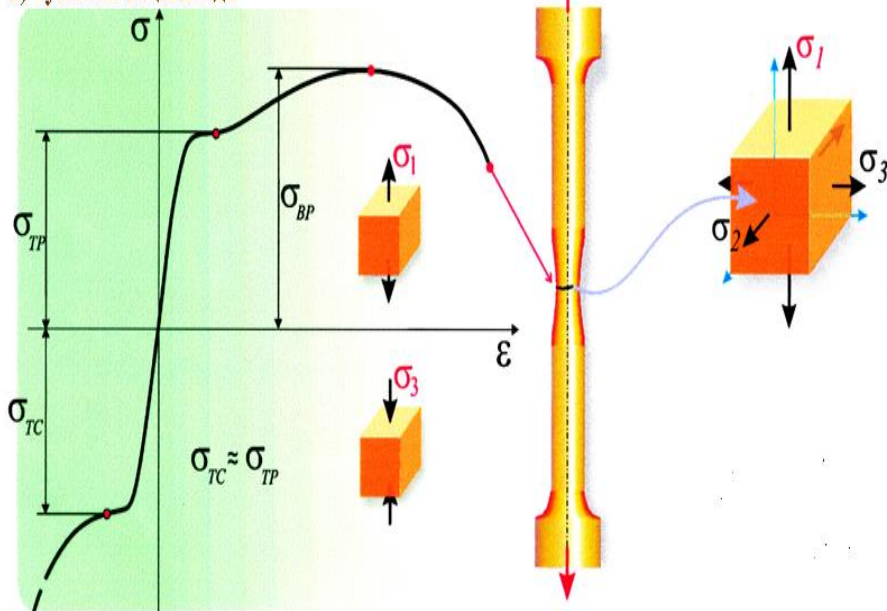
1. Умумий маълумот
2. Энг катта нормал кучланишлар назарияси.
3. Энг катта чизиқли деформациялар назарияси
4. Энг катта урунма кучланишлар назарияси
5. Шакл ўзгариши энергияси назарияси.
6. Чегаравий зўриққанлик назарияси.

### 1. Умумий маълумот.

Турли конструкция ва машиналарнинг мустаҳкамлигини баҳолашда уларнинг кўп элементлари ва деталлари мураккаб кучланиш ҳолатида ишлашни ҳисобга олиш керак бўлади. Жисм исталаган нуқтасининг кучланиш ҳолатини чизиқли кучланишда битта, текис кучланишда иккита, ҳажмий кучланишда эса учта бош кучланиш билан аниқланади. Механик синовларда бир ўқли чўзилиш (сиқилиш) шароитида материалнинг хавли ҳолатини ифодаладиган кучланиш юз беради..

Пластик материаллар

а) чўзилиш-сиқилишда



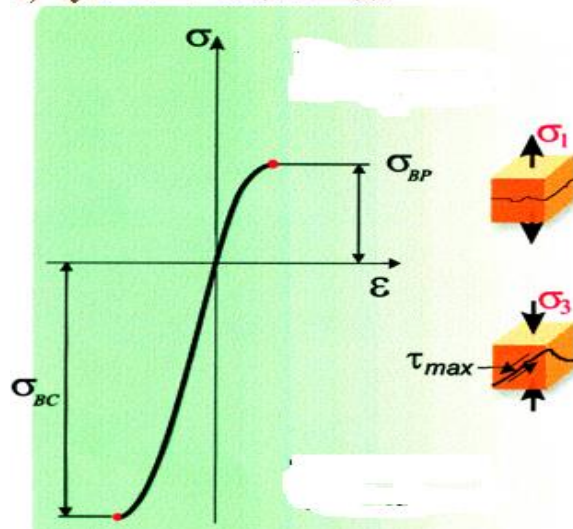
Мўрт материалнинг хавfli ҳолати бузилиши олди дарзлари пайдо бўлиши билан ифодаланади.

Пластик материалнинг

чўзилишдаги хавfli ҳолати деганда, яъни қолдиқ деформацияларнинг пайдо бўлиши тушунилади

Мўрт материаллар

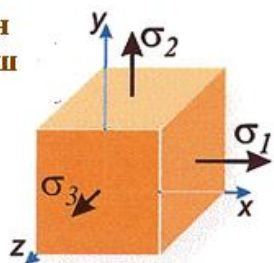
б) чўзилиш - сиқилишда



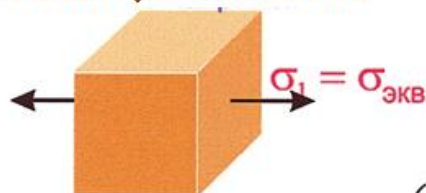
Пластик материалларда хавфли ҳолат юз берганда кўндаланг кесимлардаги нормал кучланишлар оқувчанлик чегарасига, мўрт материалларда эса мустаҳкамлик чегарасига етади. Агар ҳақиқий кучланиш йўл қўйиладиган қийматдан ошмаса, бир ўқли чўзилиш(сиқилиш)да материалнинг мустаҳкамлиги таоминланади. Ҳажмий зўриқиш ҳолатида хавли ҳолатнинг вужудга келиши асосий кучланишлар  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  ва  $\sigma_3$  нинг нисбатига боғлиқ. Ҳажмий зўриқиш ҳолатида бир ўқли чўзилиш (сиқилиш)да ҳосил қилинган чегаравий кучланишлардан фойдаланиш учун материалнинг хавли ҳолатга ўтиш жараёнига бирор омилнинг кўпроқ таосир қилиши ҳақидаги бир қатор фараз таклиф қилинган.

**Ҳисоблаш учун қабул қилинган фаразлар МУСТАҲКАМЛИК НАЗАРИЯЛАРИ дейилади.** Материалнинг мустаҳкамлигини баҳолаш учун фаразлардан фойдаланишнинг моҳияти ҳажмий ёки ясси зўриқиш ҳолатини бир хил хавфли чизикли зўривиш ҳолати билан алмаштиришга асосланади. Бунда асосий кучланишлар эквивалент (келтирилган) кучланиш  $\sigma_{ред}$  билан алмаштирилади. Материалнинг бирор нуқтадаги мустаҳкамлиги эквивалент кучланишларни рухсат этилган кучланишлар билан қиёслаб баҳоланади. Демак, **ЭКВИВАЛЭНТ КУЧЛАНИШ**- бир ўқ бўйлаб чўзилишда асосий

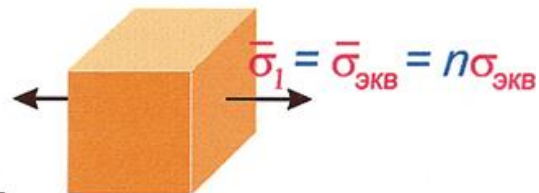
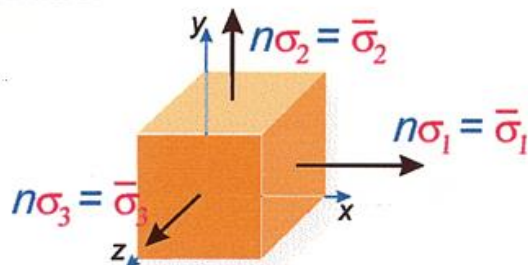
**Берилган кучланиш ҳолати**



**Эквивалент кучланиш ҳолати**

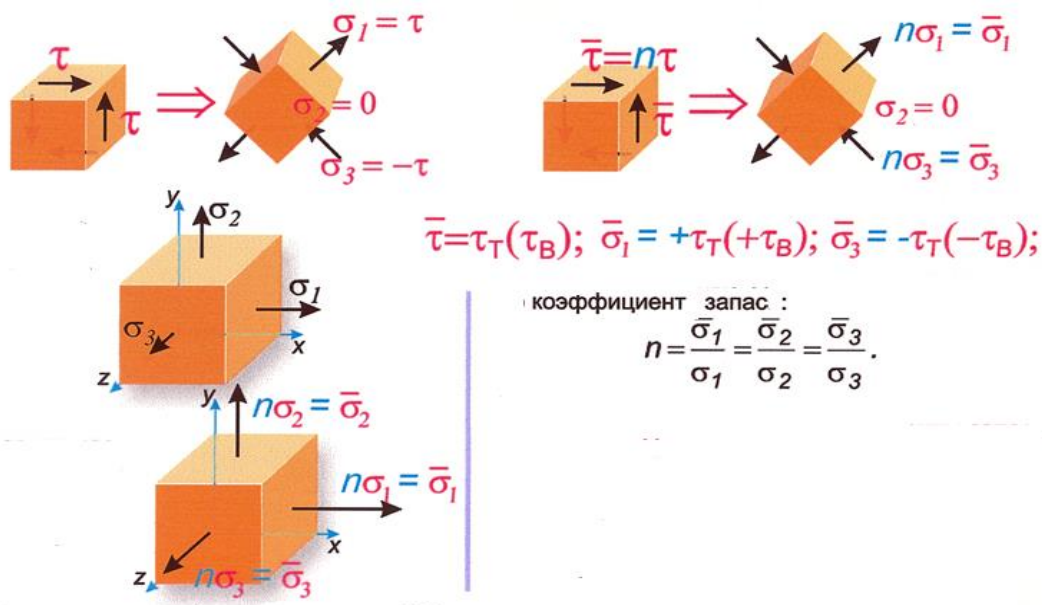


$$\sigma_2 = \sigma_3 = 0 \quad n = \frac{\sigma_{ТР}}{\sigma_{эқв}} \left( \frac{\sigma_{ВР}}{\sigma_{эқв}} \right)$$



$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_{эқв} &= \sigma_{ТР} && \text{- пластик материал} \\ \bar{\sigma}_{эқв} &= \sigma_{ВР} && \text{- мўрт материал} \end{aligned}$$

Асосий деформациялар биргаликда содир бўлганида ва битта ўқ бўйлаб ҳўзилгандаги кучланган ҳолатларни (агар уларнинг бош кучланишлари аини материал учун чегаравий кучланишдан бир хил сон марта фарқланса, яъни эквивалент кучланган ҳолатлар учун мустаҳкамлик запаси коэффиценти бир хил бўлса) **тенг хавфли ҳолат ёки эквивалент кучланган ҳолат дейилади.**



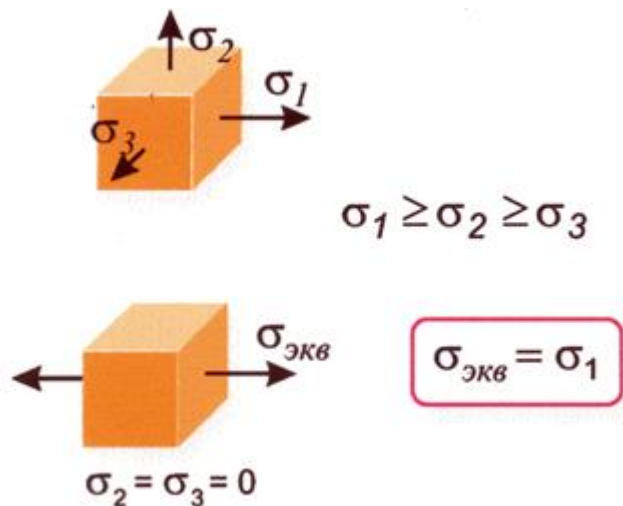
## 2.Энг катта нормал кучланишлар назарияси. (Мустаҳкамликнинг II – назарияси).

Бу назария XVII асрда Г.Галилей томонидан таклиф қилинган . Бу назариянинг моҳияти шундай: мураккаб кучланишдаги жисмнинг хавфли ҳолати унда ҳосил бўладиган энг катта нормал кучланиш шу жисм материалдан ясалган хавфли ҳолатига тегишли нормал кучланишга етганда бошланади.

Демак, бу назарияга кўра, мураккаб кучланиш ҳолатида жисмнинг емирилиши куйидаги шарт бажарилгандагина бошланади.

Мўрт материаллар учун  $\sigma_1 = \sigma_m$ , пластик материаллар учун  $\sigma_1 = \sigma_{ок}$ , бунда  $\sigma_m$  – материалнинг чизиқли кучланиш ҳолатидаги мустаҳкамлик чегараси;

$\sigma_{ок}$  - оқувчанлик чегараси.



Жисмнинг мустаҳкамлик шартини ёзиш учун юқоридаги иккала формуланинг ўнг томонини эҳтиёт коэффицентига бўлиш керак;

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_M}{K} \quad \text{ёки} \quad \sigma_1 \leq [\sigma] \quad (8.3)$$

Мураккаб кучланиш ҳаракатида бўлган ва мўрт материаллардан ясалган жисмлар учун II-назария натижаларининг тўғри эканлиги тажрибада тасдиқланган. Мазкур мустаҳкамлик назариясининг камчилиги шундаки, унда бошқа икки асосий кучланишнинг таосири ҳисобга олинмайди. Пластик материаллар учун биринчи мустаҳкамлик назарияси тажрибаларда тасдиқланмайди. Бу мустаҳкамлик назарияси анча мўрт материаллар (ғишт, бетон, тош)нинг мустаҳкамлигини текширганда қониқарли натижа беради. Ҳозирда бу усулдан қўлланилмайди.

### 3. Энг катта чизиқли деформациялар назарияси. (Мустаҳкамлик II-назарияси)

Бу назарияни биринчи бўлиб 1682 йилда Э. Мариотт таклиф қилган II-назария энг катта нисбий чўзилишга асосланган.

Бу назариянинг моҳияти қуйидагилардан иборат: мураккаб кучланиш ҳолатидаги жисмда ҳавфли ҳолат унинг энг катта нисбий чўзилиши (сиқилиши) шу жисм материалдан ясалган намунанинг оддий чўзилишидаги ҳавфли ҳолатига тегишли нисбий чўзилишга етганда бошланади. (10.1) формулага кўра:

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

Чизиқли кучланиш ҳолатида намунанинг емирилиш пайтидаги энг катта нисбий чўзилиши эса бундай ёзилади:

$$\varepsilon_{\max} = \frac{\sigma_M}{E}.$$

Шунинг учун мустаҳкамлик шarti қуйидагича ёзилади:

$$\sigma_1 - \mu (\sigma_2 + \sigma_3) \leq [\sigma] \quad (8.4)$$

Э.Мариотт яратган мустаҳкамлик назарияси барча уч асосий кучланишни ҳисобга олади. Бироқ бу назария тажриба ўтказилганда шуни кўрсатганки, кўпчилик материаллар учун ярамас экан, шунинг учун у амалий мақсадларда деярли ишлатилмайди. Мўрт материаллар учун бу назария ўртача натижа беради.

### 4. Энг катта урунма кучланишлар назарияси. (Мустаҳкамликнинг III-назарияси)

Пластик ҳолатда бўлган ва емирилиши силжиш туфайли юзага келадиган материаллар учун биринчи ва иккинчи назариялар тўтри келмайди. Шу сабабли 1773 йилда Ш.Кулон учинчи назарияни майдонга ташлади. Бу назарияга кўра, мураккаб кучланиш ҳолатидаги жисмга ҳавфли вазият ундаги максимал урунма

кучланиш шу жисм материалдан ясалган намунанинг оддий чўзилишидаги хавфли вазиятга тегишли уринма кучланишга етганда бошланади.

Ҳажмий кучланиш ҳолатида максимал уринма кучланиш  $\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$  формуладан, чизикли кучланиш ҳолатида эса максимал уринма кучланиш  $\tau_{\max} = \frac{\sigma_1}{2}$  формуладан ҳисоблаб топилганлиги учун, учинчи назария қуйидагича ёзилади (иккала кучланиш ҳолатидаги пластик деформацияларнинг бошланиш даври):

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

мустаҳкамлик шarti эса бундай бўлади:  $\sigma_1 - \sigma_3 \leq \frac{\tau_{ок}}{k}$  ёки  $\sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma]$ .

Учинчи назариянинг камчилиги шундаки, бу назарияда ҳам, биринчи ва иккинчи назариялари каби, жисмнинг тузилиши (структураси) ҳисобга олинмайди. Бундан ташқари, ўртанча кучланиш ( $\sigma_2$ ) нинг таосири ҳам ҳисобга олинмайди. Материалнинг ишлаш шароитини ўзгартирмай,  $\sigma_2$  ни  $\sigma_1$  билан орасида исталганча ўзгартира берамиз, бу ҳол албатта шубҳа туғдиради. Бу назариянинг натижалари ҳам тажрибаларда кўпинча тасдиқланмайди.

## 5. Шакл ўзгариши энергияси назарияси. (Мустаҳкамликнинг IV-назарияси)

Юқорида келтирилган камчиликларни ҳисобга олиб, 1904 йилда М.Губер шакл ўзгариши энергияси назариясини таклиф қилган. Бу назария жисмлар шаклининг ўзгаришидагина ҳосил бўлган деформациянинг солиштирма потенциал энергиясига асосланган бўлиб, у қуйидагича таорифланади: мураккаб кучланиш ҳолатидаги жисмда хавфли вазият ундаги деформациянинг солиштирма потенциал энергияси шу жисм материалдан ясалган намунанинг оддий чўзилишидаги хавфли вазиятга тегишли деформациянинг солиштирма потенциал энергиясига етганда бошланади.

Мураккаб кучланиш ҳолати учун деформациянинг солиштирма потенциал энергияси, чизикли кучланиш ҳолати формуласидан топилади, бу назария формуласи қуйидагича ёзилади:

$$a_{\max} \leq [a],$$

$$\sigma_{оп} \quad \frac{1}{4E} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \leq \frac{[\sigma^2]}{2E};$$

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

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

Тўртинчи назарияга кўра, мустаҳкамлик шarti қуйидагича ёзилади:

$$\sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \leq [\sigma]. \quad ( 8.5 )$$

Тажрибалар шуни кўрсатадики, тўртинчи назария баози материаллар учун қаноатланарли натижалар беради. Бу назариядан хусусан пластик материаллар учун тўтри натижалар олинади. Аммо тўртинчи назарияда ҳам, учинчи назариядаги каби, камчилик бор: унда, биринчидан, материалнинг тузилиш ҳисобга олинмайди.

Сўнги вақтларда мустаҳкамлик назариялари ҳақиқатга яқинлаштириш соҳасига Давиденков Н.Н., Фридман Б.Я. ва Тарасенко И.И. деган олимларнинг қилган ишлари диққатга сазоввордир.

### **6. Чегаравий зўриққанлик назариясини тушунтириш.** **(Мустаҳкамликнинг V-назарияси).**

Чегаравий зўриққанлик ҳолати назариясини XX аср бошида О.Мор таклиф қилган. Бу назарияда ҳажмий зўриққанлик ҳолатида материалнинг мустаҳкамлиги энг катта ва энг кичик асосий кучланишлар қиймати ва ишораларига боғлиқ. О.Морнинг мустаҳкамлик назарияси учинчи мустаҳкамлик назариясини умумлаштиради ва материалнинг чўзилиш ва сиқилишига бўлган ҳар хил қаршилиқни ҳисобга олади.

Мустаҳкамлик шarti қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\sigma_1 = \sigma_3 K \leq \sigma_{адм}$$

бунда:  $K = \frac{\sigma_{адм,е}}{\sigma_{адм,с}}$  чўзилиш  $\sigma_{адм,е}$  ва сиқилиш  $\sigma_{адм,с}$  да йўл қўйиладиган кучланишлар нисбати.

Материаларнинг чўзилиш ва сиқилишга қаршилиги бир хил бўлса, яъни  $K=1$  да О.Морнинг мустаҳкамлик назарияси учинчи мустаҳкамлик назариясига айланади.

Бу назария бўйича эквивалент кучланиш

$$\sigma_{red}^V = \sigma_1 - \sigma_3 K$$

Макур назария олдинги назарияларга нисбатан анча мукамал бўлиб, мўрт материаллар чун кенг қўлланилади.

Умуман олганда, муҳандислик ҳисобларида пластик материаллар учун учинчи ва тўртинчи мустаҳкамлик назарияси, мўрт материаллар учун О.Мор назарияси қўлланилади.

### **Назорат саволлари:**

1. Нечта кучланишлар назарияси мавжуд?
2. Мустаҳкамлик назарияларининг қандай камчиликлари бор.
3. .Пластик ва мўрт материалларнинг хавфли ҳолати деганда нимани тушунасиз?
4. Мустаҳкамликнинг биринчи ва иккинчи назарияси қандай мулоҳазага асосланади ва унинг формуласи қандай ёзилади?
5. Мустаҳкамликнинг учунчи ва тўртинчи назарияси қандай мулоҳазага асосланади ва унинг формуласи қандай ёзилади?
6. Мустаҳкамликнинг бешинчи ва олтинчи назарияси қандай мулоҳазага асосланади ва унинг формуласи қандай ёзилади?
7. Эквивалент кучланиш нима?
8. Пластик ва мўрт материал нима?