

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ

САНОАТ ТЕХНОДОГИЯСИ ФАКУЛЬТЕТИ

**ООТ-283 гуруҳ талабаси Холманова Шарофатнинг
“МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИ” фанидан бажарган**

КУРС ЛОЙИХА ИШИ

Бажарди:

ООТ-283 гуруҳ талабаси

Холманова Ш.

Рахбар:

Шарипов Ш.

ҚАРШИ-2015

МЕХАНИЗМЛАРНИНГ КИНЕМАТИК АНАЛИЗИ

1. КИНЕМАТИК АНАЛИЗ ВАЗИФАЛАРИ

Механизм кинематикасида бўғинлар нуқталарининг:

- а) ҳаракат траекториялари (механизмнинг турли вазиятлари режаси) аниқланади;
- б) нуқталарнинг чизиқли тезлик ва тезланишлари ҳамда бўғинларнинг бурчак тезлик ва тезланишлари аниқланади.

Бу масалаларни ечиш усуллари турлича бўлиб, уларнинг баъзи бирлари билан конкрет мисолларда танишамиз. Хусусан, I синф, 2-тартибли механизмлар кинематик таҳлилининг кинематик диаграммалар (график усул) ҳамда графо-аналитик (тезлик ва тезланишлар режалари) усулларда ўрганамиз.

МЕХАНИЗМ НУҚТАЛАРИНИНГ ТРАЕКТОРИЯЛАРИНИ АНИҚЛАШ

Механизм бўғинларининг турли вазиятларини аниқлаш билан шу бўғинларга тегишли нуқталар ҳодати ҳам аниқланади.

Механизм кинематик схемаси маълум масштабда чизилади. Бундан мақсад, механизм бўғинларининг узунлик ўлчовлари жуда кичик бўлса, уларни катталаштириб, катта бўлса, кичрайтириб чизишдан иборатдир.

Механизм масшпаби қуйидагича аниқланади.

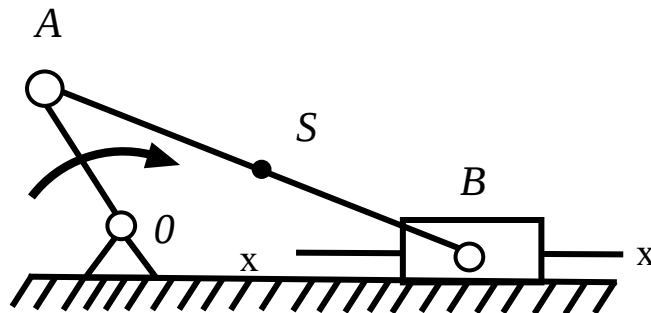
$$\mu_l = \frac{l_{AB} - \text{берилган} \quad \text{хақиқий} \quad \text{узунлик}}{AB - \text{чизмада} \quad \text{тасвирланган} \quad \text{узунлик}} = \frac{m}{mm}$$

Масалан, кривошип-шатунли механизм берилган бўлсин. Бу механизм бўғинларининг узунлик ўлчовлари қуйидагича:

l_{OA} –10мм-кривошипнинг ҳақиқий узунлиги,

l_{AB} –50мм-шатуннинг ҳақиқий узунлиги,

l_{AS} –25мм-шатун оғирлик марказининг А нуқтага нисбатан ҳолати



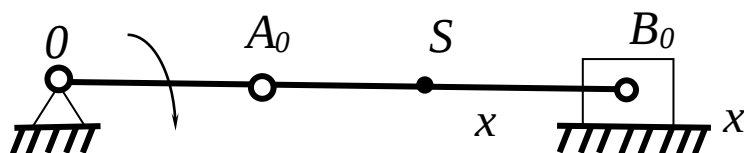
1-шакл

Механизм масшпаби $\mu_l = \frac{l_{AB}}{AB} = \frac{0.05}{100} = 0.0005 \frac{m}{mm}$. яъни АВ кесманинг 1 мм узунлигида 0,0005 метр ёки 0,5 мм ҳақиқий узунлик борлиги кўрсатилади. Қолган бўғинларнинг чизмадаги узунлиги қуйидагича аниқланади.

$$OA = \frac{l_{OA}}{\mu_l} = \frac{0.01}{0.0005} = 20m; \quad AS = \frac{l_{AS}}{\mu_l} = \frac{0.025}{0.0005} = 50mm$$

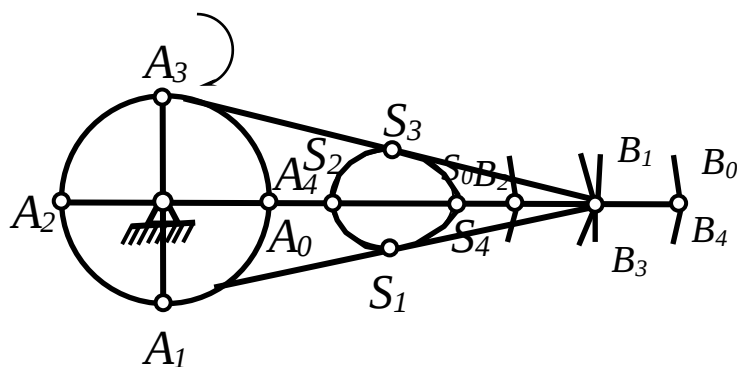
Нуқталар траекторияларини аниқлаш учун юқорида ҳисобланган ўлчовлар билан механизм «ўлик» (четки) вазиятда чизилади. Бундай вазиятни аниқлаш учун кривошип айланиш марказидан ўнг томонига

$R=OA+AB$ радиус билан ёй чизамиз. Бу ёйнинг ползун йўналтирувчиси ХХ билан кесишиш нуқтаси B_0 ни аниқлаймиз (2-шакл).



2-шакл

Натижада кривошип ва шатун бир тўғри чизикда жойлашади, ползун эса энг четки холатда ётади. Кривошипни текис ҳаракат қилади ($w=const$) деб қабул қилиб, А нукта траекторияси- айланани A_0 дан бошлаб тенг бўлақларга бўламиз. Механизмнинг биринчи вазиятини топиш учун шатун $A_1B_1=A_0B_0$ узунлигини радиус қилиб ва A_1 нуктани марказ қилиб XX йўналтирувчи билан кесишгунча ёй чизамиз. Тўғри чизик (XX) ва ёй кесишган нукта B_1 вазиятни беради. Натижада кривошип «ўлик» вазиятдан (A_0 холатдан) 90° га бурилганда ползун В нуктаси B_0B_1 масофани босиб ўтади. Шатуннинг S нуктаси S_0 холатидан S_1 га ўтади ва эгри чизик бўйлаб S_0S_1 йўлни босиб ўтади.(3-шакл)



Кривошип иккинчи холатга бурилганда (A_2 нукта) В нукта B_0B_2 масофани, S нукта эса S_0S_2 йўлни босиб ўтади. Шу тарзда ~~аниқланган~~ ^{визуал} $B_1, B_2, B_3, B_4, S_1, S_2, S_3, S_4$ нукталарни туташтирсак, В ва S нукталарнинг траекториялари келиб чиқади.

Шундай қилиб, кривошип бир марта айланиш вақтида В нукта илгариланма-қайтма ҳаракат қилса, S нукта ёпиқ эгри чизик бўйлаб фақат илгариланма ҳаракат қилади.

Вақт бирлигида нукталар босиб ўтган масофа (В нуктаси учун) ёки йўл (S нуктаси учун) маълум бўлса шу нукталарнинг тезлик ва тезланишларини аниқлаш мумкин. Ана шу ҳақида қуйдаги усуллар билан танишамиз.

2. КИНЕМАТИК ДИАГРАММАЛАР УСУЛИ (график усули)

Бу усулда нуктанинг вақт бирлигида босиб ўтган йўл (оралик) $S=S(t)$ графигидан чизикли тезлик $V=V(t)$ ва тезланиш $a^t=a^t(t)$ графикари аниқланиши лозим.

Келтирилган боғланишларда:

S-нуктанинг силжиши

V-нуктанинг чизикли тезлиги

a^t -нуктанинг тангенциал (уринма) тезланиши

t- вақтдир

Агар шу боғланишлардан бирортаси, масалан $S=S(t)$ маълум бўлса, қолган иккитасини аниқлаш мумкин.

2.1. $S=S(t)$ графигини қуриш

Нукталар ҳаракатининг турига қараб S-t графиги икки кўринишда бўлади. Булар йўл ва оралиқ графикларидир. Бундай графикларни чизиш учун танлаб олинган декарт координаталар системасининг ординаталар ўқиға механизм бўғинларининг айрим нукталари ўтган йўллари ёки оралиқлари, абсцисса ўқиға эса етакловчи бўғиннинг (масалан, кривошипнинг) бир марта тўла айланиши учун кетган вақт t қўйилади.

а) Оралиқ диаграммаси

Бундай диаграмма (қайтма чизикли ёки эгри чизикли) ҳаракат қилувчи нукталар учун қурилади. Шакл 4,5 да келтирилган механизмни В (тўғри чизикли илгариланма-қайтма траектория) ва D (эгри-чизикли траектория) нукталари учун ана шундай диаграммалар қурилади.

В нуктанинг (5-шакл) оралиқ диаграммаси қуйдагича қурилади. Аввало В нуктанинг ва механизм қолган нукталарининг ҳаракат қонунини топиш учун етакловчи бўғин-кривошипни O_1A_0 вазиятидан бошлаб бир неча ҳолатларини танлаб олинади. Хусусан 5-шаклда келтирилган механизмда кривошипни 6 та ҳолати танлаб олинган, яъни А нукта траекторияси-айлана тенг 6 бўлакка бўлинган. Шу вазиятларга тегишли В нуктанинг B_0, B_1, B_2 ва ҳ. к. ҳолатлари аниқланади. Ползуннинг В нуктаси четки вазиятдан (B_0) бошлаб тўғри чизик бўйлаб ҳаракат қилиб, B_3 ҳолатга эришганда максимал оралиқни босиб ўтади $S_{max}=B_0B_3$, сўнгра шу траектория бўйлаб орқага қайтади, масофа аста секин камайиб боради. Агар B_0B_1 оралиқни ҳақиқий катталигини SB_1 билан белгиласак, бу катталик шаклдаги оралиқ B_0B_1 нинг механизм масштабига кўпайтирилганига тенг бўлади, яъни $SB_1 = \mu_l B_0B_1$ Шунингдек,

$$S_{B_2} = \mu_l (B_0B_1 + B_1B_2) = \mu_l B_0B_2$$

$$S_{B_3} = \mu_l (B_0B_1 + B_1B_2 + B_2B_3) = \mu_l B_0B_3$$

$$S_{B_4} = \mu_l (B_0B_3 - B_3B_4)$$

$$S_{B_5} = \mu_l (B_0B_3 - B_3B_4 - B_4B_5)$$

$$S_{B_6} = 0$$

Декарт координаталар системасида В нукта ҳаракат графиги қуйдагича қурилади. Ординаталар ўқиға В нуктанинг оралиғи S_B ни, абсцисса ўқиға эга кривошипни бир айланиш даври t ни қўйилади. Мисолимизда абсцисса ўқи 6 та тенг бўлакка бўлинган (6-шакл). Бу бўлақлар йиғиндисини X_t билан белгилаймиз ва давр масшаби μ_l ни аниқлаймиз.

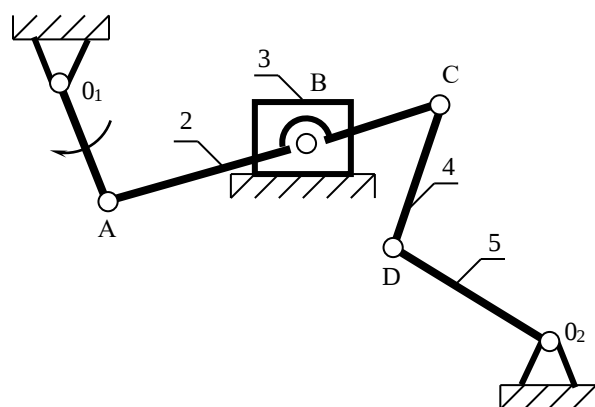
$$\mu_l = \frac{T}{X_t} = \frac{60}{n_1 x_t}$$

Ифодада n_1 -кривошипнинг бир минутда айланишлар сони
 x_t -абсцисса ўқидаги оралиқ узунлиги, мм (кўпинча 180 ёки 240 мм қабул қилинади)
 4,5-шакллардаги мисолимиз учун

$$\mu_l = \frac{60}{n_1 x_t} = \frac{60}{100 \cdot 120} = \frac{1}{200} \cdot \frac{с}{мм}$$

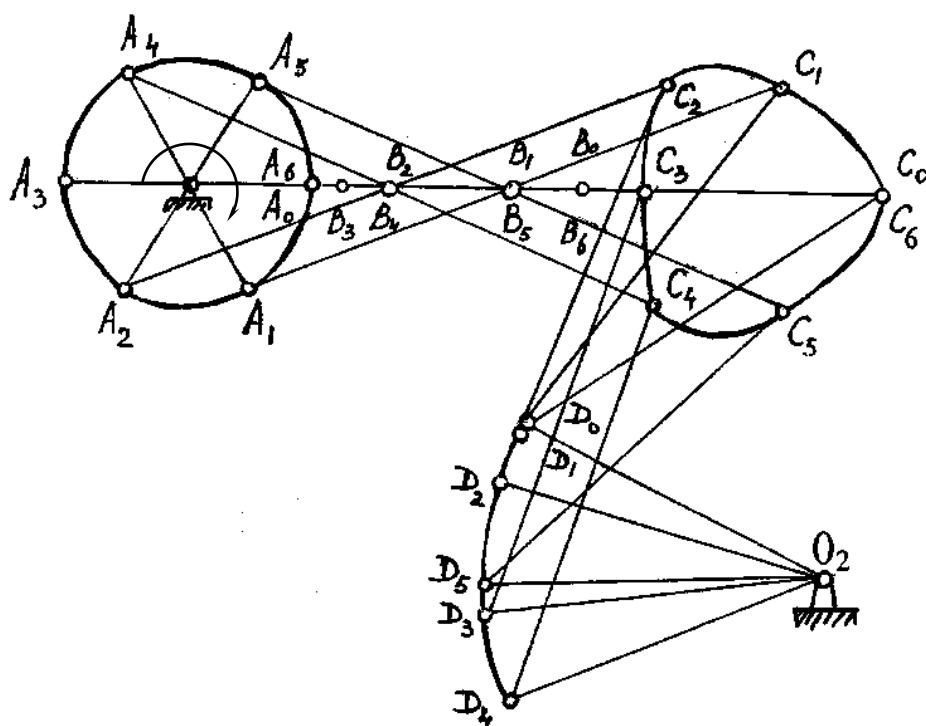
Абсцисса ўқининг 6 та нуктасидан ординаталар ўтказамиз ва уларга $SB_1, SB_2, SB_3, SB_4, SB_5, SB_6$, қийматларини қўямиз. Бу ҳолда оралиқ масшаби $\mu_l = \frac{S_{max}}{Y_{s max}}$ бирга тенг бўлади. Аммо кўп ҳолларда S_B ларнинг қиймати жуда катта ёки кичик бўлиши ва коғозга

сиғмаслиги мумкин. Бундан холис бўлиш учун коғозга чизиладиган графикдаги максимал ордината узунлиги Y_{s1} , Y_{s2} ва ҳ.к. узунликлари қайта ҳисобланиши керак.



$$\begin{aligned} l_{OA} &= 40 \text{ мм} \\ l_{AB} &= 100 \text{ мм} \\ l_{BC} &= 100 \text{ мм} \\ l_{CD} &= 150 \text{ мм} \\ l_{DO_2} &= 140 \text{ мм} \\ n_1 &= 100 \text{ айл/мин} \end{aligned}$$

4-шакл. Механизмнинг кинематик схемаси.



5-шакл. Механизмнинг вазиятлари режаси.

Диаграмма масшабини қуйидагича аниқланади:

$$\mu_s = \frac{S_{\max}}{Y_{s \max}} \left[\frac{\text{мм}}{\text{мм}} \right]$$

$S_{\max}$ нуктанинг максимал оралини (мисолда $S_{\max} = S_{B_3} = \mu_l B_0 B_3$), мм да;

$Y_{s \max}$ қабул қилинган максимал ордината, мм ($Y_{s \max}$ қиймати 100-150 мм атрофида бўлгани маъқул)

Қолган ординаталар узунлиги μ_s масшабини назарга олган

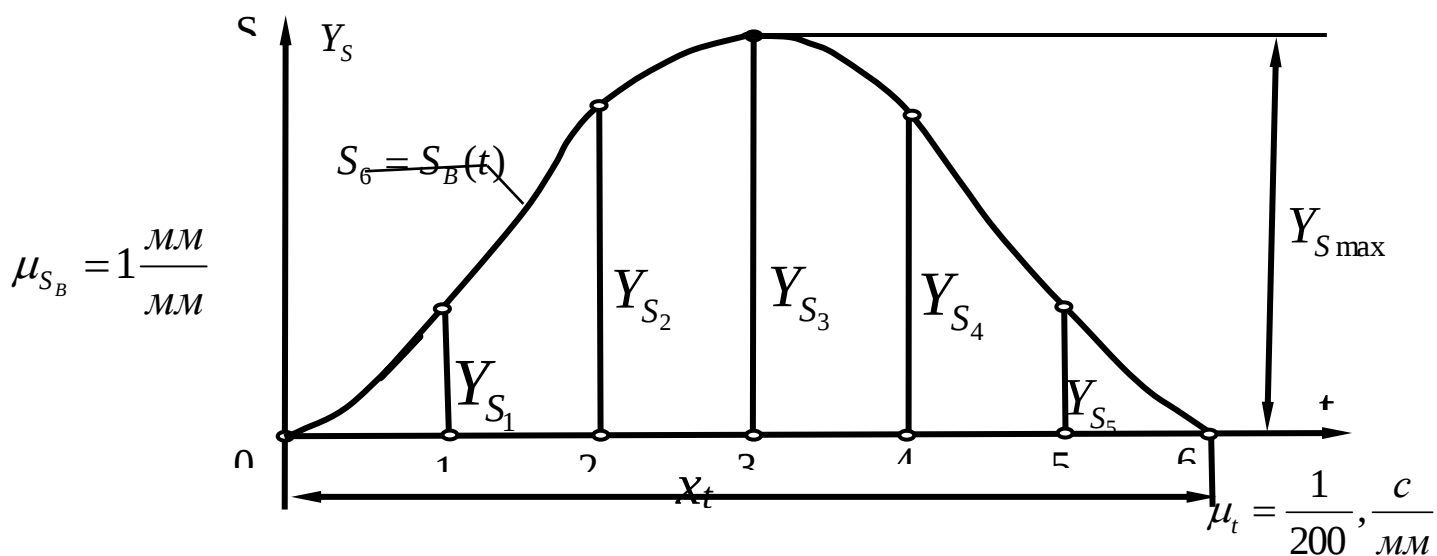
холда ҳисобланиши керак, яъни $Y_{s1} = \frac{S_{B_1}}{\mu_s}$, $Y_{s2} = \frac{S_{B_2}}{\mu_s}$, ва ҳ.к.

6-шаклда B нуктанинг $S-t$ диаграммаси келтирилган.

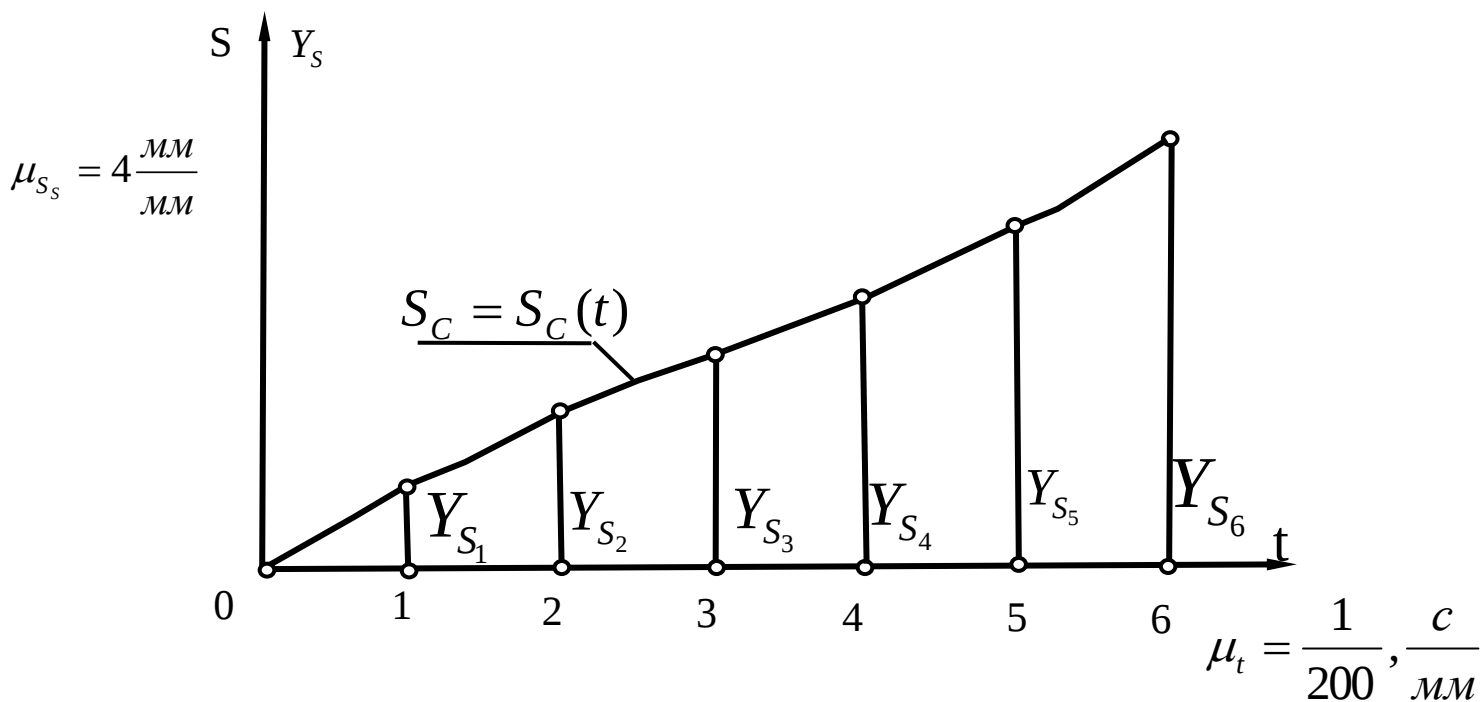
5-шаклда келтирилган механизми D нуктаси учун ҳам $S-t$ графиги худди шу усулда қурилади.

б) Ёўл диаграммаси

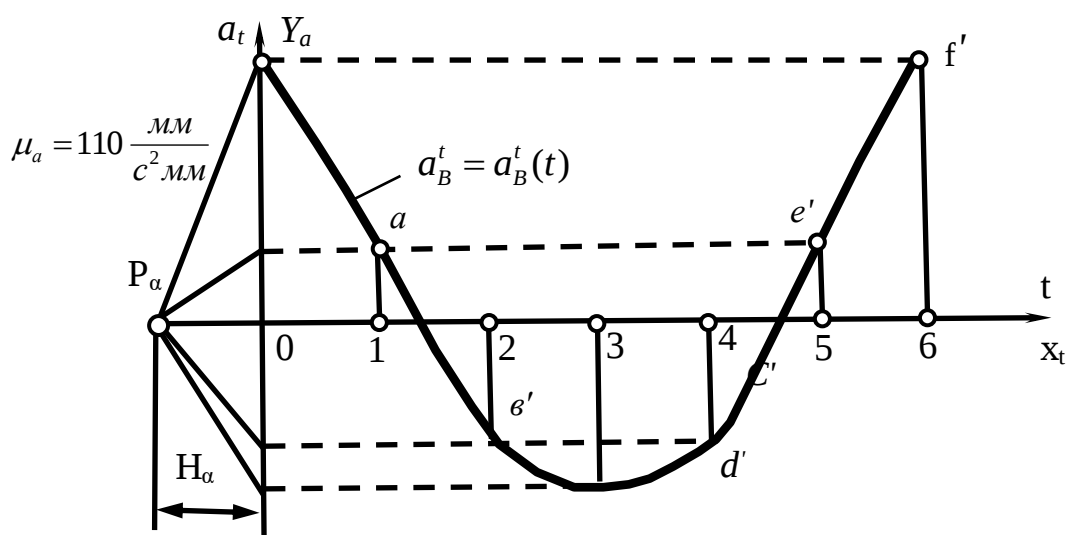
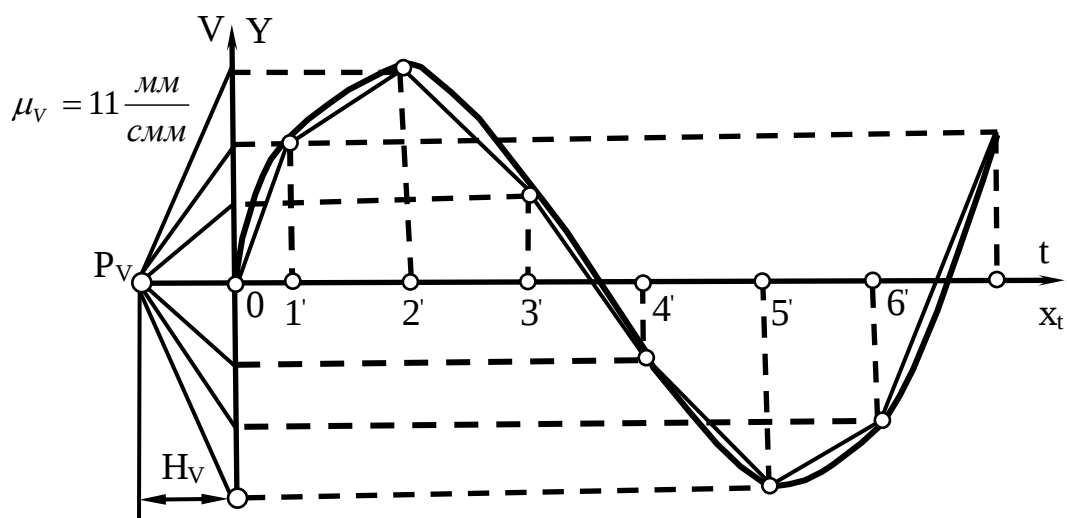
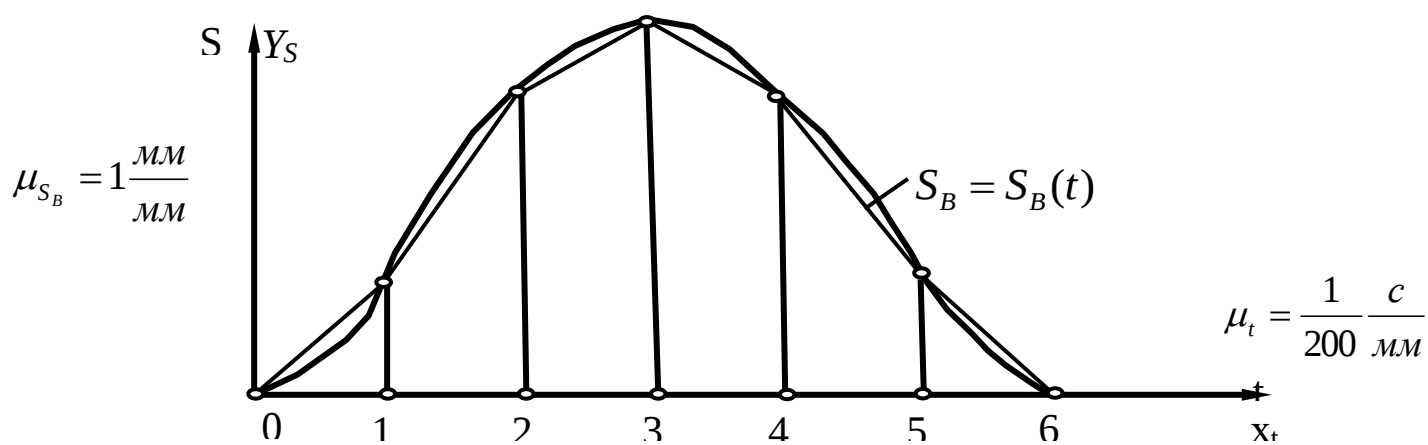
Йўл диаграммаси оралиқ диаграммасидан ординаталарнинг доимо ўсиб бориши билан фарқ қилади. Мисолимизда келтирилган механизмнинг С нуктаси учун йўл диаграммаси қурилади. Бу нукта траектория бўйлаб доимо илгариланма ҳаракатда бўлади. Вақт ошган сари С нукта босиб ўтган йўл ҳам ортиб боради.



6-шакл. В нуктанинг оралиқ диаграммаси.



7-шакл. С нуктанинг йўл диаграммаси.



8- шакл, Ватарлар усули билан график дифференциаллаш.

2.2. ГРАФИК ДИФФЕРЕНЦИАЛЛАШ

Нукталарнинг вақт бирлигида ўтган оралиқ ёки йўл графиклари (6,7-шакл) маълум бўлса, шу графиклардан дифференциаллаш йўли билан нукталарнинг тезлик ва тезланишлари аниқланиши мумкин. Бунда рафик дифференциаллашнинг қуйидаги усулларидан бирини қўллаш мумкин:

1. Уринмалар усули
2. Ватарлар усули
3. Ординаталарнинг орттирмасини ўлчаш усули

Амалда кўпроқ иккинчи ва учинчи усуллар қўлланилади. Хусусан B нукта учун ватарлар, C нукта учун орттирмалар усулини қўллаймиз.

а) Ватарлар ёрдами билан дифференциаллаш

S - t рафигидаги (S ,а-шакл) кичик эгри чизиклар тўғри чизик-ватарлар билан алмаштирилади — $0^\circ, 1^\circ, 2^\circ, 3^\circ, 4^\circ, 5^\circ, 6^\circ$ нукталарни ватарлар билан туташтираемиз. Натижада ҳар бир интервалдаги текис бўлмаган ҳаракат ўртача тезликка эга бўлган текис ҳаракатга алмаштирилади. Нукталар сони қанча кўп бўлса, ўтказилган ватарлар эгри чизикқа шунча яқин бўлади ва ўртача тезлик ҳақиқий тезликка яқинлашади. Ўртача тезлик қўйдагича аниқланади:

$$V_{\text{ўр}} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (1)$$

$\Delta S = \mu_s \Delta Y_s$ — интервалда ўтилган масофа ёки йўл. $\Delta t = \mu_t \Delta X_t$ — интервалда вақт ўзгариши.

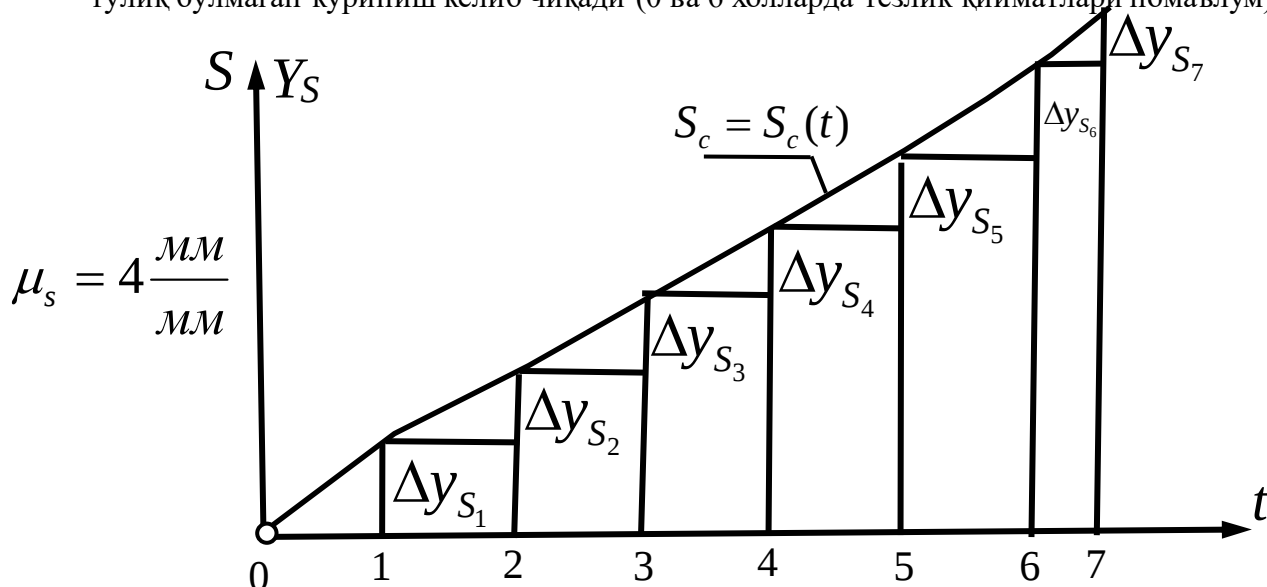
$$\text{Демак,} \quad V_{\text{ўр}} = \frac{\mu_s \Delta Y_s}{\mu_t \Delta X_t} = \frac{\mu_s}{\mu_t} \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

α — абсцисса ўқи билан ватар орасидаги бурчак.

Интервалдаги ўртача тезлик миқдори ватарни қиялик бурчаги тангенсига пропорционалдир.

S - t рафигидан V - t рафигини келтириб чиқариш учун:

- 1) ҳар бир интервал ўртасидан ординаталарни ўтказамиз (8,б-шаклда штрих чизиклар билан кўрсатилган);
- 2) графикнинг абсцисса ўқини чап томонга давом эттириб, H_V кесмани танлаб оламиз. Кутб P нуктасидан ҳар бир ватарга параллел нукталар ўтказамиз ва бош ордината нукталар билан кесишган нукталаридан горизонтал чизиклар ўтказиб, ўртача ординаталар билан кесишгунча давом эттираемиз. Натижада a, b, c, d, e, f нукталари аниқланади. Шу нукталарни туташтирсак, V - t графикнинг тўлиқ бўлмаган кўриниш келиб чиқади (0 ва 6 холларда тезлик қийматлари номаълум)



V - t графигида кутбдан 7 ватарга параллел нур ўтказамиз «g» нуқтасини аниқлаймиз. (8,6 шакл). «f» ва «g» нуқталарни туташтириб, шу участкада эгри чизиқнинг 6 ордината билан кесишган нуқтасини аниқлаймиз. (графикда 6 ҳолатдаги тезлик нолга тенг) 6 ҳолатдаги тезлик ва 0 (сокин вазият) даги тезликлар бир бирига тенг, чунки V_0 ва V_6 нуқталар (5-расм) устма-уст тушади. Натижада 0-1 интервалда эгри чизиқ ўтказиш билан V - t графикни тўлиқ ҳолатига эришамиз.

системасида абсцисса ўқининг чап томонида ихтиёрий узунликда H кесма танлаб олиб, P_a кутбдан $V-t$ графигидаги ватарларга параллел нурлар ўтказилади ва a', b', c', d', e', f нукталар аниқланади (8, в шакл). Ана шу нукталарни туташтириб I -чи интервалдан токи 6 интервалгача бўлган ораликда тезланиш графиги аниқланади. Ползуннинг B_0 ва B_6 нукталарини устма-уст тушишини назарга олиб, 6 -нчи ордината узунлиги $Y_{a_6}^t$ ни 0 га келтириб қўйсак, тезланиш графиги тўлиқ келиб чиқади.

$$\mu_{V_b} = \frac{\mu_{S_b}}{\mu_t H_v} \left[\frac{MM}{cMM} \right]; \quad \mu_{AB} = \frac{\mu_{VB}}{\mu_t H_a} \left[\frac{MM}{c^2 MM} \right]$$
$$\text{Натижада } \mu_v = \frac{1}{\frac{1}{200}18} = 11 \frac{MM}{cMM}; \quad \mu_a = \frac{1}{\frac{1}{200}20} = 110 \frac{MM}{c^2MM}$$
$$V_B = \mu_Y Y_Y, \quad a_B^t = \mu_a Y_a^t$$

$V_{B_1} = \mu_v Y_{V_1} = 11 \cdot 32 = 352 \frac{MM}{c}$	$a_{B_1} = \mu_a Y_{a_1} = 110 \cdot 14 = 1540 \frac{MM}{c^2 MM}$
$V_{B_2} = \mu_v Y_{V_{21}} = 11 \cdot 27 = 297 \frac{MM}{c}$	$a_{B_2} = \mu_a Y_{a_{21}} = 110 \cdot 22 = 2420 \frac{MM}{c^2 MM}$
.....	
$V_{B_6} = \mu_v Y_{V_6} = 11 \cdot 0 = 0$	$a_{B_6} = 110 \cdot 48 = 5280 \frac{MM}{c^2 MM}$

б) Ординаталарни ортириш усули билан график дифференциаллаш.

Юқорида келтирилган иккинчи тенгламада $\mu_S, \mu_t, \Delta X_t$ ўзгармас қийматга эга бўлганлиги учун уларни C билан белгилаймиз. Бу ҳолда 2-нчи тенглама қуйдагича ёзилади:

$$V_{ур} = C \cdot \Delta Y_B \quad (4)$$

Демак, ўртача тезлик ординаталари орттормаси ΔY_s га пропорционал ўзгарар экан, $S-t$ графигидан ΔY_s орттормаларини ўлчаб $V-t$ графигида ўртача орттормаларига қўйиб, тезлик графигини аниқлаш мумкин. ΔY_s орттормаларини катта- кичиклигига қараб ўзгармас коэффициент C ни турлича қабул қилиш мумкин, масалан $C=1, 2, 3$ ва х.к.

Агар ординаталар орттормаси ΔY_s мусбат бўлса, $V-t$ координата системасида абсцисса ўқининг юқорисига, акс ҳолда (ΔY_s манфий бўлса) абсцисса ўқининг пастига қўйилади. Шу усулда механизм C нуктасининг йўл графигидан (9,а шакл) тезлик (9,б шакл) ва тезланиш (9,в шакл) графиклари аниқланади.

1) $S-t$ диаграммасида йўл ўзгаришлари $\Delta Y_{s_1}, \Delta Y_{s_2}, \Delta Y_{s_3}$ ва х.к.

ларни белгилаймиз. Ҳамма орттормалар ишораси мусбатдир.

2) $V-t$ координата системаси абсцисса ўқида ўртача ординаталари (пунктир чизиқ билан белгиланган) туширамиз. (9,б шакл). Сўнгра ΔY_s ордината орттормасини $V-t$ графигидаги 1' ўртача ординатага ΔY_{s_2} ни 2' га, ΔY_{s_3} ни 3' га ва х.к. ўлчаб қўямиз.

Ординаталар орттормаси кичик бўлганлиги учун уларни икки марта катталаштириб ($C_v=2$) қўямиз. Ҳосил бўлган а,в,с,д,е,ф нукталарни туташтирсак, $V-t$ диаграммасининг маълум қисми келиб чиқади.

3) Тезлик графигини тўлиқ келтириб чиқариш учун, яъни 0 ва 6 ординаталардаги нукталарни аниқлаш учун, ватарлар усулидаги каби $V-t$ графигидаги 7-нчи ҳолати олиб, ΔY_{s_7} орттормани ўлчаб $V-t$ графикдаги 7 ординатага қўямиз ва «г» нуктани аниқлаймиз. Натижада 6-7 интервалдаги тезлик ўзгариши (9,б шакл да пунктир чизиқ билан белгиланган) маълум бўлади. Ана шу эгри чизиқнинг 6 ордината билан кесишган нуктасини аниқлаш натижасида ΔY_{s_6} келиб чиқади. Шу ордината 0 га қўйилса, тезлик графиги тўлиқ бўлади.

4) $S-t$ графигидан $V-t$ графиги қандай қурилган бўлса, худди шу усулда $V-t$ графигидан тезланиш графиги келтириб чиқарилади.

Тезлик графигидан $\Delta Y_{s_1}, \Delta Y_{s_2}, \Delta Y_{s_3}$, ва х.к. ординаталар орттормаларини уч марта катталаштириб ($C_a=3$) a^t-t координата системаси ординаталарига ўлчаб қўямиз. Бунда мусбат орттормаларни абсцисса ўқидан юқорига, манфийларни пастга қўямиз. $a', в', с', с', д, е, ф$, нукталарни туташтириб, тезланиш графигини 1 ҳолатдан токи 6 ҳолатгача бўлган даврдаги кўринишини аниқлаймиз. Y_{a_6} , ординатани ўлчаб 0 ҳолатга қўямиз ва тўлиқ графикка эришамиз.

5) Тезлик ва тезланиш графиклари масштаблари қўйдагича аниқланади:

$$\mu_{vc} = \frac{\mu_{sc}}{\mu_t \Delta X_t C_v} \left[\frac{\text{мм}}{\text{см мм}} \right]; \quad \mu_{ac} = \frac{\mu_{vc}}{\mu_t \Delta X_t C_v} \left[\frac{\text{мм}}{\text{с}^2 \text{мм}} \right]$$

X_t - абсцисса ўқидаги интервал узунлиги, мм

$C_v C_a$ - орттормаларни катталаштириш коэффициентлари. Мисолимиз учун:

$$\mu_{vc} = \frac{4}{\frac{1}{300} \cdot 20 \cdot 2} = 30 \quad \text{мм/с} \cdot \text{мм}$$

$$\mu_{ac} = \frac{30}{\frac{1}{300} \cdot 20 \cdot 3} = 150 \quad \text{мм/с}^2 \cdot \text{мм}$$

3. ТЕЗЛИК ВА ТЕЗЛАНИШЛАР РЕЖАСИ

Бу усул нуқталарни бир-бирига боғлаган ҳолда вектор тенгламаларни тузиш ва ечишга асослангандир. Чизиқли тезлик ва тезланишлар режасини куриш билан уларнинг фақат миқдоригина эмас, ҳатто йўналишларини, бурчак тезлик ва тезланишларининг йўналиши ва миқдорларини билиш мумкин. Бу усулнинг назарий асоси билан қисқача танишамиз.

Умуман олганда бўғинларнинг уч хил текис ҳаракатини учратиш мумкин. Булар қўзғалмас ўқ атрофидаги айланма, тўғри чизиқли илгариланма-қайтма ва икки ҳаракатни ўз ичига олувчи мураккаб ҳаракатдир.

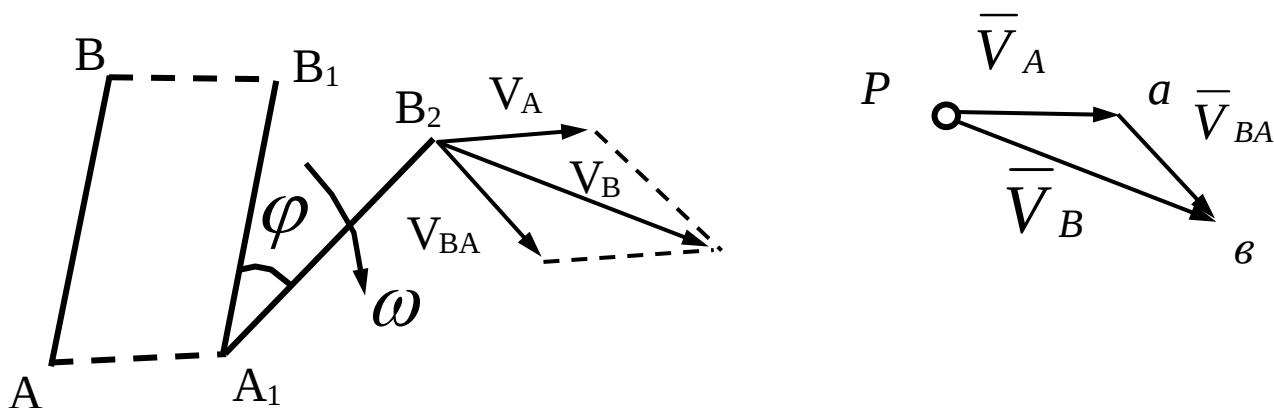
1. Айланма ҳаракатдаги бўғин (масалан, кривошип) исталган нуқтасининг чизиқли тезлигини айланиш ўқидан шу нуқтагача бўлган ораликка пропорционал ва айланиш радиусига тик йўналган. Шу бўғин нуқтасининг абсолют тезланишини аниқлаш учун нисбий нормал a^n ва тангенциал a^t тезланишларни билиш керак. Нормал тезланиш бўғинга параллел бўлиб, айланиш марказига, тангенциал тезланиш эса бўғин ҳолатига тик йўналган. Текис ҳаракат қилувчи бўғин тангенциал тезланиши $a^t=0$ тенг.

2. Агар бўғин қўзғалмас бирор текисликка нисбатан илгариланма ҳаракатда бўлса (масалан, ползун), унинг исталган нуқтаси тезлиги ва тезланиши шу текисликка параллел йўналади. Ползуннинг ҳар бир нуқтаси тезлиги ва тезланишлари миқдори бир-бирига тенг бўлади.

3.1. Текис мураккаб ҳаракат

Мураккаб ҳаракатни икки оддий ўз-ўзига параллел илгариланма ва нисбий айланма ҳаракатларга ажратилган ҳолда текшириш мумкин.

10-шаклда келтирилган AB бўғин A нуқта тезлиги билан илгариланма ҳаракат қилиб A_1B_1 ҳолатга силжийди.



10-шакл.

Сўнгра нисбий айланма ҳаракатда B_1 нуқта A_1 атрофида айланиб, бўғин A_1B_2 ҳолатни эгаллайди. Бунда бўғин B нуқтасининг абсолют тезлиги V_B икки тезликнинг геометрик йиғиндисидан иборат бўлади.

$$\bar{V}_B = \bar{V}_A + \bar{V}_{AB} \quad (5)$$

V_A - A нуқтанинг абсолют тезлик вектори;

V_{BA} - B нуқтанинг нисбий айланма ҳаракатдаги тезлик вектори.

5-чи тенглама ечими геометрик шаклда 10-шаклда курсатилган. Учбурчакли $P_{ав}$ шакл тезлик режаси деб аталади, P нуқтаси эса тезлик режасининг кутби деб аталади. Нисбий айланма ҳаракатда V_{BA} тезлик AB га тик йўналган. Агар V_{BA} маълум бўлса бўғин бурчак тезлиги W қуйидагича аниқланиши мумкин:

$$\omega = \frac{V_{BA}}{l_{AB}}$$

ω - ни йўналишини аниқлаш учун фикран V_{BA} тезлик вектори B нуқтага келтириб A нуқтага нисбатан қаралади, яъни AB бўғин V_{BA} стрелкаси йўналишида буралади. 10 шаклда келтирилган бўғин бурчак тезлиги ω - соат стрелкаси йўналишига мосдир.

B нуқтанинг абсолют тезланиши илгариланма ва айланма ҳаракатдаги тезланишлар йиғиндисидан оқали аниқланади, яъни

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA} \quad (6)$$

a_A - B нуқтанинг илгариланма ҳаракатдаги тезланиши, чунки

$$a_A = a_B;$$

BA - B нуқтанинг нисбий айланма ҳаракатда

$$\bar{a}_{BA} = \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^t_{BA} \quad (7)$$

$\bar{a}^n_{BA} = \frac{V_{AB}^2}{l_{AB}} = \omega^2 AB$ – бўғинга параллел бўлиб, айланиш марказига қараб йўналган;

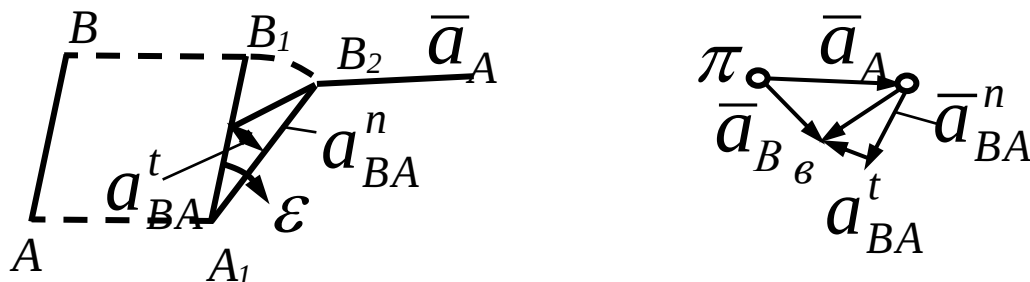
$a^t_{BA} = E \cdot l_{AB}$ - бўғинга тик йўналган (6) ва (7) ларни назарга олсак,

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^t_{BA} \quad (8)$$

11-шаклда (8) тенглама асосида параллелограм усулини қўллаб тезланиш векторларини қўшиш натижасида B нуқтанинг абсолют тезланиши аниқланган.

11-шаклда кўрсатилган вектор қўпбурчаги тезланиш режаси дейилади. π нуқта эса тезланиш режасининг кутби деб аталади.

Тенгенциал тезланиш a^t_{BA} билан бўғин бурчак тезланиши қуйдаги ифода оқали боғланган:



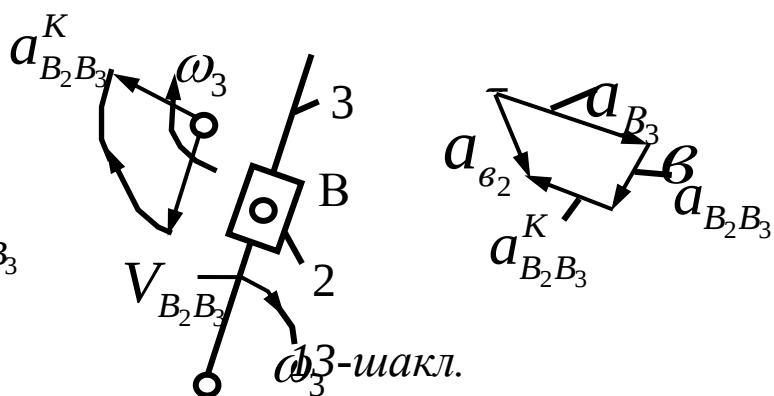
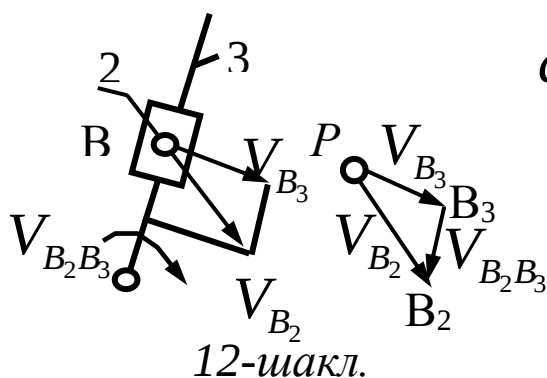
11- шакл.

ε йўналиши a^t_{BA} вектори оқали аниқланади. Бунинг учун

α'_{BA} вектори (11-шакл) фикран бўғинни B нуктасига келтирилиб қўйилади ва A нуктага нисбатан қаралади. Демак, AB бўғин бурчак тезланиши соат стрелкаси йўналишига тескари йўналган.

3.2. Мураккаб қўшма ҳаракат

Учинчи модификацияли Ассур гуруҳини эсга олсак, бундай гуруҳ таркибида икки бўғинни боғлаб турувчи битта илгариланма ҳамда иккита потенциал айланма кинематик жуфтлар бор (12-шакл). Гуруҳ таркибидаги 2 бўғин тош, 3 бўғин кулиса деб аталади.



Тош (2) мураккаб ҳаракат қилади: биринчидан кулиса билан биргаликда A нукта атрофида айланма ҳаракат қилса, иккинчидан кулиса бўйлаб илгариланма ҳаракатда бўлади. B нукта ҳам тошга (B_2), ҳам кулисага (B_3) тегишли.

Агар кулиса A нуктасининг тезлиги V_A ни маълум деб фараз қилсак, кулисанинг B_3 ҳамда тошнинг B_2 нукталари тезлиги қуйдаги вектор тенгламалар орқали аниқланиши мумкин.

$$\vec{V}_{B_3} = \vec{V}_A + \vec{V}_{B_3A} \perp AB \quad (10)$$

$$\vec{V}_{B_2} = \vec{V}_{B_3} + \vec{V}_{B_2B_3} \parallel AB \quad (11)$$

12,6-шаклда (11) тенглама асосида қурилган тезлик режаси келтирилган.

Агар тошни B_2 нуктаси тезлиги маълум бўлса, кулисанинг B_3 нуктаси тезлиги қуйдагича аниқланиши мумкин:

$$\vec{V}_{B_3} = \vec{V}_{B_2} + \vec{V}_{B_3B_2} \parallel AB \quad (12)$$

2 ва 3 бўғинлар бурчак тезликлари бир-бирига тенг.

$$\omega_2 = \omega_3 = \frac{V_{B_3}}{l_{AB}} \quad (13)$$

ω_2 ва ω_3 йўналиши V_{B_3} тезлик вектори орқали аниқланади.

Агар кулиса айланма ҳаракат қилса, у ҳолда тошнинг B_2 нуктасига абсолют тезланиши учта тезланишлар йиғиндисидан иборат бўлади, яъни тошнинг кулиса билан

кўчирма ҳаракатидаги тезланиши (a_{B_3}), тошнинг кулисага нисбатан ҳаракатидаги тезланиши ($a_{B_2B_3}$) ва қўшимча тезланиш- Кориолис тезланишларидир.

$$\vec{a}_{B_2} = \vec{a}_{B_3} + \vec{a}_{B_2B_3} + \vec{a}^K_{B_2B_3} \quad (13)$$

Тенгламада a_{B_3} – B_3 нуқтанинг кўчирма ҳаракатидаги тезланиши.

$a_{B_2B_3}$ – B_2 нуқтанинг нисбий ҳаракатидаги тезланиши бўлиб, бу тезланиш кулисага параллел йўналган;

$a^K_{B_2B_3}$ – Кориолис тезланиш.

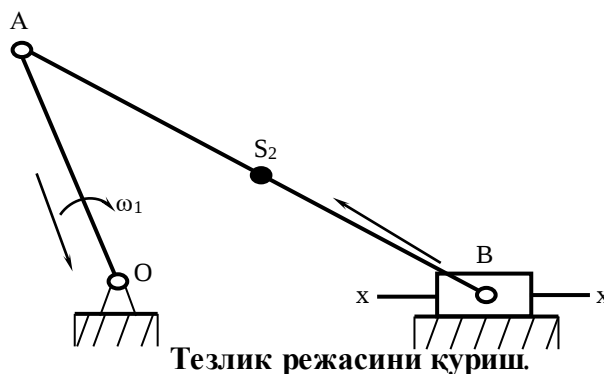
Кориолис тезланиши қуйдагича аниқланади:

$$a^K_{B_2B_3} = 2\omega_3 V_{B_2B_3} \quad (14)$$

Бу тезланиш йўналишини аниқлаш учун тошнинг нисбий тезлик вектори $\vec{V}_{B_2B_3}$ ни кулиса бурчак тезлиги ω_3 йўналишида 90° га буриш керак.

13,б–шаклда (13) вектор тенглама асосида тош B нуқтасининг тезланиши аниқланган.

3.3. Кривошип – палзунли механизмни тезлик ва тезланиш режалари.



- 1) O нуқтанинг абсолют тезлиги

$$v_0 = 0$$

- 2) A нуқтанинг абсолют тезлиги

$$v_A = \omega_1 \cdot l_{OA} = 10,262 \cdot 0,01 = 0,103 \frac{м/с}{мм}$$

- 3) Кривошипнинг бурчак тезлиги.

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 100}{30} = 10,262 \text{ P/C}$$

- 4) Тезлик плани масштаб коэффициентини ҳисоблаш.

$$\mu_V = \frac{V_A}{P_a} = \frac{0,103}{50,131} = 0,002 \frac{м/с}{мм}$$

$$P_a = 20 \div 80 \text{ м}$$

$$P_a = 50,131 \text{ мм}$$

- 5) B нуқта учун вектор тенглама тузамиз.

6) S_2 нуктани геометрик пропорциясини аниқлаймиз.

$$\frac{AB}{AS_2} = \frac{ab}{as_2}; \quad as_2 = \frac{AS_2 \cdot ab}{AB} = \frac{25}{50}$$

7) O, A, B, S₂- нукталарнинг абсолют тезлигининг миқдори
 $v_0 = 0$

$$v_A = 0,103 \text{ m/c}$$

$$v_B = pb \cdot \mu v = 32 \cdot 0,002 = 0,064 \text{ m/c}$$

$$v_{S_2} = PS_2 \cdot \mu v = 40 \cdot 0,002 = 0,08 \text{ m/c}$$

8) АВ звено бўғинларининг нисбий тезлигининг сон қиймати.

$$v_{BA} = ab \cdot \mu v = 22 \cdot 0,002 = 0,044 \text{ m/c}$$

9) Бўғинларининг бурчак тезлигининг сон қиймати

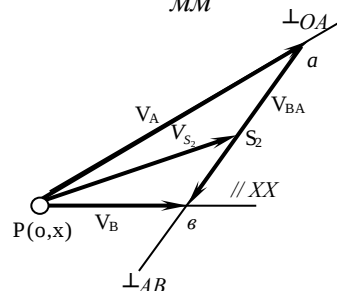
$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 100}{30} = 10,262 \text{ P/C}$$

$$\omega_{AB} = \omega_2 = \frac{v_{AB}}{l_{AB}} = \frac{4,4}{0,05} = 88 \text{ P/C}$$

$$\omega_3 = 0$$

Тезлик режаси

$$\mu_a = 0,2 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}}$$



Тезланиш режасини қуриш.

1) 0 нуқтанинг абсолют тезланиши

$$\mathbf{a}_0 = \mathbf{0}$$

2) А нуктанинг абсолют тезланиши

$$a_A = \omega_1^2 \cdot l_{OA} = 10,262^2 \cdot 0,01 = 1,06 \text{ } m/c^2$$

3) Тезланиш плани масштаб коефициенти

$$\mu_a = \frac{a_A}{\Pi_a} = \frac{1,06}{50,3} = 0,02 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}$$

$$\Pi_a=20\div80\text{ мм}$$

$\Pi_a=50,3$ мм К.К

4) В нукта учун вектор тенглама тузамиз.

$$\begin{cases} \vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t (\perp AB) \\ a_B // XX \end{cases}$$

5) S_2 нукта учун геометрик пропорция тузилади.

$$\frac{AB}{AS_2} = \frac{ab}{as_2}; \quad as_2 = \frac{AS_2 \cdot ab}{AB} = \frac{25 \cdot 48}{50} = 44_{мм}$$

6) O, A, S_2 , B - нукталарнинг абсолют тезланишининг сон қиймати $a_0 = 0$

$$a_A = 1,06 \text{ м/с}^2$$

$$a_{S_2} = PS_2 \cdot \mu a = 30 \cdot 0,02 = 0,6 \text{ м/с}^2$$

$$a_B = Pb \cdot \mu a = 32 \cdot 0,02 = 0,64 \text{ м/с}^2$$

7) AB звенонинг нормал тезланишининг сон қиймати аниқлаймиз.

$$a_{BA}^n = \frac{v_{BA}^2}{l_{AB}} = \frac{0,044^2}{0,05} = 0,085 \text{ м/с}^2$$

8) AB звено учун нормал кесма узунлигини ҳисоблаймиз.

$$n_{ab} = \frac{a_{BA}^n}{\mu_a} = \frac{0,385}{0,02} = 19,25_{мм}$$

9) AB звенонинг тангенциал тезланиши қийматини аниқлаймиз.

$$a_{BA}^t = t_{ab} \cdot \mu_a = 58 \cdot 0,02 = 1,16 \text{ м/с}$$

t_{ab} ни тезланиш планидан ўлчаб оламиз, мм.

$$t_{ab} = 58 \text{ мм}$$

10) Бўғинларнинг бурчак тезланиши.

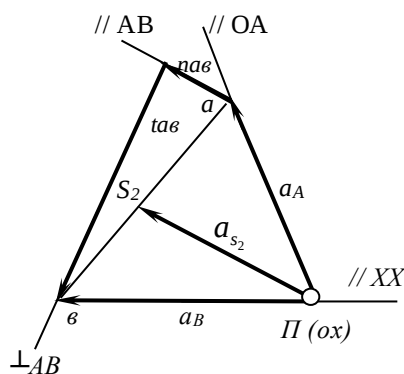
$$\varepsilon_1 = 0$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_{AB} = \frac{a_{BA}^t}{l_{AB}} = \frac{1,16}{0,05} = 23,2 \text{ p/с}^2$$

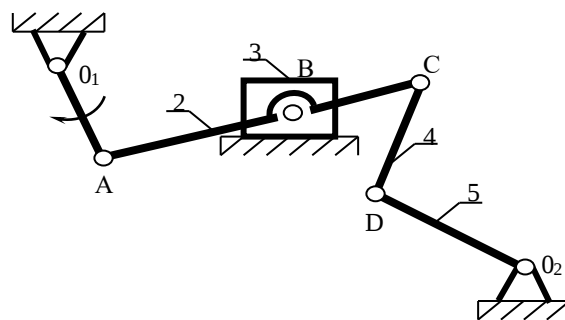
$$\varepsilon_3 = 0$$

Тезланиш режаси

$$\mu_a = 0,02 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}$$



3.4. Кўп бўғинли ричагли – стерженли механизмлар учун тезлик ва тезланиш режаларини қуриш



Тезлик режасини қуриш.

- 1) O нуқтанинг тезлиги

$$v_0 = 0$$

- 2) A нуқтанинг абсолют тезлиги

$$v_A = \omega_1 \cdot l_{OA} = 10,26 \cdot 0,04 = 0,4104 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}}$$

- 3) Кривошипнинг бурчак тезлиги.

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 100}{30} = 10,26 \text{ P/C}$$

- 4) Тезлик плани масштаб коэффициентини ҳисоблаш.

$$\mu V = \frac{V_A}{P_a} = \frac{0,4104}{41,04} = 0,01 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}}$$

$$P_a = 20 \div 80 \text{ мм}$$

$$P_a = 41,04 \text{ мм}$$

- 5) B нуқта учун вектор тенглама тузамиз.

$$\begin{cases} \vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA} (\perp AB) \\ v_B // XX \end{cases}$$

- 6) C нуқтани геометрик пропорциясини аниқлаймиз.

$$\frac{AB}{BC} = \frac{ab}{bc}; \quad bc = \frac{BC \cdot ab}{AB} = \frac{100 \cdot 30}{100} = 30 \text{ мм}$$

- 7) D нуқта учун вектор тенглама тузамиз.

$$\begin{cases} \vec{v}_D = \vec{v}_C + \vec{v}_{DC} (\perp CD) \\ \vec{v}_D = \vec{v}_{O_2} + \vec{v}_{DO_2} (\perp O_2D) \\ \quad // \\ \quad O \end{cases}$$

- 8) O, A, B, C, D, O_2 - нуқталарнинг чизиқли тезлигининг сон қийматини ҳисоблаш.

$$v_{O_1} = 0$$

$$v_A = 0,4104 \text{ м/с}$$

$$v_B = pb \cdot \mu v = 56 \cdot 0,01 = 0,56 \text{ м/с}$$

$$v_C = PC \cdot \mu v = 65 \cdot 0,01 = 0,65 \text{ м/с}$$

$$v_D = Pd \cdot \mu v = 50 \cdot 0,01 = 0,50 \text{ м/с}$$

$$v_{O_2} = 0$$

pb ; pc ; pd – кесмаларни тезлик планидан ўлчаб оламиз.

- 9) Бўғинларнинг нисбий тезлигининг сон қийматини аниқлаймиз.

$$v_{BA} = ab \cdot \mu v = 30 \cdot 0,01 = 0,3 \text{ м/с}$$

$$v_{DC} = cd \cdot \mu v = 90 \cdot 0,01 = 0,9 \text{ м/с}$$

$$v_{DO_2} = pd \cdot \mu v = 50 \cdot 0,01 = 0,5 \text{ м/с}$$

ab; cd; pd – кесмаларни тезлик планидан ўлчаб оламиз. мм.

10) Бўғинларнинг бурчак тезликларининг сон қийматини аниқлаймиз.

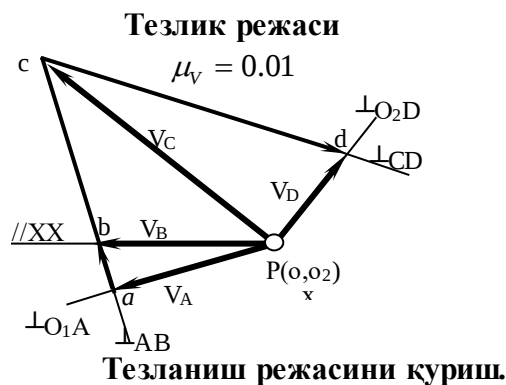
$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = 10,26 \text{ P/C}$$

$$\omega_2 = \omega_{AB} = \frac{v_{BA}}{l_{AB}} = \frac{0,3}{0,1} = 0,03 \text{ P/C}$$

$$\omega_3 = \omega_B = 0 \text{ чунки 3- бўғин илгариланмас ҳаракат қилади.}$$

$$\omega_4 = \frac{v_{DC}}{l_{CD}} = \frac{0,9}{0,15} = 6$$

$$\omega_5 = \frac{v_{DO_2}}{l_{O_2D}} = \frac{0,5}{0,14} = 3,57$$



1) $a_{01} = 0$

2) А нуктанинг чизиқли тезланишининг сон қиймати

$$a_A = \omega_1^2 \cdot l_{OA} = 10,26^2 \cdot 0,04 = 4,196 \text{ м/с}^2$$

3) Тезланиш плани масштаб коэффициенти

$$\mu_a = \frac{a_A}{\Pi_a} = \frac{4,196}{41,96} = 0,1 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}$$

$$\Pi_a = 20 \div 80 \text{ мм}$$

$$\Pi_a = 41,96 \text{ мм дет. қ.қ}$$

4) В нукта учун вектор тенглама.

$$\begin{cases} \vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t \\ \vec{a}_B // XX \end{cases}$$

5) С нуктани геометрик пропорция орқали аниқлаймиз.

$$bc = \frac{BC \cdot ab}{AB} = \frac{100 \cdot 33}{100} = 33 \text{ мм}$$

6) Д нукта учун вектор тенглама тузамиз.

$$\begin{cases} \bar{a}_D = \bar{a}_C + \bar{a}_{DC}^n + \bar{a}_{DC}^t \\ \bar{a}_D = \bar{a}_{O_2} + \bar{a}_{DO_2}^n + \bar{a}_{DO_2}^t \end{cases}$$

$//CD \quad \perp CD$
 $//O_2D \quad \perp O_2D$

7) Бўғинларнинг нормал тезланишини нормал қийматини аниқлаймиз.

$$a_{BA}^n = \frac{(\nu_{BA})^2}{l_{AB}} = \frac{0,3^2}{0,1} = 0,9 \text{ м/с}^2$$

$$a_{DC}^n = \frac{(\nu_{DC})^2}{l_{CD}} = \frac{0,9^2}{0,15} = 5,4 \text{ м/с}^2$$

$$a_{DO_2}^n = \frac{(\nu_{DO_2})^2}{l_{O_2D}} = \frac{0,5^2}{0,14} = 1,8 \text{ м/с}^2$$

8) Нормал кесма узунликларини аниқлаймиз.

$$n_{ab} = \frac{a_{BA}^n}{\mu_a} = \frac{0,9}{0,1} = 9 \text{ мм}$$

$$n_{cd} = \frac{a_{DC}^n}{\mu_a} = \frac{5,4}{0,1} = 54 \text{ мм}$$

$$n_{o_2d} = \frac{a_{DO_2}^n}{\mu_a} = \frac{1,8}{0,1} = 18 \text{ мм}$$

9) Нуқталарнинг чизикли тезланишининг сон қиймати.

$$a_A = \Pi_a \cdot \mu_a = 41,96 \cdot 0,1 = 4,196 \text{ м/с}^2$$

$$a_B = \Pi_b \cdot \mu_a = 15 \cdot 0,1 = 1,5 \text{ м/с}^2$$

$$a_c = \Pi_c \cdot \mu_a = 30 \cdot 0,1 = 3 \text{ м/с}^2$$

10) Бўғинларнинг тангенциал тезланишининг сон қийматини аниқлаймиз.

$$a_{BA}^t = t_{ab} \cdot \mu_a = 35 \cdot 0,1 = 3,5 \text{ м/с}$$

$$a_{DC}^t = t_{cd} \cdot \mu_a = 82 \cdot 0,1 = 8,2 \text{ м/с}$$

$$a_{DO_2}^t = t_{o_2d} \cdot \mu_a = 70 \cdot 0,1 = 7 \text{ м/с}$$

t_{ab} , t_{cd} , t_{o_2d} кесмаларни тезланиш планидан ўлчаб оламиз, мм.

11) Бўғинларнинг бурчак тезланиши сон қийматини аниқлаймиз.

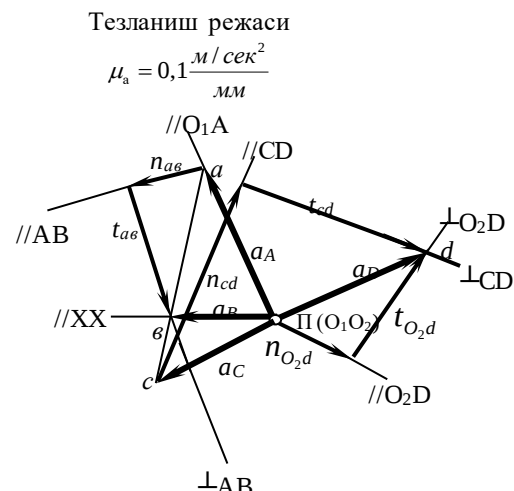
$$\varepsilon_1 = 0$$

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^t}{l_{AB}} = \frac{3,5}{0,1} = 35 \text{ p/с}^2$$

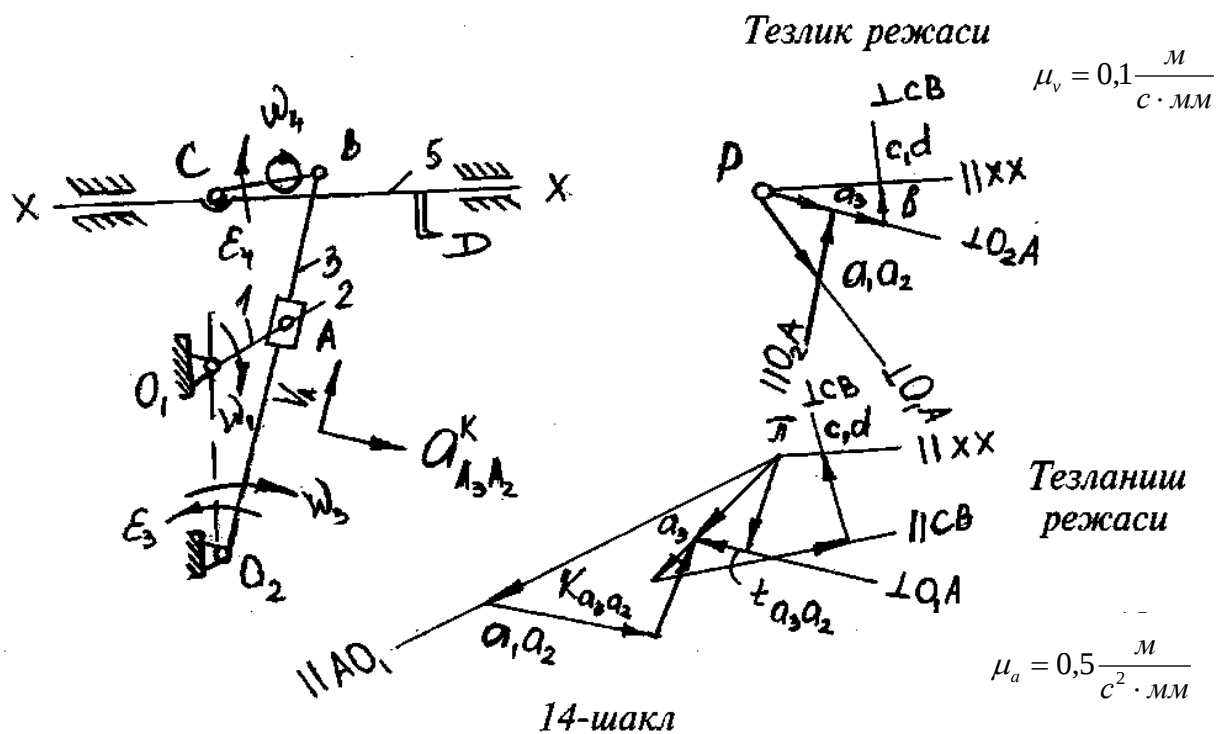
$$\varepsilon_3 = 0$$

$$\varepsilon_4 = \frac{a_{DC}^t}{l_{CD}} = \frac{8,2}{0,15} = 54,6 \text{ p/с}^2$$

$$\varepsilon_5 = \frac{a_{DO_2}^t}{l_{O_2D}} = \frac{7}{0,14} = 50 \text{ p/с}^2$$



3.5. Кулисли механизмлар учун тезлик ва тезланиш режаларини қуриш



Тезлик режаси учун тенгламалар

1.
$$V_A = \omega_1 l_{O_1 A} = \frac{\pi m_1}{30} l_{O_1 A} \left[\frac{M}{c} \right]$$

$$V_{A_2} = V_{A_2} \mu_v = \frac{V_{A_1}}{P a_1} \left[\frac{M}{c \cdot мм} \right]$$
2.
$$\begin{cases} \bar{V}_{A_3} = \bar{V}_{A_2} + \bar{V}_{A_3 A_2} \\ \quad \quad \quad // O_2 A \\ \bar{V}_{A_3} = \bar{V}_{O_2} + \bar{V}_{A_3 O_2} \\ \quad \quad \quad // O_2 A \quad \perp A_3 O_2 \end{cases}$$
3.
$$\frac{P b}{P_{a_3}} = \frac{O_2 B}{O_2 A}; \quad P b = P_{a_3} \frac{O_2 B}{O_2 A} [мм]$$
4.
$$\begin{cases} \bar{V}_C = \bar{V}_B + \bar{V}_{CB} \\ \quad \quad \quad \perp CB \\ \bar{V}_C = \bar{V}_{C_x} + \bar{V}_{CC_x} \\ \quad \quad \quad // XX \end{cases}$$
5.
$$\omega_3 = \frac{V_B}{l_{O_2 B}} \left[\frac{1}{C} \right], \quad \omega_4 = \frac{V_{CB}}{l_{BC}} \left[\frac{1}{C} \right]$$

Тезланишлар режаси учун тенгламалар

$$\begin{aligned}
1. \quad a_{A_1} &= a_{A_1}^n = \frac{V_{A_1}^2}{l_{O_1A}} \left[\frac{m}{c^2} \right], \quad a_{A_1} = a_{A_2}, \quad \mu_a = \frac{a_{A_1}}{\pi a_1} \left[\frac{m}{c^2 mm} \right] \\
2. \quad \begin{cases} \bar{a}_{A_3} = \bar{a}_{A_2} + \bar{a}_{A_3A_2} + \bar{a}_{A_3A_2}^K, \quad a_{A_3A_2}^K = 2\omega_3 V_{A_3A_2}, \quad K_{a_3a_2} = \frac{a_{A_3A_2}^K}{K_a} [mm] \\ \bar{a}_{A_3} = \bar{a}_{O_2} + \bar{a}_{A_3O_2}^n + \bar{a}_{A_3O_2}^t, \quad a_{A_3O_2}^n = \frac{V_{A_3}^2}{l_{O_2A}}; \quad n_{A_3O_2} = \frac{a_{A_3O_2}^n}{K_a} [mm] \end{cases} \\
3. \quad \frac{\pi b}{\pi a_3} = \frac{O_2B}{O_2A}; \quad \pi b = \pi a_3 \cdot \frac{O_2B}{O_2A} [mm] \\
4. \quad \begin{cases} \bar{a}_C = \bar{a}_B + \bar{a}_{CB}^n + \bar{a}_{CB}^t \\ \bar{a}_C = \bar{a}_{C_X} + \bar{a}_{C_XC_3} (a_c // XX) \end{cases} \quad a_{CB}^n = \frac{V_{CB}^2}{l_{CB}}; \quad n_{CB} = \frac{a_{CB}^n}{K_a} [mm]; \\
5. \quad \varepsilon_3 = \frac{a_{A_3O_2}^t}{l_{O_3A}} \left[\frac{1}{c^2} \right], \quad \varepsilon_4 = \frac{a_{CB}^t}{b_{BC}} \left[\frac{1}{c^2} \right]
\end{aligned}$$

3.7. Тезлик ва тезланишлар режаларининг баъзибир хусусиятлари.

Конкрет масалаларни ечаётганда тезлик ва тезланиш режаларининг тасвирий хусусиятларини назарга олиш зарур.

1. Абсолют тезлик ва тезланишлар вектори режалар кутбидан (P ва π) бошланади.
2. Абсолют тезлик ёки тезланишлар вектори охирини боғловчи кесмалар нуқталарнинг нисбий тезлик ёки тезланишлар векторлари ҳисобланади.
3. Кутбда тезлик ёки тезланишлари нольга тенг бўлган нуқталар жойлашади.
4. Тезлик режасида нисбий тезлик векторлари орқали ҳосил бўлган шакл механизм режасидаги бўғин шаклига ўхшаш ва 90° га бурилган бўлади (ўхшашлик теоремаси). Агар бўғин тўғри чизик шаклида бўлиб, унинг устида бир неча нуқталар жойлашган бўлса, тезлик режасида тегишли нуқталар бир тўғри чизикқа пропорционал масофада жойлашган бўлади.
5. Тезланиш режасидаги нисбий тезланиш векторлари орқали ҳосил бўлган шакл механизм режасидаги шаклга ўхшаш ва унга нисбатан тангенциал $\frac{\varepsilon}{\omega^2}$ га тенг бурчакка бурилган ҳолда жойлашади (тезланиш режалари учун ўхшашлик теоремаси).

Агар бўғин нуқталари бир нечта бўлиб, тўғри чизикқа жойлашган бўлса, ўхшашлик теоремаси пропорция шаклида ифодаланади.

МУШТУМЧАЛИ МЕХАНИЗМЛАР СИНТЕЗИ

(2 – лойihalаш иши)

Таркибида муштумча бўлган механизм муштумчали механизм деб аталади.

Муштумчали механизмлар техникада кенг қўлланилади ва улар ёрдамида чиқувчи бўйинни талаб қилинган ҳаракат қонунларига эришиш, ишчи жараёнларни автоматлаштириш ва бошқариш мумкин. Муштумчали механизмлар турли машиналар ва асбобларда қўлланилади. Масалан, муштумчали механизмлар ички ёниш двигателининг цилиндрларидаги клапанларни ҳаракатга келтиради, трикотаж машиналарида муштумча орқали халқа ҳосил қилувчи қисм ҳаракатлантирилади. Бундай мисолларни жуда кўп келтириш мумкин.

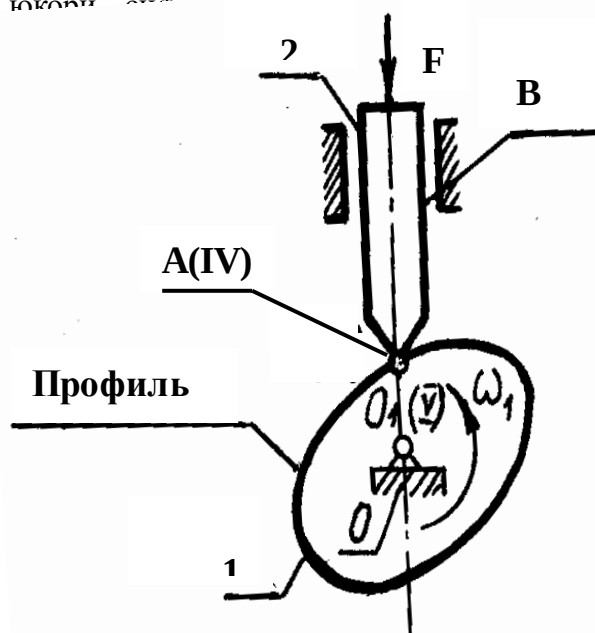
Тир К.В., Решетов Л.Н., Ротбарт Г.А., Левитский Н.И. ва бошқа олимлар муштумчали механизмлар назариясига катта ҳисса қўшдилар.

МУШТУМЧАЛИ МЕХАНИЗМЛАР ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТ

Муштумчали механизмлар қуйи кинематик жуфтлардан ташқари ҳеч бўлмаганда битта олий IV-синф кинематик жуфтга эга бўлади. (1-шакл)

Бу механизм таянч -0, муштумча -1, турткич -2 лардан иборат.

Айланувчи муштумча турткичга таъсир этиб, уни илгариланма – қайтма ҳаракатлантиради. Муштумча таъсирида турткич юқорига кўтарилади, F- куч таъсирида эса пастга тушади. Муштумча – 1 ўзгарувчан эгриликдаги ишчи юзага эга бўлиб, турткич -2 билан олий кинематик жуфтлик ҳосил қилади. Муштумчанинг ишчи юзаси билан унинг айланиш ўқиға тик ўтгазилган текисликнинг кесишиш чизиги муштумчанинг ишчи профили ҳисобланади. Муштумчанинг профили турткичнинг ҳаракат қонунини аниқлайди. Муштумчали механизмларнинг афзалликлари, уларни кенг қўлланилишининг боисидир. Муштумча профилини ўзгартириш орқали турткичнинг турли ҳаракат қонунларига эришиш мумкин. Муштумча профилини тайёрлашнинг мураккаблиги, муштумча билан турткичнинг туташуш қисмида катта босим кучини ҳосил бўлиши ва ишчи юзаларини тез ейилиши муштумчали механизмларнинг асосий камчиликларидир. Ишчи юзанинг ейилишини камайтириш учун муштумча юқорида кўрсатилган мустаҳкамлигини ошириш мақсадида ишчи каланишни ва ейилишни камайтириш мақсадида ишчи юзасида думаловчи ролик ўрнатилади.



Шакл 1.

Мушгумчали механизмларда олий жуфтни доимий таъминлаш мақсадида мушгумча ва турткич бир-биридан ажралмай доимий тегиб туриши талаб қилинади. Мушгумчали механизмларни ўрганишда иккита масала хал қилинади:

1. Мушгумчали механизмларнинг кинематик анализи.
2. Мушгумчали механизмларнинг динамик синтези.

МУШТУМЧАНИНГ АСОСИЙ ЭЛЕМЕНТЛАРИ ВА ПАРАМЕТРЛАРИ

Юкорида таъкидланганидек, мушгумча ўқиға тик ўтказилган текислик қирқимидаги *эгри чизик амалий (ишчи)*, ундан нормал бўйлаб бир хил масофада ўтувчи эгри *чизик назарий (марказий) профиль деб аталади*. Текисликда роликни амалий профиль бўйлаб сирпантирмай думалатиб А марказ орқали назарий профиль чизилади. Нормал бўйлаб назарий ва амалий профиллардаги нукталар ораси доимо r ролик радиусига тенг бўлади.

Амалда мушгумчанинг назарий профилини аниқлаш учун радиуси ролик радиусига тенг амалий профилдаги турли нукталардан айлана ёйлари ўтказилади ва уларга уринма эгри чизик ўтказиб, мушгумчанинг назарий профили аниқланади. Мушгумчали механизмларнинг синтезида мушгумчанинг назарий профили алоҳида аҳамиятга эга.

Мушгумчали механизмнинг турткичи ҳаракати бир неча: кўтарилиш, юқори тўхташ, қайтиш ва пастки тўхташ фазаларига бўлинади. Хар бир фазага мушгумчанинг бурилиш (айланиш) фаза бурчаги тўғри келади:

φ_k - кўтарилиши бурчаги; $\varphi_{ю.т.}$ - юқори тўхташ бурчаги; $\varphi_к$ - қайтиш бурчаги ва $\varphi_{п.т.}$ - пастки тўхташ бурчаги

2 - шаклда турли ёйлардан тузилган мушгумчали механизм тасвирланган. Мушгумча $\varphi_{п.т.}$ фаза бурчагига бурилганда турткич ҳаракатланмайди, яъни пастки ҳолатда туради, чунки профилнинг радиуси R_0 айлана ёйи шаклида бажарилган.

Мушгумча φ_k бурчакка бурилганда турткич юқорига кўтарилади, яъни О марказдан узоқлашади. Сўнгра мушгумча $\varphi_{ю.т.}$ бурчагига бурилганда, турткич яна тўхтайди ва юқори ҳолатда туради, чунки профил айлана ёй билан ҳосил бўлади.

Мушгумча φ_k бурчагига бурилганда турткич пастга ҳаракатланиб, ўзининг дастлабки ҳолатига қайтади. Амалда турткичнинг фазалари бир-бири билан алмашган ҳолда турлича бўлиши мумкин. Кўриб чиқилган тўртта фазадан ташқари ораликда тўхташ ҳолатлари ҳам бўлиши мумкин. Мушгумчанинг фаза бурчакларини йигиндиси 360° тенг бўлади

$$\varphi_k + \varphi_{ю.т.} + \varphi_к + \varphi_{п.т.} = 360^\circ$$

Турткич ролигининг А марказини мушгумчанинг айланиш марказидан энг катта масофага S_{max} узоқлашиши турткичнинг максимал юриши деб аталади.

ГРАФИК ИНТЕГРАЛЛАШ

Интеграллаш усуллари бир неча хил бўлади. Ватар, орттирма, уринма усуллари. Шулардан ватар ўтказиш усулидан фойдаланиб, мушгумчали механизмнинг динамикасини кўриб чиқамиз. Турткичнинг ҳаракат қонунини $a = a(\varphi)$ тузиш учун Декарт координаталар системасининг ординаталар ўқида турткичнинг кўтарилиш - тушишини μ_s масштабда, абсциссалар ўқида эса мушгумчанинг бир айланиши учун кетган вақт (T) ни μ_t масштабда қўйиб чиқамиз.

μ_t масштаб қуйидагича топилади:

$$\mu_t = \frac{T}{x_t} = \frac{60}{x_t \cdot n_k},$$

Бу ерда n_k – кулачокнинг минутага айланишлар сони;

$x = \overline{08}$ - абсциссалар ўқида олинган ихтиёрий кесма.

Турткичнинг $a = a(\varphi)$ графиги чизилгандан сўнг, уни t ёки φ бўйича интеграллаб, турткичнинг тезлик графиги $v = v(\varphi)$ ҳосил қилинади. Интеграллаш қуйидагича амалга оширилади: $a = a(\varphi)$ графигидаги абсцисса ўқи координаталар бошидан чап томонга

$$H_1 = \overline{OA} = \frac{1}{\mu\varphi} = \frac{\overline{OM}}{2_{II}} \text{ мм}$$

кесма жойлаштирилиб, кутб нуқта А белгиланади. Абсцисса ўқида 16 та булакча жойлаштирилган. Уларнинг ҳар бири ўртасидан перпендикуляр чизиклар ўтказилганда, тўрт бурчакли фигуранинг деворида 1, 2, 3 ва 16 нуқта ҳосил бўлади, кейин улар ордината ўқида паралел кўчирилади. Топилган нуқталар эса I, II, III.... XVI билан белгиланади. Турткичнинг кўрсатилган ҳаракат қонуни графигида I, II, VII, VIII нурлар, III, IV, V, VI нурлар устма-уст тушади. I X, X....XVI нуқталар эса абсцисса ўқида жойдашади.

Сўнггра $v = v(\varphi)$ графигини ҳосил қилиш учун AI, II нурлари координата бошидан бошлаб 2 чи бўлакдан чиққан вертикал чизиккача паралел кўчирилади. Унинг давомидан AIII нурлар 4 чи бўлакдан чиққан вертикал чизиккача паралел кўчирилади. Шу тартибда қолган нурлар ҳам кетма-кет жойлаштирилади. Кейин абсцисса ўқини чап томонга давом эттириб,

$$H_2 = \overline{OA} = \frac{1}{\mu\varphi} = \frac{\overline{OM}}{2_{II}} \text{ мм}$$

кесма жойлаштирилади, ва A1 нуқта топилади. $a = a(\varphi)$ графигида бажарилган ишлар $v = v(\varphi)$ графигида ҳам такрорланади. Шу тариқа синик чизиклар ёрдамида турткичнинг оралиқ графиги ҳосил қилинади. Сўнггра улар раён туташтирилади.

Графикдаги ўқларнинг масштаб коэффициентлари аниқланади. Мушпумчанинг бурилиш бурчаги масштаби

$$\mu_\varphi = \frac{\pi}{180^\circ} \frac{(\varphi_K + \varphi_T + \varphi_T)}{x_t}; \frac{\text{рад}}{\text{мм}};$$

$$x_t = (\varphi_K + \varphi_T + \varphi_T) = 0 - 16 \text{ мм}$$

Тезлик графигининг масштаб коэффициенти:

$$\mu_v = \frac{\mu_s}{\mu_t \cdot H_1}; \frac{\text{м/с}}{\text{мм}};$$

H_1 - кутб масофаси

Вақт масштаби коэффициенти:

$$\mu_t = \frac{60}{n_K \cdot x_t}; \frac{\text{м/с}}{\text{мм}};$$

n_K - мушпумчанинг айланишлар сони

Оралиқ графигида ҳосил бўлган 16 та нуқта координата ўқида 45^0 қилиб жойлаштирилган $S_{\max}$ чизиғи устига кичиклаштирилган ёки катталаштирилган ҳолатда кўчирилади.

Мушгумчанинг энг кичик радиусини топиш учун кесма узунликлари аниқланиши зарур, бунинг учун C ўзгармас коэффициент топилади. Сўнгра 1- A_1 , 2- A_2 кесмалар $S_{\max}$ чизиғи устидаги нуқталардан чиққан горизонтал чизиқларга жойлаштирилади ва тўртқичнинг абсолют тезлиги топилади.

$$V_T = \omega_K \cdot r_{\min};$$

бу ерда: ω_K - мушгумчанинг бурчак тезлиги, rad/sek;

$r_{\min}$ - мушгумчанинг энг кичик радиуси, мм;

$$r_{\min} = \frac{V_T}{\omega_K};$$

$$AB = \frac{\mu_v y_i}{\frac{\pi_K}{30}}; \text{рад/сек}$$

$$C = \frac{\mu_v}{\frac{\pi_K}{30}}; \text{ўзгармас коэффициент.}$$

$$A_1 - B_1 = C \cdot Y_1; \text{мм}$$

$$2 - A_2 = C \cdot Y_2; \text{мм}$$

$$3 - A_3 = C \cdot Y_3; \text{мм}$$

$$4 - A_4 = C \cdot Y_4; \text{мм}$$

$$5 - A_5 = C \cdot Y_5; \text{мм}$$

$$6 - A_6 = C \cdot Y_6; \text{мм}$$

$$7 - A_7 = C \cdot Y_7; \text{мм}$$

$$8 - A_8 = C \cdot Y_8; \text{мм}$$

$$9 - A_9 = C \cdot Y_9; \text{мм}$$

$$10 - A_{10} = C \cdot Y_{10}; \text{мм}$$

$$11 - A_{11} = C \cdot Y_{11}; \text{мм}$$

$$12 - A_{12} = C \cdot Y_{12}; \text{мм}$$

$$13 - A_{13} = C \cdot Y_{13}; \text{мм}$$

$$14 - A_{14} = C \cdot Y_{14}; \text{мм}$$

$$15 - A_{15} = C \cdot Y_{15}; \text{мм}$$

$$16 - A_{16} = C \cdot Y_{16}; \text{мм}$$

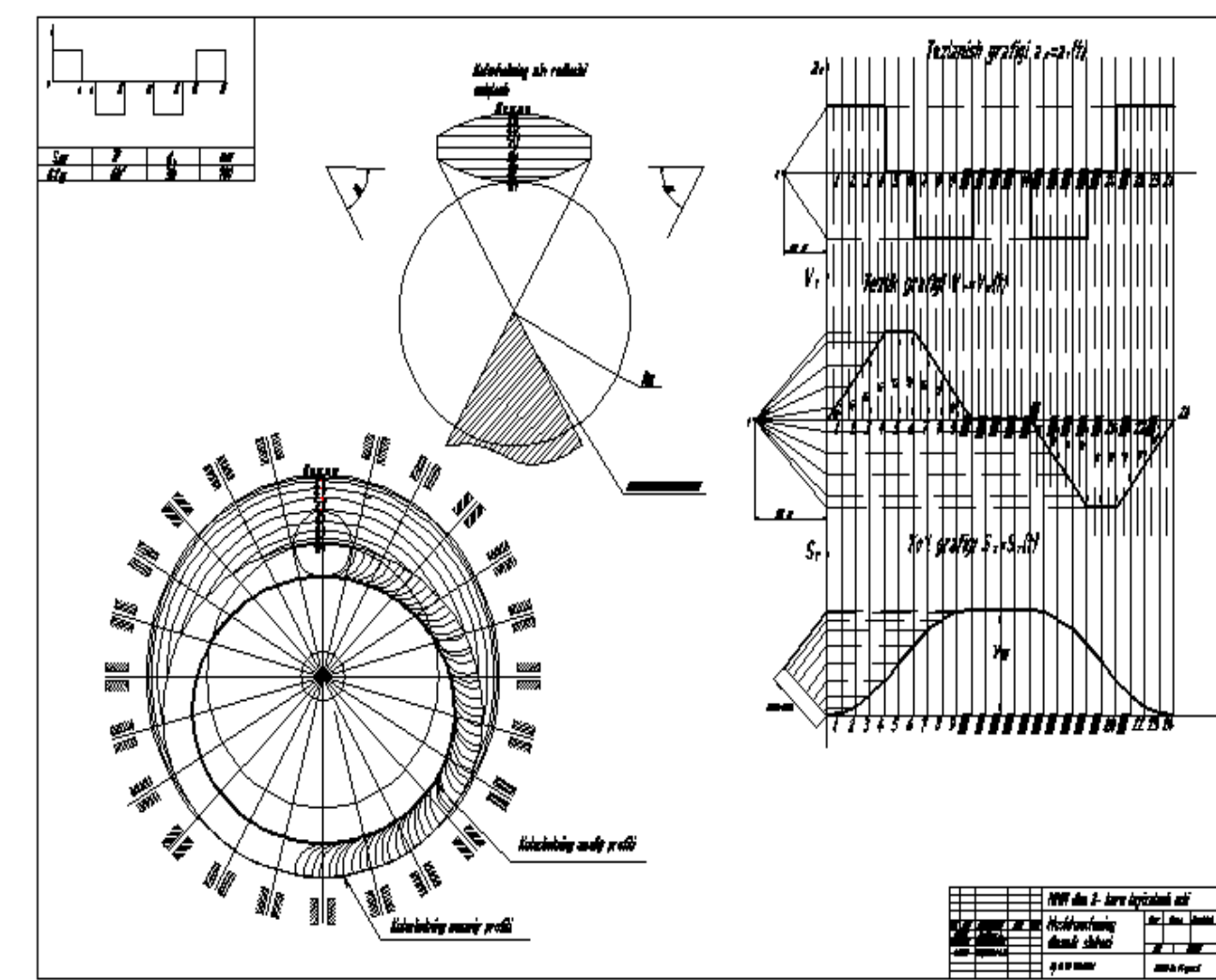
$Y_1, \text{мм} \dots Y_{16}; \text{мм}$ лар тезлик графигидан ўлчаб олинади.

Кесмалар жойлаштирилгандан кейин $A_1, A_2 \dots A_{16}$ нуқталар топилади. Сўнгра улар лекало ёрдамида туташтирилади. Ҳосил бўлган фигуранинг ҳар икки томонининг **max** нуқтаси танлаб олиниб, шу нуқтага уринма чизиқ ўтказилади ва унга рухсат этилган узатиш бурчаги жойлаштирилади, уларнинг кесишувидан мушгумчанинг маркази ётган юза ҳосил бўлади. Шу юза ичида мушгумчанинг маркази вертикал тик чизиқ устида танланади. (Бу юза штрихланган).

$O_k O$ радиус мушгумчанинг энг кичик радиуси бўлади. $O_k O$ радиус ёрдамида тўлиқ айлана чизилади. Бу айлана тенг 16 бўлакка бўлинади. Чунки абсцисса ўқида 16 та тенг бўлақчалар жойдаштирилган.

Турткичнинг айланиш маркази (O_k нукта) ни мушгумчанинг айланиш йўналишига тескари йўналишда фикран секин-аста айлантириб, мушгумчанинг назарий профили сиртида B нуктанинг вазиятлари $I, II, III, \dots$ белгиланади. Бу вазиятлар AB радиуслар билан ёрдамчи айланада 1, 2, 3, 4, нукталарни марказ қилиб, чизилган ёйларнинг эквидистант эгри чизиқлар билан кесишган нукталаридир.

Мушгумчанинг назарий профили сиртида олинган $I, II, III, \dots$ нукталар мушгумчанинг назарий профили атрофида, циркул ёрдамида турткич узунлигида чизилган O_k нуктадан чиқарилган тик чизиқ устига кўчириб келтирилади. Устида олинган $B_0, B_1, B_2, B_3, B_4, B_m, \dots$ нукталар B нуктанинг вазиятини кўрсатади. Мушгумчанинг назарий профили чизмада узик чизиқлар билан кўрсатилган. Мушгумчанинг назарий профили устида ролик радиуси билан бирин-кетин айланалар чизиб чиқилади. Уларнинг чизган изи мушгумчанинг амалий профилини ҳосил қилади.



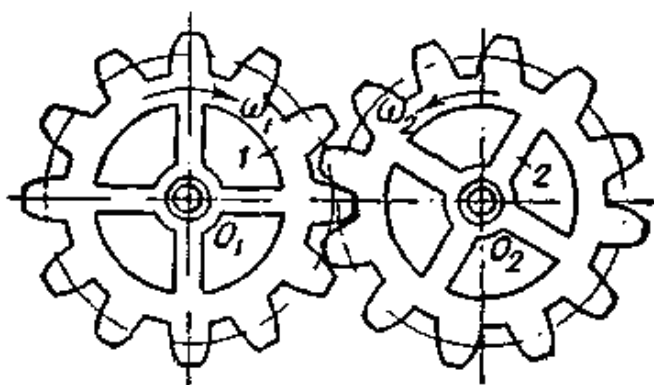
ЭВОЛЬВЕНТА ПРОФИЛЛИ ТИШЛИ ҒИДИРАКЛАРНИ ДИНАМИК ЛОЙИХАЛАШ (3-лойихалаш иши)

Ҳозирги замон техникасида ишлатиладиган механизм ва машиналарда бир валдан иккинчи валга (бир бўғиндан иккинчи бўғинга) айланма ҳаракат узатиш керак бўлади. Ҳаракат узатиладиган бўғиннинг бурчак тезлиги олдиндан берилади, бу бурчак тезликни ҳосил

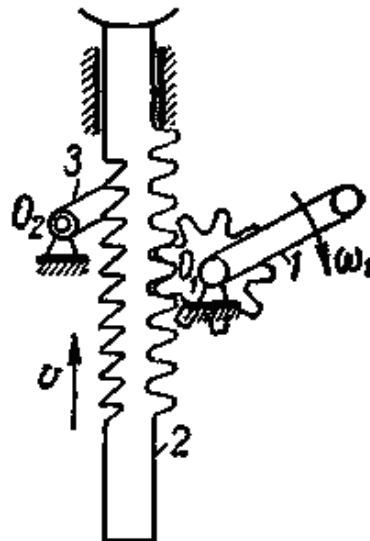
қилиш учун тишли ғилдирақлардан таркиб топган механизмлар ишлатилади. Ҳаракатни узатишнинг бу тури шестерняли узатма деб аталади. (1-шакл)

Агар шаклда кўрсатилган тишли ғилдирақлардан бири соат стрелкаси юраётган томонга қараб ω_1 бурчак тезлиги билан айланса, иккинчиси унга тескари томонга ω_2 бурчак тезлиги билан айланади.

Шестерняли механизмга чуқурроқ назар ташланса, ҳар қайси шестерня айлана бўйлаб қўйилган бир неча кулачокдан иборат эканлигини кўриш қийин эмас. Айлана бўйлаб қўйилган ана шу кулачоклар шестерня тишлари деб, шестерня эса тишли бўғин ёки тишли ғилдирак деб аталади. Тишлар ўрнатилган ана шу ғилдиракнинг радиуси чексиз катта бўлса, у ҳолда, ғилдирак айланаси тўғри чизик бўлиб қолади. Бундай тишли бўғинлар тишли рейкалар дейилади. Ҳаракатни узатишнинг бундай хили рейкали узатма деб аталади (2-шакл)



1-шакл. Сиртки илашиши
1,2.- шестернялар.



2-шакл. Рейкали узатма:
1- даста; 2-рейка; 3-собачка.

Механик қайта ишланган ғилдиракда S_ω тишнинг қалинлиги икки тишнинг e_ω оралиғига тенг ва натижада тишни иккита тишнинг оралиғига кириши таъминланади. Қадам илашувчи иккита ғилдирақлар учун бир хилда бўлмаганлиги сабабли ғилдиракнинг ўлчамларини аниқлаш учун асосий ҳисобланган айлана киритилади. **Бундай айлана ғилдиракнинг бўлувчи айланаси деб аталади.** Бўлувчи айлана бўлувчи цилиндрнинг асоси ҳисобланади.

Тишларни қирқишда бўлувчи айлана бошланғич айлананинг вазифасини бажариши кейинроқ кўрсатилади. Бўлувчи айланада тиш қирқувчи асбобнинг ҳамма ўлчамлари тамғалангандек бўлади. Масалан, тишли ғилдиракни бўлувчи айлана бўйлаб қадами қирқувчи асбобни қадамига тенг бўлади. Бўлувчи айлана ҳар бир тишли ғилдиракда булади. Бу айланага боғлиқ ҳамма ўлчамлар индексга эга эмас. Тишли ғилдиракнинг қадамидан асосий параметр сифатида фойдаланиб, ғилдиракнинг ҳамма ўлчамларини аниқлашнинг аналитик боғланишлар системасини тузиш мумкин. Аммо қадамли системани иррационаллиги амалда ноқулайликлар яратгани учун модул системаси билан алмаштирилди. Модул системасида асосий параметр сифатида тишли ғилдиракнинг миллиметрда ўлчанадиган рационал қийматли модулидан фойдаланилади. Ҳар бир ғилдиракни тайёрлашда унинг модули кўрсатилади. Ғилдиракнинг модули доимо қирқувчи асбобнинг модулига тенг.

Бўлувчи айлананинг радиуси қуйидагича аниқланади:

$$r = \frac{PZ}{2\pi}$$

ифодада $\frac{P}{\pi} = m$ белгилаймиз ва $r = m \frac{Z}{2}$ бу ерда m -илашиш модули.

Тишли ғилдиракнинг бўлувчи айлана бўйлаб қадами ва модули қуйидагича боғланган.

$$P = \pi m$$

$$m = \frac{2r}{Z}$$

Тишли ғилдиракнинг модулли бўлувчи айлана диаметрини битта тишга тўғри келадиган узунлигилир.

Модулнинг қиймати стандартлашган. Мухандислик ҳисобларида тишли ғилдиракнинг модули мустаҳкамликка ҳисоблашдан аниқланади ва стандарт бўйича яқинроқ қиймати қабул қилинади. Тишли ғилдиракнинг модули ихтиёрий қийматни қабул қилиш мумкин эмас.

ИЛАШИШ ЧИЗИҒИ ВА БУРЧАГИ

Иккита туташувчи тишлар профилларининг тегиб ТУРУВЧИ нуқталарининг геометрик ўрни илашиш чизиги деб аталади.

Эвольвентали узатмада илашиш чизиги умумий нормал бўйлаб йўналган. Ҳақиқатан, агарда иккита эвольвентали тишларни тегиб турган ихтиёрий нуқтасидан нормал ўтказилса, эвольвентанинг 3-хусусиятга асосан, у иккала асосий айланаларга уринма бўлиб, умумий нормалга мос келади. Шундай қилиб, илашиш чизиги умумий нормал ҳисобланади.

Цилиндрсимон тишли ғилдираклар эвольвентали профилларининг туташishi

Туташувчи $\mathcal{E}_1$ ва $\mathcal{E}_2$ эвольвента профилларининг иккита ҳолати кўрсатилган. Иккала ҳолда ҳам тишларнинг тегиб турувчи K нуқтаси нормалда жойлашган. Илашиш чизиги тўғри чизикдан иборат бўлгани учун унинг афзаллиги ҳисобланиб, бир тишнинг иккинчи тишга босим кучини йўналиши ўзгармаслигини сақлайди.

Илашишнинг баъзи турларида, масалан циклоидали илашишда, илашиш чизиги эгри чизикдир. Илашиш чизигида O_1 ва O_2 нуқталаридан туширилган тик чизикларнинг NN билан кесишган N_1 ва N_2 нуқталари орасидаги қисми *назарий илашиш чизиги ҳисобланади*. Тишлар бош қисмининг айланаларини NN нормал билан кесишган AB қисми *амалий илашиш чизиги деб аталади*. Иккита тиш A нуқтада илашишга кирса, B нуқтада илашишдан чиқади. Агар иккита тишнинг бир-бирига тегиши N_1N_2 назарий илашиш чизигидан ташқарида бўлса *тишларнинг интерференцияси*, яъни бир жойда бирданига иккита ғилдиракларнинг тишлари пайдо бўлганда содир бўлади; Бу мумкин эмас.

Илашиш чизиги билан бошланғич айланаларга ўтказилган умумий $N-N$ нормал орасидаги *бурчак илашиш бурчаги* деб талади. Умуман олганда илашиш бурчагининг қийматини тегишли формуладан келтириб чиқариш мумкин. Хусусий ҳолда нормал ғилдираклар илашганда *илашиш бураги 20° тенг*.

ИЛАШИШ ЁЙИ ВА ҚОПЛАНИШ КОЭФФИЦИЕНТИ

Нуқтани бошланғич айлана бўйлаб илашиш вақтида босиб ўтган йўш CD илашиш ёйи дейилади.

Илашиш ёйининг илашиш қадамига нисбати қопланиш коэффиценти деб аталади.

$$\varepsilon_\alpha = \frac{CD}{P_\omega}$$

Бу ерда ε_α - қопланиш коэффиценти; CD - илашиш ёйи; P_ω - илашиш қадами,

Илашиш ёйи $CD = \varphi_\alpha r_\omega$ ва илашиш қадами $P_\omega = \pi r_\omega$ қийматларини қўйсак:

$$\varepsilon_\alpha = \frac{CD}{P_\omega} = \frac{\varphi_\alpha r_\omega}{\pi r_\omega} = \frac{\varphi_\alpha}{\tau}$$

бу ерда, φ_α – қопланиш бурчаги, ёки илашиш ёйини қамровчи марказий бурчак, τ -илашишнинг бурчак қадами.

Тишли илашмани текис ва узлуксиз ишлаши учун қопланиш коэффициентининг қиймати бирдан катта бўлиши керак. Бунда илашиш ёйи илашиш қадамидан катта бўлиб биринчи жуфтлик илашишдан чиқмасдан иккинчи жуфтлик илашишга киради. Агар бу шарт бажарилмаса қопланиш коэффициенти бирдан кичик бўлиб, навбатдаги жуфт тишлар зарба билан илашишга киради ва узатманинг ишлаш шароити ёмонлашади. Шунинг учун $\varepsilon_\alpha \geq 1,05$ шarti бажарилиши лозим. Қопланиш коэффициентини аниқлашда чизмадан илашиш чизигини ёки қопланиш бурчагининг қийматини ўлчашга тўғри келади ва бу баъзи хатоларга олиб келиши мумкин. Қопланиш коэффициентини аниқ ҳисоблаш учун аналитик ифодалар қўлланилади.

Шулардан бири қуйида келтирилган:

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{r_{a1}^2 - r_{e1}^2} + \sqrt{r_{a1}^2 - r_{e1}^2} - a_\omega \sin d_\omega}{\pi \cos d_\omega}$$

бу ерда, r_{a1} ва r_{a2} - тишнинг бош қисми айланаларининг радиуслари;

r_{e1} ва r_{e2} - асосий айланаларининг радиуслари;

a_ω - узатманинг марказлари оралиғи; α_ω - илашиш бурчаги;

m - илашиш модули;

Берилган: $m=30\text{мм}$ бу ерда m - тиш модули, мм

$z_1=20$ z_1, z_2 - биринчи ва иккинчи

ғилдиракларнинг

тишлар сони.

$z_2=22$

1. Биринчи ва иккинчи ғилдираклар учун бўлувчи айлана радиуси

$$r_{w_1} = \frac{mz_1}{2} = \frac{30 \cdot 20}{2} = 300 \text{ мм}$$

$$r_{w_2} = \frac{mz_2}{2} = \frac{30 \cdot 22}{2} = 330 \text{ мм}$$

2. 1чи ва 2чи ғилдираклар учун тиш усти айлана радиуси

$$r_{a_1} = \frac{mz_1}{2} + m = 300 + 30 = 330 \text{ мм}$$

$$r_{a_2} = \frac{mz_2}{2} + m = 330 + 30 = 360 \text{ мм}$$

3. 1чи ва 2 ғилдирак учун тиш ости айланаси радиуси

$$r_{f_1} = \frac{mz_1}{2} - 1.25m = \frac{30 \cdot 20}{2} - 1.25 \cdot 30 = 300 - 37.5 = 262.5 \text{ мм}$$

$$r_{f_2} = \frac{mz_2}{2} - 1.25m = \frac{30 \cdot 22}{2} - 1.25 \cdot 30 = 330 - 37.5 = 292.5 \text{ мм}$$

4. 1 ва 2 ғилдирак учун асосий айлана радиуси

$$r_{f_1} = \frac{mz_1}{2} \cdot \cos \alpha = \frac{30 \cdot 20}{2} \cdot \cos 20^\circ = 300 \cdot 0.94 = 282 \text{ мм}$$

$$r_{f_2} = \frac{mz_2}{2} \cdot \cos \alpha = \frac{30 \cdot 22}{2} \cdot \cos 20^\circ = 330 \cdot 0.94 = 310.2 \text{ мм}$$

5. Ғилдиракдаги тиш баландлигини аниқлаш.

$$h = h_a + h_f = m + 1.25m = 2.25m = 2.25 \cdot 30 = 60.75 \text{ мм}$$

6. Тишнинг бош қисми баландлиги

$$h_a = m = 30 \text{ мм}$$

7. Ғилдирак тишининг оёқ қисми баландлиги

$$h_f = 1.25m = 1.25 \cdot 30 = 30.75 \text{ мм}$$

8. Тиш қадами

$$P_w = \pi m = 3.14 \cdot 30 = 90.42 \text{ мм}$$

9. Бўлувчи айлана радиуси бўйича ғилдирак тиши қалинлиги

$$S_w = \frac{P_w}{2} = \frac{90.42}{2} = 45.21 \text{ мм}$$

10. Бўлувчи айлана радиуси бўйича тишлар орасидаги масофаси

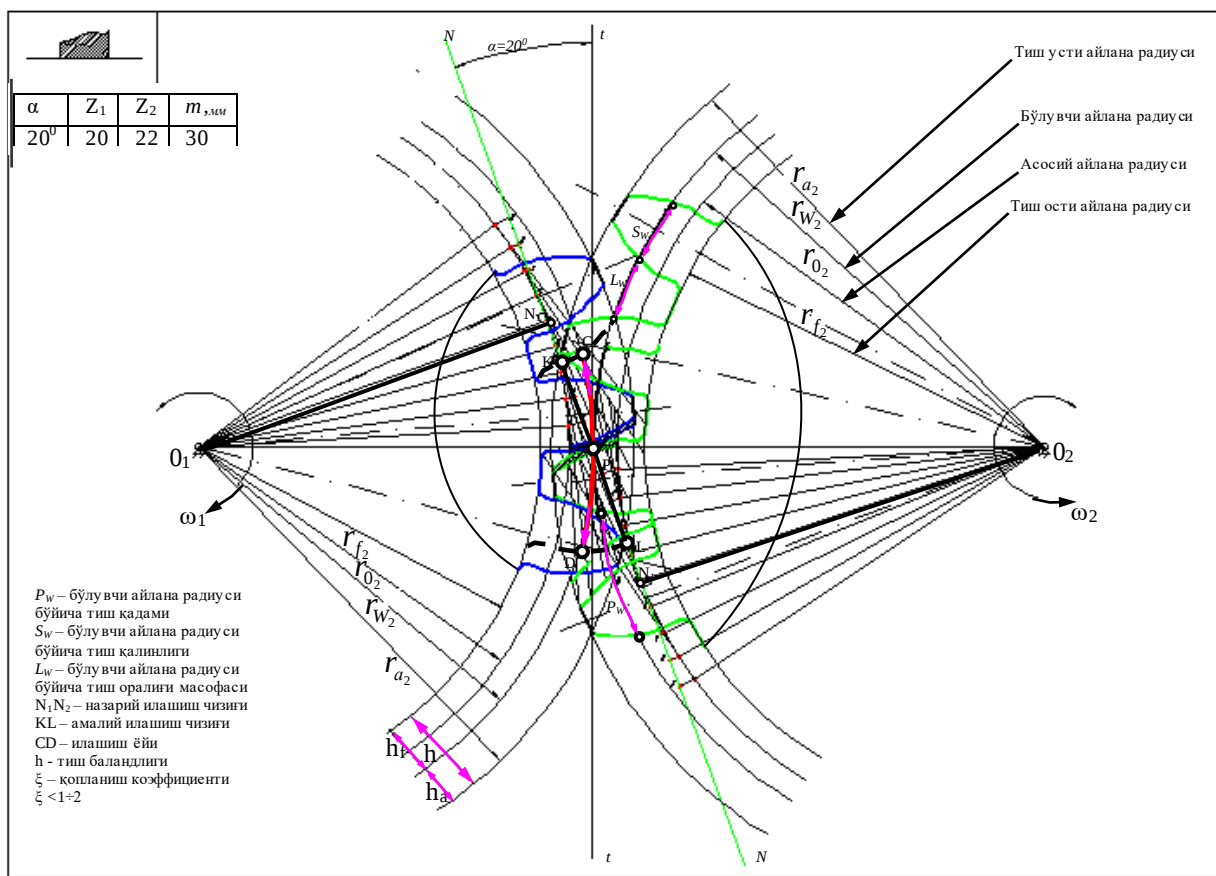
$$S_w = e_w = 45.21 \text{ мм}$$

11. Қопланиш коэффициентини

$$\varepsilon = \frac{KL}{P_w \cdot \cos \alpha} = \frac{120}{90.42 \cdot 0.94} = 1.58$$

$\varepsilon = 1 \div 2$ булиши керак

КЛ- амалий илашиш чизиғи.



3-шакл. Тишли илашиш тасвири.

3 - шаклда кўрсатилган бошқа айланалар учун тегишли индекслар кўрсатилган. Масалан, " a " индекси бош қисм айланаларда, " f " - оёқ қисми айланаларда, " w " - асосий айланаларда қўлланилади.

Юқоридагиларга асосланиб бошланғич айланаларнинг радиуслари r_w бош ва оёқ қисми айланалари радиуслари r_a ва r_f асосий айланалар радиуслари r_s ҳарфлари билан белгиланади.

Бошланғич айланалар иккита тишли ғилдиракларни илашишида ҳосил бўлади. Битта тишли ғилдирак бошланғич айланага эга бўлмайди. P_w - илашиш қадами муҳим тушинчалардан бири ҳисобланади. Илашишдаги иккита ғилдиракнинг бошланғич айланадаги қадами бир ҳил бўлиши керак, акс ҳолда битта ғилдиракнинг тиши иккинчи ғилдиракнинг тишлари орасига сиғмаслиги мумкин.

Иккита илашувчи тишли ғилдиракларнинг бошланғич айланаларини узунликларини ифодасини топамиз

$$P_w Z_1 = 2\pi r_{w_1} \quad (1)$$

$$P_w Z_2 = 2\pi r_{w_2} \quad (2)$$

бу ерда P_w - илашиш қадами;

Z_1 ва Z_2 - ғилдиракларнинг тишларини сони;

r_{w_1} ва r_{w_2} — тишли ғилдиракларнинг бошланғич айланалари радиуслари.

(1) ва (2) тенгламалардан:

$$\frac{r_{w_1}}{r_{w_2}} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (3)$$

Илашиш назариясида илашиш қадами билан бирга *бурчак қадами* тушунчаси ҳам қўлланилади. P_ω - *қадам ёйини ўз ичига олган марказий бурчак бурчак қадами деб аталади.*

Бурчак қадами ва ёй қадами қуйидагича боғланган:

$$P_\omega = \tau_\omega \quad (4)$$

бу ерда τ — илашиш бурчак қадами;

r_ω — бошланғич айлана радиуси.

Ғилдиракнинг бурчак қадами ёйилган 2π бурчагини тишларнинг сонига бўлиб топиш мумкин. *Илашиш қадами S_ω тишининг қалинлиги ва икки тишнинг e_ω оралигини йигиндисига тенг.*

МЕХАНИЗМЛАРНИНГ КИНЕТОСТАТИК АНАЛИЗИ (4-лойихалаш иши)

Бўғинлар, кинематик жуфтлар ва таянчларга турли кучларнинг таъсирини ўрганиш масаласи динамиканинг асосий масалаларидан бири ҳисобланади. Бундан мақсад механизм ҳаракатини енгиллаштириш ва унинг узоқ муддатга чидамлилигини оширишдир, яъни механизм деталларини мустаҳкамлигини ҳисоблаш, кинематик жуфтларни едирилиш даражасини белгилаш ва механизмни ҳаракатлантириш учун сарфланадиган қувватни аниқлаш масалаларидир.

Кинетостатик ҳисобни бажаришда Даламбер принципи қўлланилади. Статиканинг мувозанат тенгламаларини қўллаб ҳаракатдаги механизмни куч таъсиридаги анализи кинетостатик анализ деб аталади.

Қуйида механизмларнинг кинематик жуфтларидаги реакция кучларини аниқлаш ва уларнинг мувозанатловчи кучларини аниқлаш услуби билан мисолларда танишамиз.

Масалани ечиш учун қуйидагилар берилган:

1. Механизмни тури (метрик ўлчамлари билан).
2. Бўғинларга таъсир этувчи ташқи кучлар- P .
3. Бўғинларнинг оғирлик кучлари- G .
4. Бошланғич (етакловчи) бўғиннинг ҳаракат қонуни ω_1 ёки n_1 .
5. Бўғинлар масалаларини инерция моментлари J .

Юқоридагилардан фойдаланиб:

1. Механизмни берилган ҳолати учун тезлик ва тезланиш режалари қуриб, бўғинларнинг чизиқли, бурчак тезлик ва тезланишларининг миқдори ва йўналишлари аниқланади.

2. Бўғинларни оғирликлари (G) ва оғирлик маркази тезланишларидан (a_s) фойдаланиб, инерция кучлари ва жуфт куч моментларининг (F_u, M_u) йўналиши ва миқдорлари аниқланади.

3. Механизмни Ассур гуруҳларига ажратиб, охирги боғланувчи Ассур гуруҳидан бошлаб мувозанатлик тенгламаларини қўллаган ҳолда кинематик жуфтлардаги реакция кучлари аниқланади.

4. Етакловчи бўғинни мувозанатга келтирувчи куч (момент) ва механизмни ҳаракатлантириш учун сарфланадиган қувват аниқланади.

Курс лойиҳасини амалга оширишда кинематик жуфтлардаги ишқаланишни ҳисобга олмасдан юқоридаги масалаларни ҳал қилиш тартиби билан танишамиз

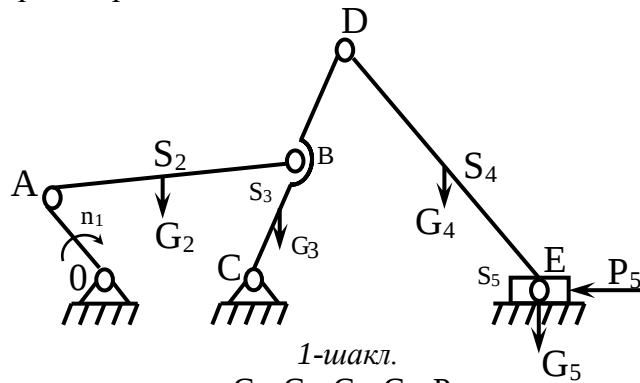
Масалан: Ҳаракатланувчи бўғинлари 5 та бўлган (1-шаклда таъсирланган) ричагли механизмни кинематик жуфтлардаги реакция кучлари аниқлансин
Қуйидагилар берилган. 1) Бўғинларнинг узунликлари:

$$L_{AB}, L_{OA}, \quad l_{AS_2} = \frac{1}{2} l_{AB}$$

$$L_{BD}, L_{CB}, \quad l_{CS_3} = \frac{1}{2} l_{CB}$$

$$L_{DE}, L_{OC}, \quad l_{DS_4} = \frac{1}{2} l_{DE}$$

2) Бўғинларнинг оғирликлари



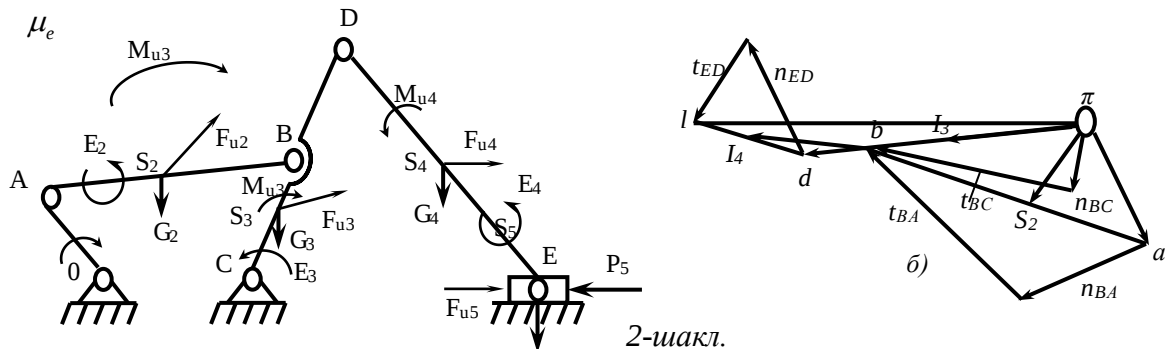
1-шакл.
 G_2, G_3, G_4, G_5, P_5

3) Бўғинларнинг оғирлик марказидан ўтувчи ўққа нисбатан массаларнинг инерция моментлари

$$J_{S_2}, J_{S_3}, J_{S_4}$$

4) Кривошипнинг айланишлар сони $n_1 = 100$ айл/мин

1. Механизмни берилган ҳолати учун тезликлар ва тезланишлар режасини куриш
Механизмнинг ҳолати учун тезлик ва тезланишлар режалари чизилади:



Бўғинларнинг ω тезлиги ва бурчак тезланишлари аниқланади

$$a_{s2} = \mu_a \cdot \pi s_2 [m/c^2], \quad \varepsilon_2 = \frac{a_{tBA}}{l_{AB}} = \frac{\mu_a \cdot t_{BA}}{l_{AB}} \left[\frac{1}{c^2} \right]$$

$$a_{s3} = \mu_a \cdot \pi s_3 [m/c^2], \quad \varepsilon_3 = \frac{a_{tBC}^t}{l_{BC}} = \frac{\mu_a \cdot t_{BC}}{l_{BC}} \left[\frac{1}{c^2} \right]$$

$$a_{s4} = \mu_a \cdot \pi s_4 [m/c^2], \quad \varepsilon = \frac{a_{tED}^t}{l_{ED}} = \frac{\mu_a \cdot t_{ED}}{l_{ED}} \left[\frac{1}{c^2} \right]$$

$$a_E = \mu_a \cdot \pi e [m/c^2]$$

2. Бўғинлар инерция кучларининг микдорлари ва йўналишларини аниқлаш

Бўғинларнинг инерция кучлари F_u ва инерция моментлари M_u қуйдагича топилади:

а) шатун (2-бўғин)

$$F_{U_2} = -\frac{G_2}{g} a_{s_2} = -m_2 a_{s_2} [H], \quad M_{u_2} = -\varepsilon_2 I_{s_2} [Hm]$$

б) коромисло (3-бўғин)

$$F_{U_3} = -\frac{G_3}{g} a_{s_3} = -m_3 a_{s_3} [H], \quad M_{u_3} = -\varepsilon_3 I_{s_3} [Hm]$$

в) шатун (4-бўғин)

$$F_{U_4} = -\frac{G_4}{g} a_{s_4} = -m_4 a_{s_4} [H], \quad M_{u_4} = -\varepsilon_4 I_{s_4} [Hm]$$

г) ползун (5-бўғин)

$$F_{U_5} = -\frac{G_5}{g} a_e$$

Инерция кучларининг йўналиши оғирлик марказлари тезланишлари йўналишига параллел холда тескари равишда йўналган.

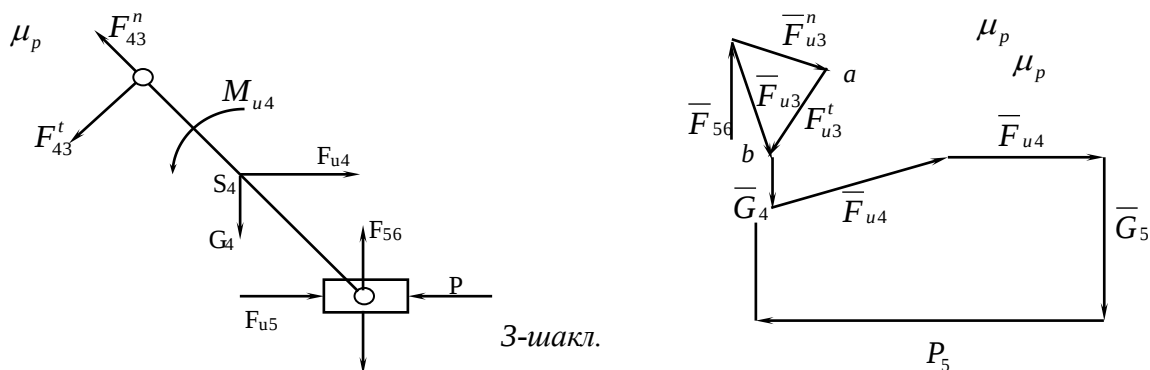
Инерция моментлари йўналиши эса бўғинларнинг бурчак тезланишлари ε йўналишига қарама-қаршидир. Механизм кинематик схемасида бўғинларнинг инерция кучлари ва моментларини йўналишлари белгиланади. (2-шакл).

3. Кинематик жуфтлардаги реакция кучларини аниқлаш

Бу масала охириги боғланувчи Ассур гуруҳидан бошланади ва кривошипни таянч билан биргаликдаги гуруҳ билан тугатилади;

а) 4-5 бўғинлардан таркиб топган Ассур гуруҳининг кинетостатикаси.

2-шаклдан 4-5 Ассур гуруҳининг μ_e масштабида ҳолатини ўзгартирмасдан алоҳида чизамиз. (3-шакл).



4 ва 5 бўғинларга $G_4, F_{U_4}, M_{U_4}, G_5, F_{U_5}, P_5$ кучлар ва моментлар таъсир этади.

Потенциал (эркин) D (айланма) ва E (илгариланма) кинематик жуфтларида ташлаб юборилган 3 ва 6 (таянч) бўғинларнинг таъсирини реакция кучи билан алмаштирамиз. D кинематик жуфтдаги реакция кучини F_{43}^n ва F_{43}^t ташкил этувчиларга ажратиб йўналишини тахминан қабул қиламиз. Бунда F_{43}^n 4 бўғинга параллел F_{43}^t эса перпендикуляр йўналган.

Ползун билан қўзғалмас текислик орасидаги боғланиш реакцияси кучи F_{56} ползунни ҳаракат текислигига тик йўналган.

4-5 Ассур гуруҳининг мувозанатлик тенгламасини тузамиз:

$$\overline{F}_{43}^n + \overline{F}_{43}^t + \overline{G}_4 + \overline{F}_{U_4} + \overline{F}_{U_5} + \overline{G}_5 + \overline{P}_5 + \overline{F}_{56} = 0 \quad (1)$$

$$-F^t_{43} \cdot l_{DE} + G_4 h_G \cdot \mu_e + F_{U_A} \cdot h_F \cdot \mu_e = 0$$

(2)

$$F_{43}^t = \frac{M_{U_4} - G_4 h_G \mu_e + F_{U_4} h_F \mu_e}{l_{JE}} [H]$$

μ_e - механізм масштаби.

$$BC = \frac{G_4}{\mu F} [MM] \text{ в а.к. (3-шакл).}$$
$$F_{43} = \mu_p = bh \quad [H]$$

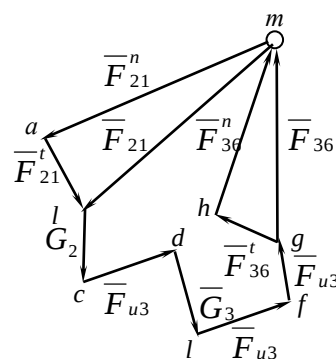
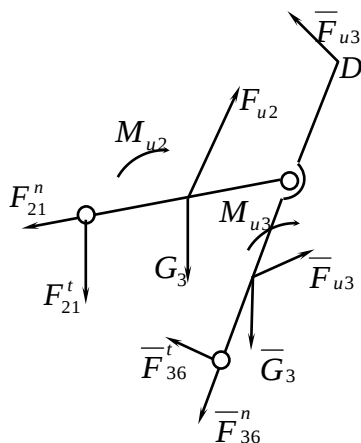
$$F_{56} = \mu_p = gh \quad [H]$$

4-тенгламининг мувозанат тенгламасини тузиб $F_{43} + \overline{G}_4 + \overline{F}_{U4} + \overline{F}_{43} = 0$ реакция кучи аниқланади. Бу вазифани амалга ошириш учун қўшимча тенглама тузилишини 3-шаклдан фойдаланиш мумкин. Куч режасидан h ва d нуқталарни туташтирамиз ва реакция кучини

$$F_{45} = -F_{54} = \mu_p h d \quad [H]$$

$\overline{F}_{45} - \overline{F}_{54}$ ни назарга олиб навбатдаги 2 ва 3 бўғинлардан иборат бўлган Ассур гуруҳини кинетостатикаси билан танишамиз.

б) 2-3 бўғинлардан иборат бўлган Ассур гуруҳи кинетостатикаси 2-шаклдан 2-3 Ассур гуруҳини ажратиб чизамиз(4-шакл) ва D нуқтасига F_{34} реакция кучини йўналишини қўямиз. Бу куч F_{43} (3-шакл) кучига параллел тескари йўналган.



4-шакл.

Гурухнинг мувозанатлик тенгламаси куйидагича ифодаланади:

$$\overline{F}_{21}^n + \overline{F}_{21}^t + \overline{G}_2 + \overline{F}_{42} + \overline{G}_3 + \overline{F}_{43} + \overline{F}_{34} + \overline{F}_{36}^t + \overline{F}_{36}^n = 0 \quad (3)$$

Тенгламада F_{21}^n ; F_{21}^t ; F_{36}^n ; F_{36}^t кучларининг миқдорлари номуайюн. Шулардан 2 тасини аниқлаш учун 2 ва 3 бўғинларга таъсир этувчи кучлардан В нуктага нисбатан моментлар олиб уларнинг йиғиндиси нолга тенглаштирилади.

2- бўғинга таъсир этувчи куч моментлари:

$$-F_{21}^t \cdot l_{AB} - G_2 h G_2 \mu e + F u_2 h_{Fu_2} \mu e + \mu l_2 = 0 \quad (4)$$

бундан
$$F_{21}^t = \frac{-G_2 h G_2 \mu e + F u_3 h_{Fu_3} \mu e - \mu l_3 + F_{34} h_{F_{34}} \mu e}{l_{CB}}, [H]$$

3- бўғинга таъсир этувчи кучлардан олинган моментлар йиғиндиси:

$$F_{36}^t l_{CB} = G_3 h G_3 \mu e - F u_3 h_{Fu_3} \mu e + \mu l_3 - F_{34} h_{F_{34}} \mu e = 0 \quad (5)$$

бундан

$$F_{36}^t = \frac{G_3 h G_3 \mu e + F u_3 h_{Fu_3} \mu e - \mu l_3 + F_{34} h_{F_{34}} \mu e}{l_{CB}}, [H]$$

(3) тенглама асосида куч режаси (4-шакл) чизилади.

Режанинг масштаби
$$\mu_F = \frac{F_{21}^t}{ab} \text{ Н/мм}$$

Демак, F_{21}^t кучи ав кесмаси билан ифодаланади.(ав кесма ихтиёрий узунликда танланади). Қолган кучларни ифодаловчи кесмалар ҳисобланиши керак, яъни $bc = \frac{G_2}{M_F} [мм]$, $cd = \frac{F_{U_2}}{M_F}$ ва х.к.

4-шаклдаги куч режаси а нуктасидан бошланиб, миқдор ва йўналишлари маълум бўлган кучларни кетма-кет қўшиб борилиши натижасида h нуктада тугайди. а ва h нукталаридан АВ ва ВС бўғинлари ҳолатига параллел та ва th чизиқларни ўтказиб, улар

кесишган m нукта аниқланади. Натижада F_{21}^n (та кесмаси) ва F_{36}^n (th кесмаси) кучларини йўналиши аниқланади. m нуктаси b нукта билан туташтирилиб

$\overline{F}_{21} = \overline{F}_{21}^n + \overline{F}_{21}^t$ реакция кучи аниқланади. Шунингдек, h ва m нукталари туташтирилиб $\overline{F}_{36} = \overline{F}_{36}^n + \overline{F}_{36}^t$ реакция кучи аниқланади.

2 ва 3 бўғинларни боғловчи кинематик жуфтдаги (В нуктаси) реакция кучини аниқлаш учун бўғинлардан бири (масалан 3 бўғин) фикран ташланиб, унинг қолдирилган 2 бўғинга таъсир реакция кучи F_{23} билан алмаштирилади. Қолдирилган 2 бўғинни мувозанатда деб қараб унга таъсир этувчи куч векторларининг йиғиндиси нолга тенг бўлишини назарга олиб, F_{23} кучи аниқланади.

4-шаклда келтирилган куч режасидан фойдаланамиз. 2-бўғинга таъсир этувчи кучларни йиғиндисини назарга олсак буларнинг бошланиши m нукта бўлса, d тугаш нуктасидир. Шу нукталарни ўзаро туташтирувчи md кесмаси В кинематик жуфтдаги

реакция кучини ифодаловчи кесма бўлади. Куч режасидан реакция кучларини миқдорлари аниқланади.

$$F_{23} = \mu_F \cdot md \quad [H]$$

$$F_{21} = \mu_F \cdot bm \quad [H]$$

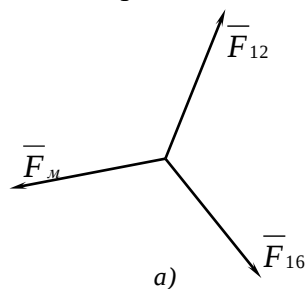
$$F_{36} = \mu_F \cdot gm \quad [H]$$

$\overline{F}_{21} = -\overline{F}_{12}$ назарга олиб, кривошипни кинетостатик ҳисоби бажарилади. 2-шаклдан кривошип бўлак равишда чизилади. Унга таъсир этувчи кучлар қуйидагилардир:

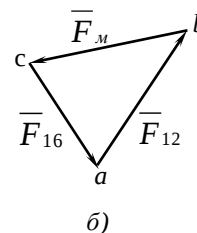
F_{21} – шатуннинг кривошипка таъсир(реакция) кучи.

F_M – кривошипни (механизмни) мувозанатловчи куч. Бу куч кривошип ҳолатига тик F_{21} реакция кучига қарши йўналган.

F_{16} – таянчнинг кривошипка таъсир(реакция) кучи.



5-шакл.



Кривошипни айланиш маркази O нуктани нисбатан кучлардан момент олиниб F_M кучи аниқланади.

$$F_M \cdot l_{OA} + F_{12} \cdot h \cdot \mu_F = 0$$

$$F_M = \frac{F_{12} \cdot h \cdot \mu_F}{l_{OA}} \quad [H]$$

Кривошипка таъсир этувчи кучлар режасини μ_F масштабда чизамиз (5-шакл) ва F_{16} кучини аниқлаймиз.

Куч режаси масштаби:

$$\mu_F = \frac{F_{12}}{ab} \quad [H/mm]$$

5.6 шаклида келтирилган куч режасидан:

$$F_{16} = \mu_F \cdot ac \quad [H]$$

Мувозанатловчи момент ва қувват қуйидагича аниқланади:

$$M_m = F_M \cdot l_{OA} ,$$

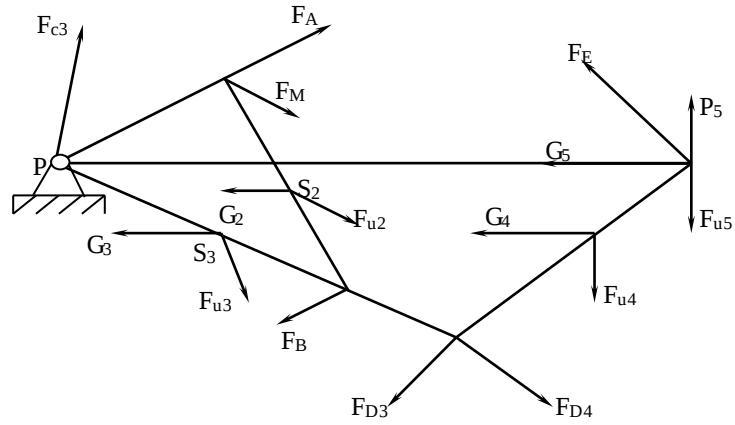
$$N_m = M_m \cdot \omega_1 = F_M V_A$$

Н.Е.Жуковскийнинг “қаттиқ ричаг” усули.

Мувозанатловчи кучни Н.Е.Жуковскийнинг “қаттиқ ричаг” усули билан ҳам аниқлаш мумкин.

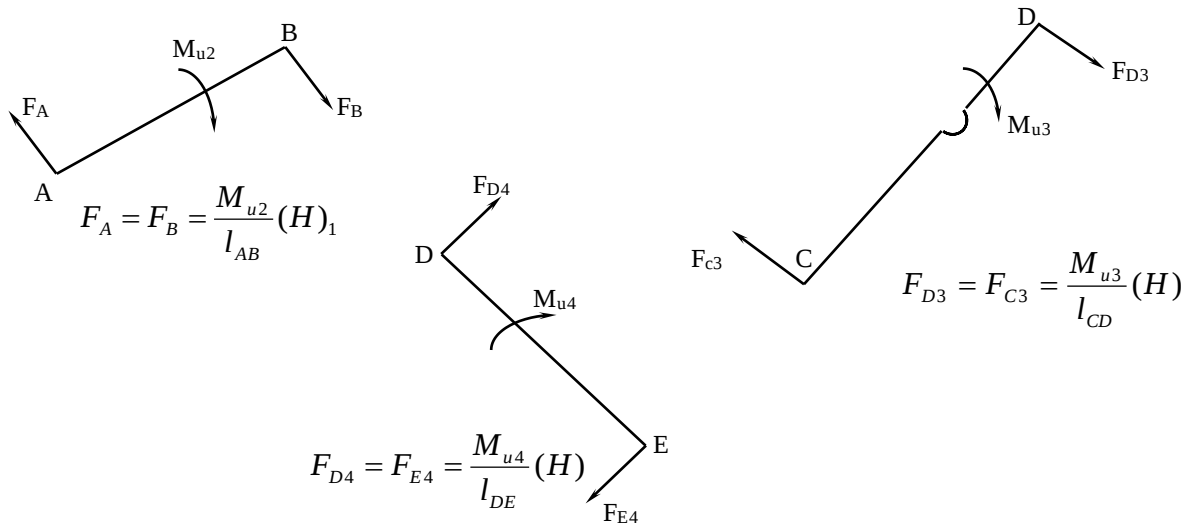
Механизм ҳолати учун тезлик режаси маълум масштабда чизилади. Бу режа Н.Е.Жуковскийнинг “қаттиқ ричаг”и ҳисобланади. Сўнгра механизмга таъсир этувчи кучларни ҳаммасини (моментларни жуфт кучга ажратган ҳолда) 90° буриб “қаттиқ ричаг”ни нукталарига келтириб қўйилади. Қутб нуктасига нисбатан кучлардан олинган моментлар йиғиндиси нолга тенглигидан фойдаланиб, P_m - мувозанатловчи куч аниқланади.

Биринчи мисолимиздаги (1-шакл) механизмни мувозанатловчи кучни “қаттиқ ричаг” усули билан аниқлаймиз. Кучларни соат стрелкаси ҳаракати йўналишига мос равишда 90° буриб ричаг нукталарига қўямиз. (6-шакл)



6-шакл

Бўғинга таъсир этувчи моментларни жуфт кучларга ажратиш учун механизмдан бўғинлар моментлар ҳолати ўзгартирилмай шартли равишда ажратилади ва чизилади. (7-шакл)



7-шакл

Жуфт кучлар (7-шакл) 90° га бурилиб тегишли нуқталарга келтириб қўйилади.

Мувозанатловчи кучни ҳам 90° га буриб қаттиқ ричагнинг Р нуқтасига нисбатан кучлар моментларини йиғиндиси нолга тенглигидан фойдаланиб P_M кучи аниқланади.

$$P_M \cdot P_c - F_A \cdot h_{F_A} + G_2 h_{G_2} + Fu_2 h_{Fu_2} + G_3 h_{G_3} + Fu_3 h_{Fu_3} + F_B \cdot h_{F_B} + F_{D_2} \cdot h_{F_{D_2}} + F_{D_4} \cdot h_{F_{D_4}} + G_4 h_{G_4} + Fu_4 h_{Fu_4} + G_5 \cdot h_{G_5} + Fu_5 \cdot h_{Fu_5} - F_{E4} \cdot h_{F_{E4}} - P_5 \cdot h_{P_5} = 0$$

$$P_M = \frac{F_A \cdot h_{F_A} - G_2 h_{G_2} - Fu_2 h_{Fu_2} - G_3 h_{G_3} - Fu_3 h_{Fu_3} - F_B \cdot h_{F_B} - F_{D_2} \cdot h_{F_{D_2}} - F_{D_4} \cdot h_{F_{D_4}} - G_4 h_{G_4} - Fu_4 h_{Fu_4} - G_5 \cdot h_{G_5} - Fu_5 \cdot h_{Fu_5} + F_{E4} \cdot h_{F_{E4}} + P_5 \cdot h_{P_5}}{P_c}$$

[H]

Машина ва механизмлар назарияси фанидан лойиҳалаш ишларини химоя ёилиш учун саволлар

Механизмни кинематик таҳлили.

1. Механизм таркибида қандай бўғинлар бор ва уларни ҳаракат турини айтинг.
2. Механизмда қандай синфли кинематик жуфтлар мавжуд?
3. Кинематик таҳлилни қандай усуллари бор ва қайси усулни қўлладингиз?
4. График дифференциаллашни нечта усули бор ва қайси усулни қўлладингиз?
5. Кинематик диаграммалардан тезлик ва тезланишлар қандай аниқланади?
6. Бўғинларнинг бурчак тезлигининг йўналиши, сон қиймати ва бирлиги.
7. Бўғинларнинг бурчак тезланишининг йўналиши, сон қиймати ва бирлиги.
8. Нуқталарнинг абсолют ва нисбий тезликларининг сон қиймати қандай аниқланади?

Мушгумчали механизмни динамик синтези.

1. График интеграллаш усуллари. Сиз қайси усулни қўлладингиз?
2. Кулачокли механизмларда γ узатиш бурчаги қаерда қўлланилди?
3. Кулачокни минимал радиуси қандай аниқланди?
4. Кулачокли механизм профили қандай лойиҳаланди?
5. Кулачокли механизмда W нимага тенг?
6. Кулачокли механизм турлари, улар таркибидаги звенолар номи.
7. Кулачокли механизмни лойиҳалаш қандай тартибда бажарилади?
8. Кулачокли механизмнинг амалий ва назарий профилини қандай аниқладингиз?

Тишли узатма синтези.

1. Тишли механизмларнинг узатиш нисбати қайси параметрлар орқали аниқланади?
2. Чизмадан эвольвентани кўрсатининг ва эвольвента деб нимага айтилади?
3. Қопланиш коэффицентини физик маъносини тушинтириб беринг?
4. Тишнинг умумий баландлиги нимага тенг ва қайси қисмлардан иборат?
5. Тишнинг ишчи қисми қандай топилади?
6. Модул деганда нимани тушунаси?

Механизмни куч таъсирида таҳлили.

1. Куч планини қуриб қандай куч аниқланади?
2. Куч плани ва унинг масштабидан фойдаланиб реакция кучи миқдори қандай аниқланди?
3. Куч таъсирида таҳлил тартибини баён қилинг?
4. Механизм звеноларига таъсир этувчи кучлар қайсилар?
5. Кинематик жуфтлардаги реакция кучлари қандай аниқланади?
6. Кинематик таҳлил ва кинематик жуфтлар деганда нимани тушунаси?
7. Мувозанатловчи куч қандай аниқланади ва уни чизмада кўрсатиб беринг?
8. Инерция кучи ва инерция моменти, қиймати ва йўналиши қандай аниқланади?