

# **Чўзилиш ва сиқилишда статик ноаниқ системалар.**



## Режа:

1. Чўзилган ёки сиқилган стерженларнинг мустақамлик шарти.
2. Статик ноаниқ масала.
3. Чўзилган ёки сиқилган стерженларга оид статик ноаниқ масала.

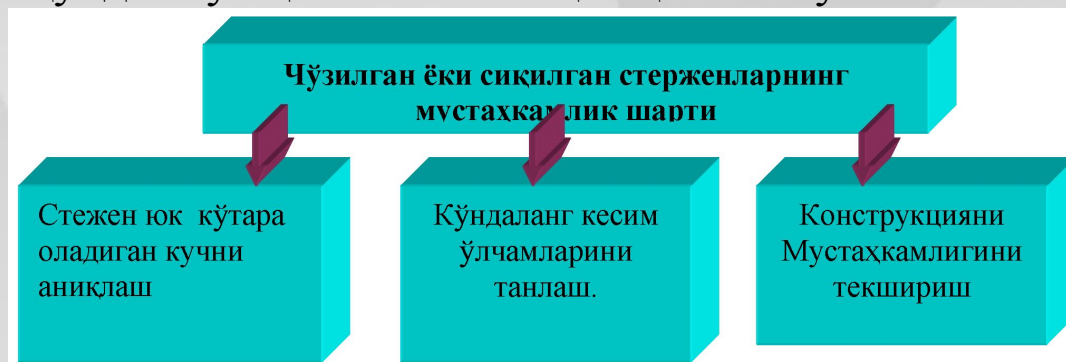
# 1. Чўзилган ёки сиқилган стерженларнинг мустаҳкамлик шарти.

Чўзилган ёки сиқилган конструкциялар мустаҳкам ишлаши учун улардан хосил бўладиган энг катта нормал кучланиш шу конструкция материали учун рухсат этилаган нормал кучланишдан ортиб кетмаслиги зарур. Конструкциянинг емирилмай узоқ вақт ҳавфсиз ишлашини таъминламайдиган энг катта кучланиш **рухсат этилган кучланиш дейилади**. Рухсат этилган нормал кучланиш  $[\sigma]$   $[\tau]$ , ёки  $\sigma_{adm}$  билан белгиланади. Агар материал чўзилиш ёки сиқишга турлича қаршилик кўрсатса, рухсат этилган кучланишлар ҳам тегишлича  $[\sigma]_r$ ,  $[\sigma]_c$  билан белгиланади. Шундай қилиб, чўзилган ёки сиқилган стерженларнинг мустаҳкамлик шарти қуйдагича ёзилади:

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \leq [\sigma] \quad (2.1.1)$$

бу ерда  $[\sigma]$  - стержень материали учун рухсат этилган нормал кучланиш.

Бу формула асосида қуйдаги уч ҳил масалани ҳал қилиш мумкин



Чўзилишда  
мустаҳкамлик  
шартлари.  
Хисоблаш  
турлари

Максимал  
хисобланган

Стержннинг кўндаланг  
кесимида ҳаракатланади

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} \quad (2.1.2)$$

Бу ерда  $N$  – ҳавфли кесимдаги кўндаланг куч  
 $A$  – стержннинг кўндаланг кесими

**МУСТАҲКАМЛИК ШАРТЛАРИ**

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \leq \sigma_{adm} \quad (2.1.3)$$

$\sigma_{adm}$  - рухсат этилган нормал кучланиш

Стерженнинг  
ҳавфли  
кўндаланг  
кесимини  
танлаш

$$A \geq \frac{N_{\max}}{\sigma_{adm}}$$

(2.1.4)

Стерженнинг  
мустаҳкамлигин  
и текшириш  
Текшириш ҳисоби  
Стержда кесимнинг  
ўлчамлари ва юкдаги  
кучланиш аниқланади

$$\sigma_{\max} \leq \sigma$$

(2.1.5)

Рухсат этилган  
кучни аниқлаш  
(конструкцияни ишга  
яроқлилигини ҳисоблаш,  
оғирлик бўйича)

$$N_{adm} \leq \sigma_{adm} \cdot A$$

(2.1.6)

Рухсат этилган нормал кучланиш турли материаллар ҳар хил қийматга эга бўлади. Баъзи материаллар учун рухсат этилган нормал кучланишларнинг қийматлари 1-жадвалда келтирилган.

## Рухсат этилган нормал кучланишларнинг қийматлари.

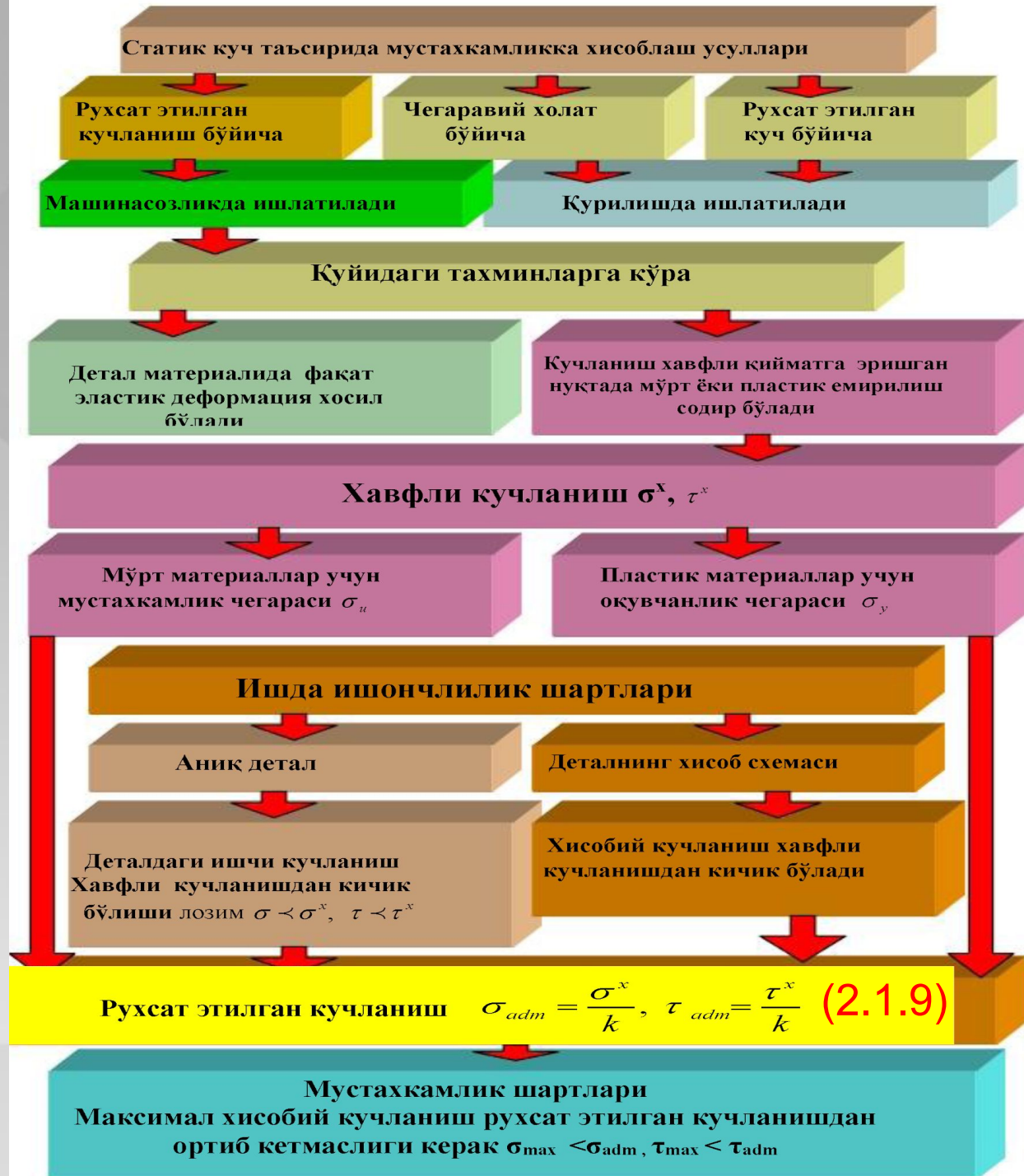
Материалларнинг номи	$\sigma_{\text{ч}}$ (МПа)	$\sigma_{\text{с}}$ (МПа)
Чўян	28 – 80	120 – 150
Пўлат ст.1	120	120
ст.2	140	140
ст.3	160	160
мис	30 – 120	30 - 120
Латунь	70 – 140	70 – 140
Бронза	60 – 120	60 – 120
Алюминий	30 – 80	30 – 80
Дуралюминий	80 – 150	80 – 150
Қарағай(толалар бўйича)	7 – 10	10 – 12
Дуб (толалар бўйича)	9 – 13	13 – 15
Тош (кладка)	0 , 3	0,4 – 4,0
Ғишт (кладка)	0 , 2	0,6 – 2,5
Бетон	0,1 – 0,7	1,0 – 9,0

Агар стержень материали чўзилиш ёки сиқилишга ҳар хил қаршилик кўрсатса, унинг мустаҳкамлик шарти чўзилиш ва сиқилиш учун алоҳида ҳисобланади.

$$\sigma_{\text{max}}^{\text{ч}} = \frac{N_{\text{max}}}{A} \leq [\sigma_{\text{ч}}] \quad (2.1.7)$$

$$\sigma_{\text{max}}^{\text{с}} = \frac{N_{\text{max}}}{A} \leq [\sigma_{\text{с}}] \quad (2.1.8)$$

**Мустахкамликка  
хисоблаш усули.  
Мустахкамликка  
рухсат этилган  
кучланиш бўйича  
хисоблаш.**



## 2. Статик ноаниқ масала.

Чўзилиш - сиқилишга ишлайдиган инженерлик конструкциялари статик аниқ ёки статик аниқмас система кўринишида бўлишлари мумкин.

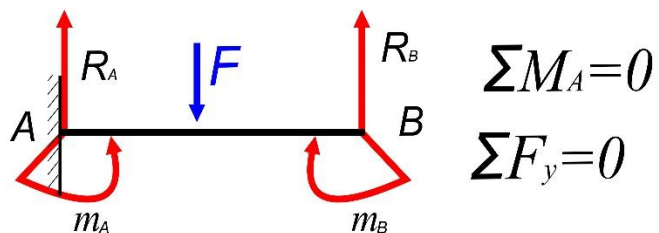
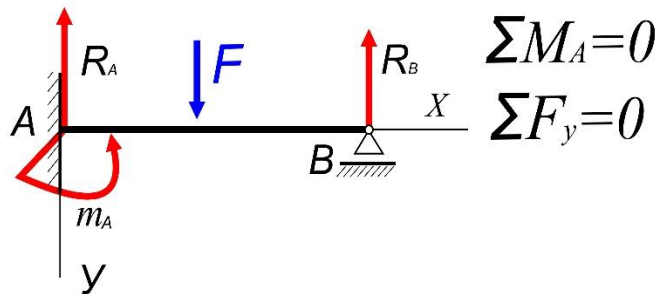
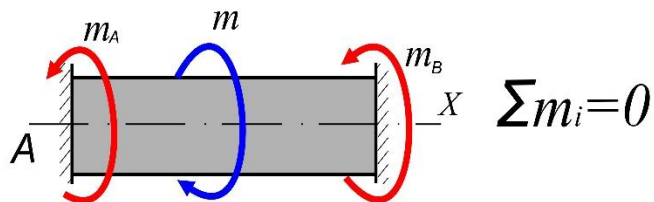
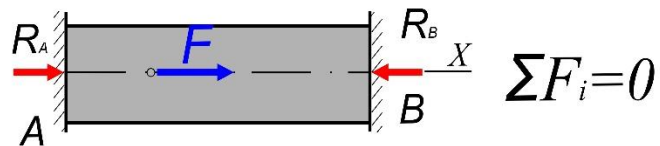
Ташқи кучлар ёки бошқа омиллар таъсирида системада ҳосил бўладиган номаълум реакцияларни статика тенгламалари ёрдамида топиш мумкин бўлган системалар **статик аниқ системаларни** ташкил этади.

Конструкция мустаҳкамлиги ва бикрлигини орттириш мақсадларида баозан унга қўшимча таянчлар, қўшимча стерженлар ўрнатилади. Бу ўз навбатида қўшимча боғланишларни ҳосил қилиб, номаълум реакциялар миқдорини орттиради.

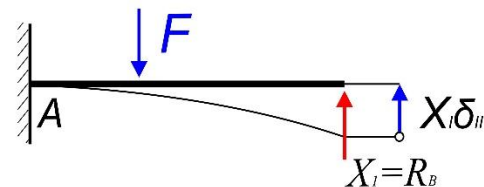
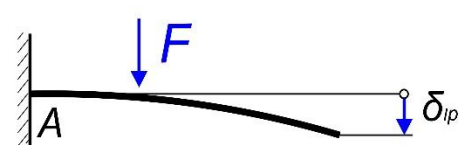
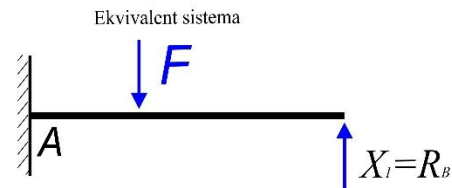
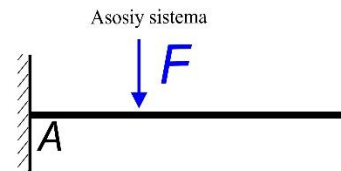
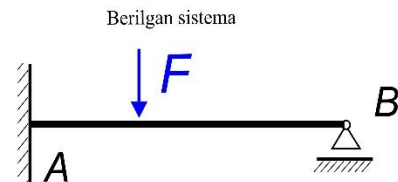
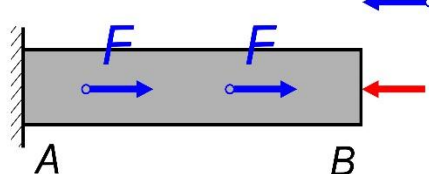
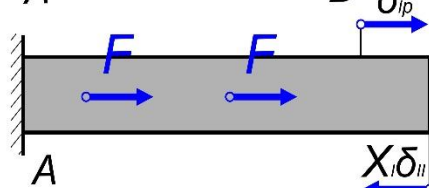
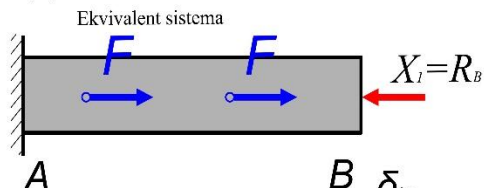
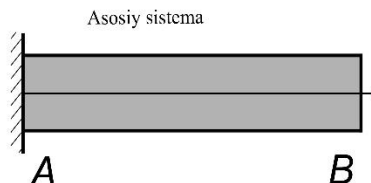
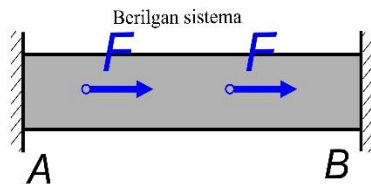
Ташқи куч таъсирида системада ҳосил бўладиган номаълум реакциялар миқдори шу система учун тузиш мумкин бўлган статиканинг мувозанат тенгламалари миқдоридан кўп бўлган системалар **статик аниқмас системалар** деб юритилади. Системадаги номаълум реакциялар ва шу система учун тузилган статика тенгламалари миқдорлари фарқи системанинг статик аниқмаслик даражасини ташкил этади.

Статик аниқмас масалаларни ечиш учун системанинг статик аниқмаслик даражаси миқдорида қўшимча тенгламалар зарур бўлади. Уларни деформацияларнинг умумийлик шарти ёки деформацияларни солиштириш усули ёрдамида тузилади.

# STATIK ANIQQMAS SISTEMALAR



KUCH USULI



$$X_i \delta_{ii} + \delta_{ip} = 0 \quad \text{KANONIK TENGLAMA (Ko'chish tenglamasi)} \quad (2.2.1)$$

$\delta_{ip}$  - 1 - kesimning berilgan kuch ta'siridagi ko'chishi

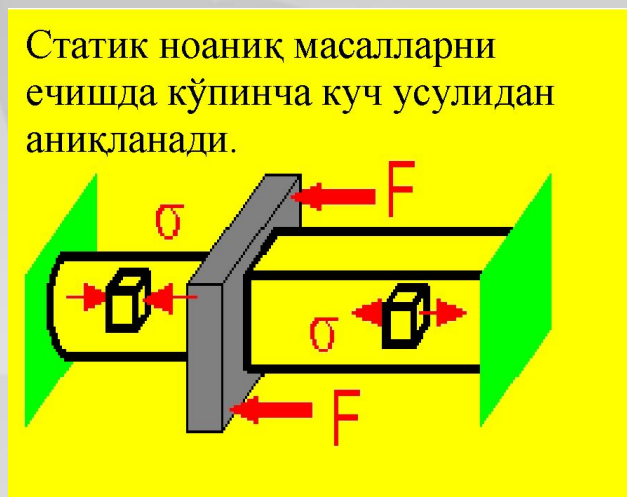
$\delta_{ii}$  - 1 - kesimning birlik kuch ta'sirida ko'chishi



Материаллар қаршилигида конструкцияга таъсир этишига кўра 2хил масала ўрганилади.



Статик аниқмас масала машина ёки конструкция қисмларида қўшимча зўриқишнинг келиб чиқиши натижасида пайдо бўлади. Система қисмларида қўшимча зўриқиш кучлари эса температуранинг ўзгариши, таянч ва шарнир кесимларининг силжиши натижасида содир бўлади.



# Чўзилиш - сиқилишдаги статик аниқмас масалаларни ечишда қуйидаги усулдан фойдаланиш тавсия қилинади.

1. Берилган масалада барча реакция кучларининг ёки номаълум зўриқиш кучларининг йўналиши кўрсатилади;

2. Шу масала учун лозим бўлган ҳамма мувозанат тенгламалари ёзилиб, унинг аниқмаслик даражаси белгиланади;

3. Системанинг айрим қисмларининг деформациялари орасидаги боғланишлардан фойдаланиб барча қўшимча тенгламалар тузилади;

4. Қўшимча тенгламалардаги деформациялар, Гук қонунидан фойдаланиб, тегишли зўриқиш кучлари билан алмаштирилади;

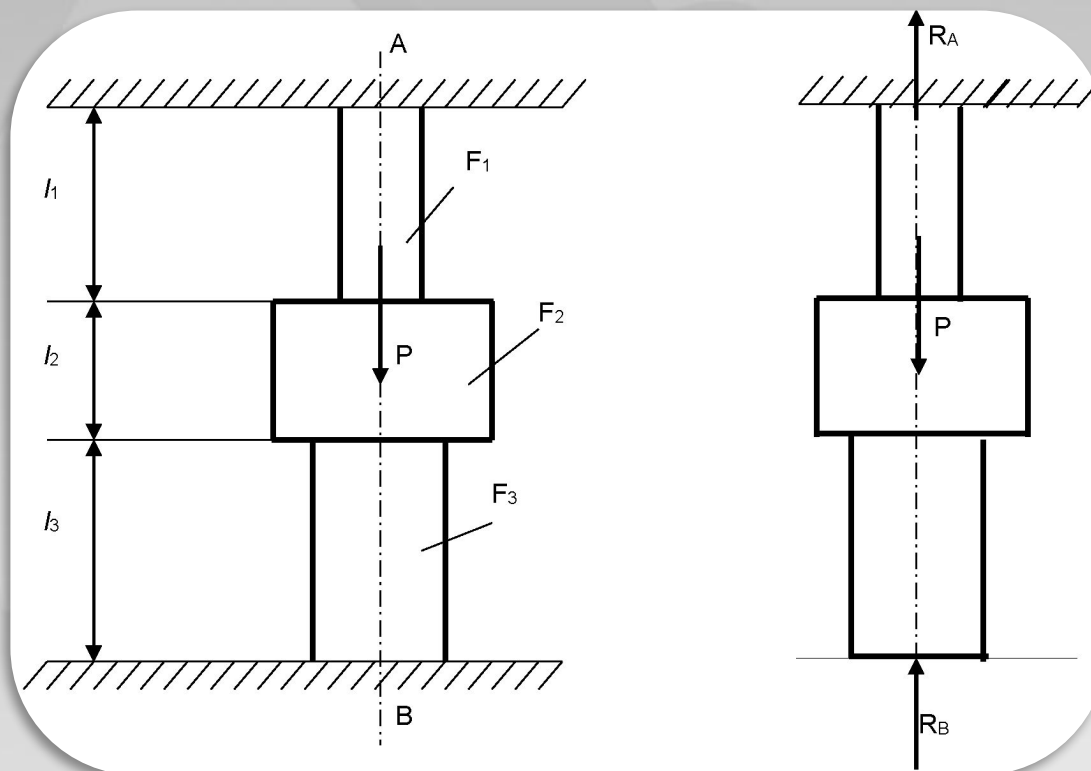
5. Ҳосил бўлган тенгламалар биргаликда ечилиб, барча номаълум кучлари топилади. Агар статик аниқмас масала асосий система танлаш усули билан ечиладиган бўлса, юқоридаги планнинг 3 ва 4– пунктлари қуйидагича ўзгартирилади:

6. Стержен ортиқча боғланишлардан озод қилиниб асосий система танланади ва бу асосий системага берилган ва ортиқча номаълум кучлар таъсир эттирилади;

7. Асосий системанинг ортиқча номаълум куч қўйилган нуқтасининг кўчиши топилиб, нолга тенглаштирилади.

Масалан: Темир йўл релслари қишда тораяди, ёзда эса кенгаяди. Статик ноаниқ масалаларни ечишда асосий масала қўшимча зўриқишдан келиб чиққан деформацияни ёки кўчишни ҳисобга олиб қўшимча тенглама тузиш. Бу масалаларни ечишда стерженларнинг деформацияларини ҳисобга олиш керак бўлади. Шунинг учун ҳам аниқланган зўриқишларнинг қиймати, стерженларнинг ўлчамларига, эластиклик ҳоссаларига боғлиқдир.

Икки томон билан қистириб маҳкамланган устунда таянч реакция кучларини аниқлаймиз. Шакл-1 мумкин бўлган статика тенгламаларини тузамиз. Бундай масалаларни ечишда асосий система танлаш усулидан фойдаланилади, яъни таянчлардан бирининг устунга таъсири номаълум реакция кучи билан алмаштирилади. Шу усулда ҳосил қилинган система **асосий система дейилади**.



$$\Sigma Y=0 \quad R_1 - F + R_2 = 0 \quad \Sigma x=0 \quad (2.2.2)$$

Статика тенгламалари битта ундаги номаълум иккита, демак масала бир марта статик ноаник. Қўшимча тенгламани берилган ва асосий системалардан фойдаланиб тузилади. Берилаган умумий мутлоқ деформация нолга тенг

$$\Delta l = 0 \quad (2.2.3)$$

Бу шарт асосий системада ҳам бажариши зарур.

$$\Delta = \Delta l_F + \Delta l_{R_1} = 0 \quad (2.2.4)$$

Охириги ифодани Гук қонуни ёрдамида маълум ва ноъмалум кучлар билан алмаштирамиз.

Асосий системанинг Б нуқтадаги кўчишини топиб, уни нолга тенглаштирамиз, чунки статик аниқмас системанинг бу нуқтаси маҳкамланганлиги учун у кўча олмайди.

Б нуқтанинг кўчишини топиш учун Гук қонунидан фойдаланамиз:

$$-\frac{R_B l_3}{EF} - \frac{R_B l_2}{EF_2} - \frac{R_B l_1}{EF_1} + \frac{Pl_1}{EF_1} = 0; \quad (2.2.5)$$

ҳосил бўлган (2.2.2) ва (2.2.5) тенгламаларни биргаликда ечиб, номаълум  $R_A$  ва  $R_B$  реакцияларни аниқлаймиз:

$$R_A = \frac{P \left( \frac{l_2}{F_2} + \frac{l_3}{F_3} \right)}{\frac{l_1}{F_1} + \frac{l_2}{F_2} + \frac{l_3}{F_3}}; \quad R_B = \frac{Pl_1}{F_1 \left( \frac{l_1}{F_1} + \frac{l_2}{F_2} + \frac{l_3}{F_3} \right)}. \quad (2.2.6)$$

# Ўз –ўзини текшириш саволлари

1. Қандай масалалар статик ноаниқ масалалар дейилади ?
2. Статик аниқмас масалаларни ечиш тартиби қандай?
3. Икки томондан қистириб маҳкамланган устунда таянч реакция кучлари қандай аниқланади?
4. Стерженлар системаси қандай текширилади?
5. Статик ноаниқлик даражаси нима?
6. Асосий система ҳақида тушунча.
7. Гук қонунининг математик ифодаси.
8. Деформацияланган ва деформацияланмаган стерженлар системаси.
9. Рухсат этилган кучланиш нима?
10. Кучланишлар тўпланиши (концентрацияси).
11. Эхтиёт коэффиценти нима ва унинг миқдори қандай факторларга боғлиқ.
12. Чўзилган ёки сиқилган стерженларнинг мустаҳкамлик шартларини ёзинг.


# Статик ноаниқ конструкцияларни хоссалари

Ички кучлар элементларнинг бикирлигига боғлиқ. Элементлар бикирлигини ўзгартириб ички кучлар тақсимланишини ўзгартириш мумкин

Температура ўзгарганда куч ва кучланишлар пайдо бўлади

Ички куч ва кучланишлар ташқи куч йўқ бўлганда ҳам пайдо бўлиши мумкин

Текис кучланишга эга бўлган элементли конструкцияни лойиҳалаб бўлмайди



# **Чўзилиш ва сиқилишда статик ноаниқ масала**

# Режа:

1. Икки томондан қистириб маҳкамланган пўлат стержен учун берилган система асосий системага айлантирилсин, мувозанат тенгламалари тузилсин
2. Статик ноаниқ масала статик аниқ масалага айлантирилсин
3. Берилган пўлат стержен учун  $N$ ,  $\sigma$ ,  $\Delta l$  аниқлансин
4. Топилган қийматлар асосида бўйлама куч, кучланиш, мутлоқ деформация эпюралари қурилсин
5. Мутлоқ деформация нолга тенглиги аниқлансин.



**Берилган:**

$$F = 200kN$$

$$A_1 = 15 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$A_2 = 10 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$a = 1.6m$$

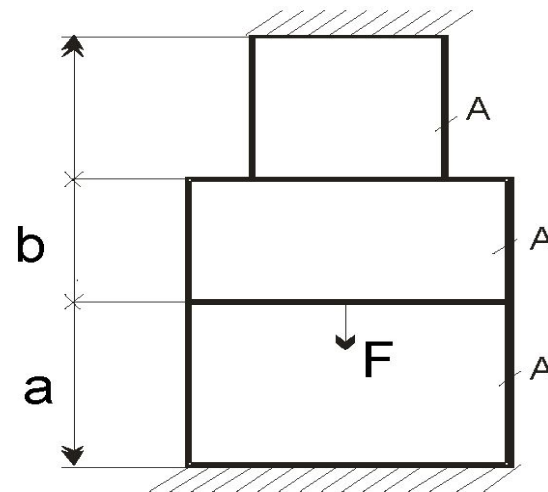
$$b = 1.2m$$

$$c = 1.4m$$

**Топиш керак:**

$R_A$ -?  $R_B$ -?  $N$ -?  $\sigma$ -?

$$\Delta l$$
-?  $\Delta l = 0$



1-шакл

**Ечиш:**

**Мувозанат тенгламасини тузамиз:**

$$R_A - F + R_B = 0 \quad , \quad \Delta l = \frac{Nl}{EA} \quad , \quad \Delta l = \Delta l_F + \Delta l_{R_B} = 0 \quad , \quad \Delta l_F = \frac{Fb}{EA_2} + \frac{Fc}{EA_1} \quad ,$$

$$\Delta l_{R_B} = -\frac{R_B a}{EA_2} - \frac{R_B b}{EA_2} - \frac{R_B c}{EA_1}$$

$$\Delta l = -\frac{R_B a}{EA_2} - \frac{R_B b}{EA_2} - \frac{R_B c}{EA_1} + \frac{Fb}{EA_2} + \frac{Fc}{EA_1} = 0$$

$$R_A = F - R_B = 200 - 114 = 86 \text{ kN}$$

1.  $N$  бўйлама кучни аниқлаймиз:

$$\text{I.I.} \quad N_1 + R_B = 0$$

$$N_1 = -R_B = -114 \text{ kN}$$

$$\text{II.II.} \quad N_2 - F + R_B = 0$$

$$N_2 = F - R_B = 86 \text{ kN}$$

$$\text{III.III.} \quad N_3 - F + R_B = 0$$

$$N_3 = F - R_B = 86 \text{ kN}$$

2.  $\sigma$  кучланишни аниқлаймиз:

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_2} = \frac{-114}{10 \cdot 10^{-4}} = -11,4 \cdot 10^4 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{86}{10 \cdot 10^{-4}} = 8,6 \cdot 10^4 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_1} = \frac{86}{15 \cdot 10^{-4}} = 5,73 \cdot 10^4 \text{ kN/m}^2$$

3.  $\Delta l$  муток деформацияни аниқлаймиз:

$$\Delta l = \frac{Nl}{EA}$$

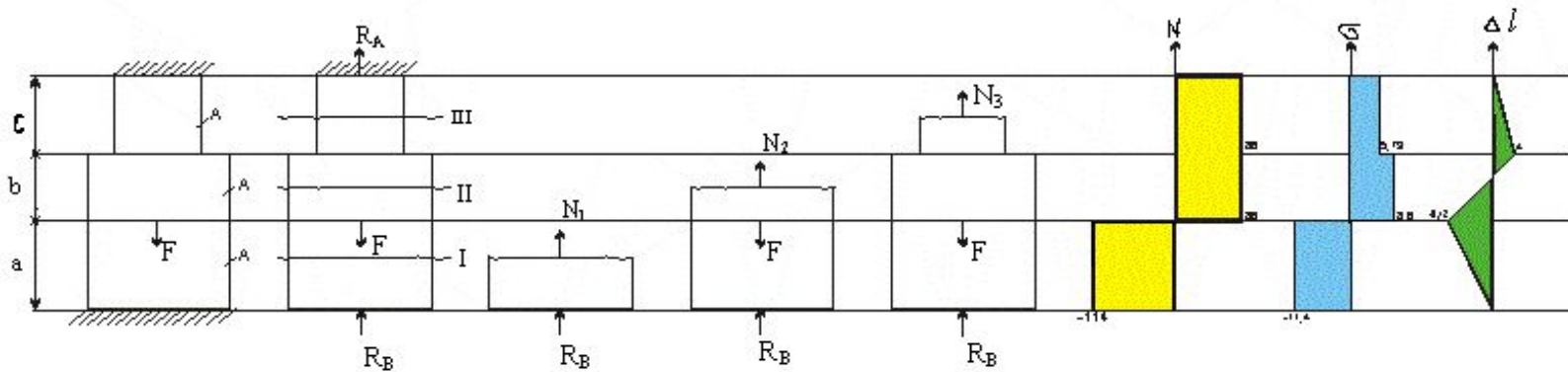
$$\Delta l_1 = \frac{N_1 a}{EA_2} = \frac{-114 \cdot 1.6}{2 \cdot 10^8 \cdot 10 \cdot 10^{-4}} = -9,12 \cdot 10^{-4} m$$

$$\Delta l_2 = \frac{N_2 b}{EA_2} = \frac{86 \cdot 1.2}{2 \cdot 10^8 \cdot 10 \cdot 10^{-4}} = 5,16 \cdot 10^{-4} m$$

$$\Delta l_3 = \frac{N_3 c}{EA_1} = \frac{86 \cdot 1.4}{2 \cdot 10^8 \cdot 15 \cdot 10^{-4}} = 4 \cdot 10^{-4} m$$

Текшириш:  $\Delta l = 0$

$$\Delta l = -9.12 + 5.16 + 4 \approx 0$$



2-shakl