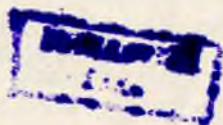


1875

62101  
557  
Р. Х. ҚОДИРОВ

# МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН КУРСАВИЙ ЛОЙИХАЛАШ

Ўзбекистон ССР Олий ва махсус ўрта таълим министрлиги олий ўқув  
юртларининг талабалари учун ўқув қўлланмаси сифатида тавсия этган



ТОШКЕНТ „ЎҚИТУВЧИ“ 1990

кла-  
тини  
би-

шда

изм-  
ини

иль  
си“  
аси

лар  
ки-  
ент  
ия.

ва  
А.  
Р.  
ла-  
ри  
на  
л-

ни

нг

ф.

Рецензент: Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институтининг  
доценти **Мавляев М. Р.**

«Механизм ва машиналар назариясидан масала ҳамда мисоллар тўплами» ўқув қўлланмаси 84 та типавий масала ва мисоллардан, иш машиналарини комплекс анализ ва синтез қилишга оид комплекс масаладан иборат.

Тўпламнинг ҳар қайси бўлимида қисқача назарий маълумот, типавий масалаларни ечиш намуналари келтирилган бўлиб, улар қўлланмадан кечки ва сиртқи факультетлар студентларининг фойдаланишида қулайлик яратади.

Масалаларда қуйи ва олий кинематик жуфтли механизмларни структура, кинематика, кинестатика ҳамда динамика жиҳатдан анализ ёки синтез қилиш кўриб чиқилган.

Ўқув қўлланма «Механизм ва машиналар назарияси» курси ўрганиладиган олий техника ўқув юрларининг студентларига мўлжалланган.

## СЎЗ БОШИ

Машина ва механизмлар назарияси (ММН) механизм, машиналарни анализ ва синтез қилиш усулларини ўргатади. Бу икки тушунча — анализ (тадқиқ этиш) ва синтез (лойиҳалаш) — бири иккинчисини тўлдиради. Механизмларни тадқиқ этиш асосида уларни лойиҳалаш усуллари ўрганилади. Лойиҳаланган механизмларни тадқиқ этиш натижасида эса лойиҳалаш хатоси аниқланади.

Мазкур ўқув қўлланма уч қисмдан иборат бўлиб, биринчи қисмда механизмларни анализ қилиш, иккинчи қисмда механизмларни синтез қилиш масалалари ёритилган. Ҳар бир бўлимда техниканинг турли соҳаларида қўлланиладиган механизмларни тадқиқ этиш ёки лойиҳалашга оид мисоллар келтирилди. Учинчи қисм иш машинасини комплекс тадқиқ этиш ва лойиҳалаш масалаларига бағишланган. Унда пресс машинаси ҳамда рандалаш станогининг механизмлари ва қисмлари конкрет мисол тариқасида тадқиқ этилади. Шунингдек, иш машинаси таркибига кирувчи ричагли, кулачокли ва тишли ғилдиракли механизмлар комплекс равишда геометрия, кинематика, динамика талабларига кўра лойиҳаланади.

Қўлланмада ишлатилган физик катталиклар халқаро бирликлар системаси СИ га мосланди. Параметрлар ГОСТ 16530 — 70; 16531 — 70; 16532 — 70 да қабул қилинган шартли белгилашлар орқали ифодаланди.

Тўпلامни яратишда ундан кундузги бўлим студентлари билан бир қаторда кечки ва сиртқи бўлим ўқувчиларининг фойдаланишлари ҳам назарда тутилди. Қўлланма қўлёзмасини кўриб чиқиб, қимматли маслаҳатлар берганликлари учун ЎзССР ФА ҳақиқий аъзоси, т. ф. д. проф. Х. Ҳ. Усмонхўжаевга, С. Т. Мусаев, доцентлардан Т. А. Абдукаримов, М. Р. Мавлявиев, Р. Х. Қодировга ҳамда ўзларининг баъзи материалларидан фойдаланишга рухсат этганликлари учун Тошкент автомобиль-йўллар институти «Машина ва механизмлар назарияси ҳамда машина деталлари» кафедрасидаги касбдош ўртоқларга муаллиф ўзининг самимий миннатдорчилигини билдиради.

Мазкур ўқув қўлланма ҳақидаги фикр ва таклифларнинг қуйидаги адресга юборилишини илтимос қиламиз: *Тошкент 129, Навоий кўчаси 30. „Ўқитувчи“ нашриётининг умумтехника адабиёти редакцияси.*

## Биринчи қисм

# МЕХАНИЗМЛАРНИҲ ТЕҚШИРИШ

### 1-боб. МЕХАНИЗМЛАРНИНГ ТУЗИЛИШИНИ ТЕҚШИРИШ ВА УЛАРНИНГ ҚЛАССИФИКАЦИЯСИ

#### 1-§. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Инсон томонидан яратилган, унинг жисмоний ва ақлий меҳнاتини енгиллаштириш ҳамда меҳнат унумдорлигини ошириш учун хизмат қиладиган қурилма машина деб аталади. Машина механизмлардан ташкил топади.

Бир ёки бир неча жисм ҳаракатини бошқа жисмларнинг аниқ қонуниятга амал қилувчи ҳаракатига айлантириб берувчи қурилма механизм деб аталади. Механизм звенолардан ташкил топади.

Ягона деталь ёки бир неча деталнинг ўзаро қўзғалмас бирикмаси звено дейилади. Звенолар ўзаро кинематик жуфтлар орқали боғланган бўлади.

Кинематик жуфт деб, икки звенонинг ўзаро нисбий ҳаракатига имкон берадиган боғланишга айтилади. Боғланиш элементлари сирт, чизиқ ёки нуқта бўлиши мумкин.

Боғланиш турига кўра кинематик жуфтлар қуйи ва олий кинематик жуфтларга бўлинади. Агар боғланиш элементи сирт ёки юза бўлса, бундай кинематик жуфт қуйи кинематик жуфт деб аталади. Олий кинематик жуфтларда звеноларнинг ўзаро боғланиши нуқта ёки чизиқ орқали амалга ошган бўлади. Звеноларнинг кинематик жуфтлар орқали боғланган группаси кинематик занжир дейилади. Кинематик занжирлар оддий ва мураккаб, очиқ ва ёпиқ бўлиши мумкин. Оддий кинематик занжирларда ҳар бир звено иккитадан ортиқ кинематик жуфт ҳосил қила олмайди. Мураккаб кинематик занжирда иккитадан ортиқ кинематик жуфт ҳосил қила оладиган звено бўлади. Очиқ кинематик занжирда шундай звено борки у фақат битта кинематик жуфт ҳосил қилган бўлади. Ёпиқ кинематик занжирда эса иккитадан кам кинематик жуфт ҳосил қилган звено бўлмайди. Механизмни ёпиқ кинематик занжирнинг хусусий кўриниши деб қараш мумкин. Чунки унда звеноларнинг бири қўзғалмас қилиб қўтирилган бўлади. Кинематик занжир тушунчасидан фойдаланган ҳолда механизмга таъриф бериш ҳам мумкин:

*механизм шундай ёпиқ кинематик занжирки, ундаги бир ёки бир неча звенога ҳаракат берилганда қолган звенолар аниқ ҳаракат қиладди.*

Ҳаракат қонуни белгиланган звено, одатда, етакчи ёки бош звено дейилади. Юқорида келтирилган таърифга кўра, механизмдаги етакчи звеноларнинг аниқ ҳолати қолган звеноларнинг аниқ ҳолатини белгилайди.

Механизмнинг тузилишини текшириш учун унинг схемасини чизиш кифоя. Механизмни кинематик ва кинетостатик текшириш учун эса унинг кинематик схемаси бўлиши шарт.

Механизм схемаси деб ундаги звенолар ва кинематик жуфтларнинг масштабга риоя қилинмаган ҳолда, шартли белгилашлар орқали график тасвирланишига айтилади. Масштабга риоя қилинган ҳолда қурилган схема кинематик схема деб аталади.

## 2-§. ЗВЕНОЛАР ВА КИНЕМАТИК ЖУФТЛАРНИ ШАРТЛИ БЕЛГИЛАШ

1. Звеноларни белгилаш. 1) Икки кинематик жуфт ҳосил қилувчи ҳаракатланувчи звено (1-шакл, *а*);

2) учта кинематик жуфт ҳосил қилувчи ҳаракатланувчи звено (1-шакл, *б, в*);

3) қўзғалмас звено (1-шакл, *г, д*).

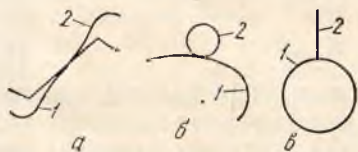
2. Қўйи кинематик жуфтларни белгилаш. 1) Иккита ҳаракатланувчи звенонинг айланма кинематик жуфт ҳосил қилиши (2-шакл, *а*);

2) қўзғалмас ва қўзғалувчан звеноларнинг айланма кинематик жуфт ҳосил қилиши (2-шакл, *б, в*);

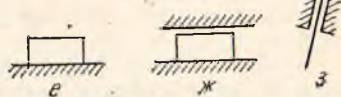
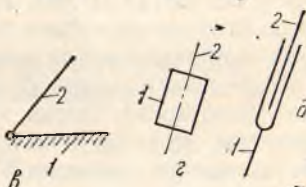
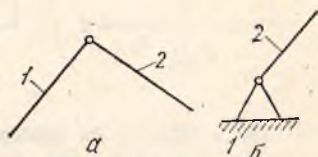
3) қўзғалувчан звеноларнинг илгарилама кинематик жуфт ҳосил қилиши (2-шакл, *г, д*);



1- шакл.



3- шакл.



2- шакл

4) қўзғалувчан ва қўзғалмас звеноларнинг илгарилама кинематик жуфт ҳосил қилиши (2-шакл, *е, ж, з*).

3. Олий кинематик жуфтларни белгилаш.

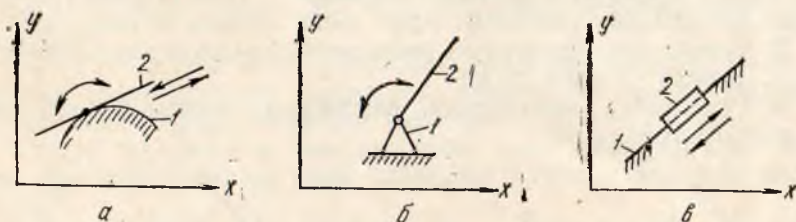
1) тишли ғилдирақларда тишларнинг кинематик боғланиши (3-шакл, *а*);

2) кулачокли механизмларда звеноларнинг кинематик боғланиши (3-шакл, *б, в*).

### 3-§. ТЕКИСЛИКДАГИ МЕХАНИЗМЛАРНИНГ ТУЗИЛИШИНИ ТЕКШИРИШ

Техникада қўлланиладиган механизмлар, асосан, звенолари ўзаро параллел жойлашган текисликларда ҳаракатланувчи механизмлардир. Текисликда жойлашган эркин звенонинг ҳолати учта координата ўлчами билан белгиланади, яъни улар ўзаро перпендикуляр жойлашган координата ўқлари бўйича илгариланма ҳаракатланиши ва текисликка перпендикуляр бўлган ўқ атрофида айланма ҳаракат қилиши мумкин.

Текисликда жойлашган звено бошқа бир звено билан кинематик жуфт орқали боғланса, унинг координата текислигидаги эркинлиги маълум даражада чекланади. 4-шакл, а да звенолар ўзаро нуқта ёки чизиқ орқали боғланган бўлиб, бундай кинематик жуфтлар звенонинг текислик координата системасидаги битта эркинлигини чеклайди. Бундай кинематик жуфтлар шартли равишда олий кинематик жуфтлар дейилади.



4-шакл.

4-шакл, б ва в да звенолар ўзаро текис юзлар ёки эгри сиртлар орқали боғланган бўлиб, бу кинематик жуфтлар звенонинг текислик координата системасидаги иккита эркинлигини чеклайди. Бундай кинематик жуфтлар шартли равишда қуйи кинематик жуфтлар дейилади.

Агар механизм таркибидаги ҳаракатланувчи звенолар сони  $n$ , уларнинг ўзаро ҳосил қилган қуйи кинематик жуфтлари сони  $p_1$  ва олий кинематик жуфтлар сони  $p_2$  қийматларга эга бўлса, механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси  $W$  Чебишевнинг қуйидаги формуласидан аниқланади:

$$W = 3n - 2p_1 - p_2. \quad (1.1)$$

Бу формуладан фойдаланиб аниқланадиган қўзғалувчанлик даражаси  $W$  нинг қиймати механизм барча звеноларининг ҳолатлари ундаги нечта звенонинг ҳолатига боғлиқлигини, яъни механизмнинг нечта етакчи звеноси борлигини кўрсатади.

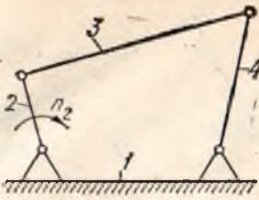
**1-мисол.** Шарнир ричагли 4 звеноли механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси аниқлансин (5 шакл).

**Ечиш:** Қўзғалувчи звенолар сони  $n = 3$ ; қуйи кинематик жуфтлар сони  $p_1 = 4$ ; олий кинематик жуфтлар сони  $p_2 = 0$ .

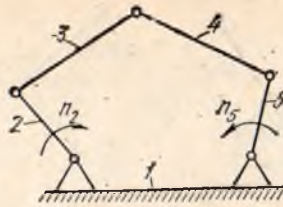
Механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси Чебишев формуласига асосан:

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1.$$

Демак, механизм барча звеноларининг ҳолатлари ундаги битта



5- шакл.



6- шакл.

звенонинг ҳолатига боғлиқ, яъни механизмнинг ягона етакчи звеноси бор.

2- мисол. Шарнир ричагли 5 звеноли механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси аниқлансин (6- шакл).

Ечиш:  $n = 4$ ;  $p_1 = 5$ ;  $p_2 = 0$ .

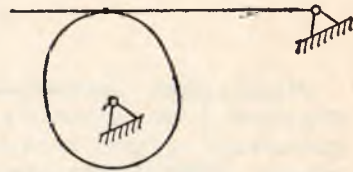
$$W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 5 - 0 = 2.$$

Демак, механизмда иккита етакчи звено бор.

3- мисол. Кулочокли механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси аниқлансин (7- шакл).

Ечиш.  $n = 2$ ;  $p_1 = 2$ ;  $p_2 = 1$  (A нуқта).  
Демак,  $W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 = 1$ .

Механизмнинг етакчи звеноси битта экан.

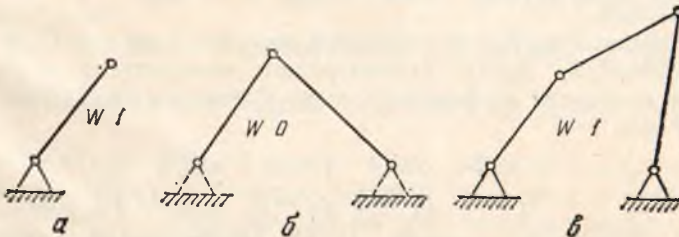


7- шакл.

#### 4- §. ТЕКИС МЕХАНИЗМЛАРНИ ҲОСИЛ ҚИЛИШ. МЕХАНИЗМЛАРНИНГ АССУР—АРТОБОЛЕВСКИЙ КЛАССИФИКАЦИЯСИ

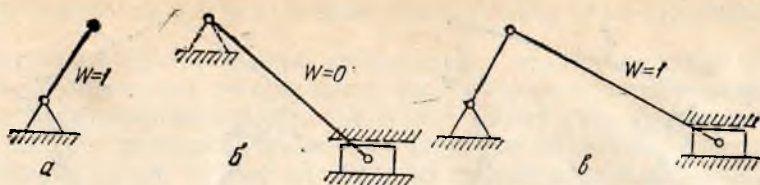
Ҳар қандай механизм асосга ўрнатилган бўлиб, бу асос шартли равишда қўзғалмас звено деб қаралади. Схемаларда қўзғалмас звено штрих чизиқлар билан белгиланади. Қўзғалмас звено ҳамда у билан айланма кинематик жуфт ҳосил қилувчи звенодан ташкил топган система бошланғич механизм дейилади (8- шакл, а). Бундай механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси 1 га тенг, яъни:

$$W = 3n - 2p_1 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1.$$

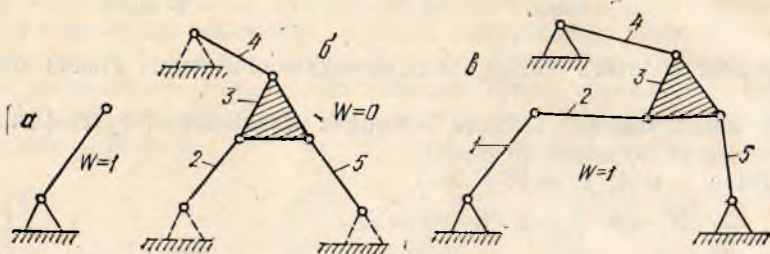


8- шакл.





9- шакл.



10- шакл.

Мураккаброқ механизмлар бошланғич механизмга кинематик занжирларни (звеноларнинг кинематик жуфтлар орқали боғланган туркумларини) қўшиш йўли билан ҳосил қилинади. Қўп звенолардан ташкил топган механизмларнинг қўзғалувчанлик даражаси бошланғич механизмнинг қўзғалувчанлик даражасига тенг бўлиб қолиши учун қўшиладиган кинематик занжирнинг қўзғалмас звено билан ҳосил қиладиган ёпиқ занжирининг қўзғалувчанлик даражаси нолга тенг бўлиши керак. Бундай кинематик занжирлар Ассур группалари дейилади (8-шакл, б; 9-шакл, б; 10-шакл, б).

Юқорида айтилганларга ва келтирилган мисолларга кўра, Ассур группаларининг ҳосил бўлиш шarti қуйидагича:

$$W = 3n - 2p_1 = 0, \quad (1.2)$$

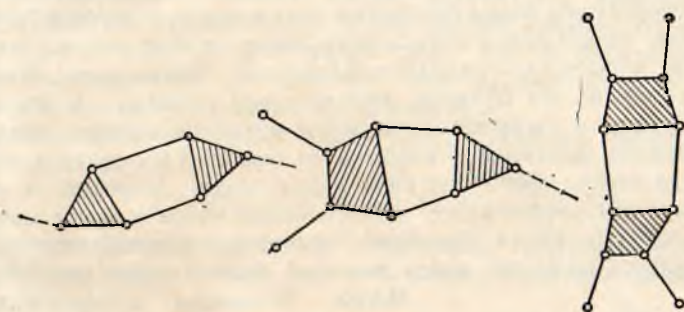
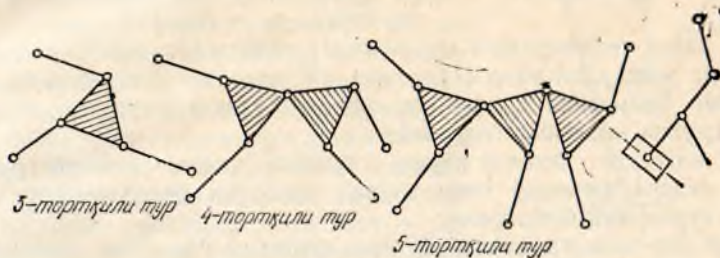
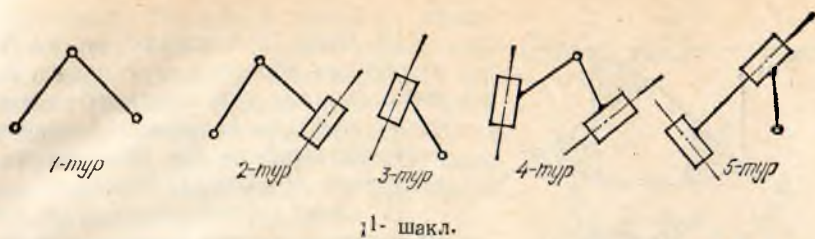
$$\text{бундан } p_1 = \frac{3}{2}n. \quad (1.3)$$

Ассур группалари ричагсимон звенолар ва қўйи кинематик жуфтлардан ташкил топган. Агар механизм таркибида олий кинематик жуфт мавжуд бўлса, у қўйи кинематик жуфтли битта қўшимча звено билан алмаштирилади.

(1.3) ифодадан кўриниб турибдики, звенолар каср сон бўла олмаслик шартига кўра, Ассур группаларидаги звеноларнинг ва унга мос келадиган кинематик жуфтларнинг сони қуйидаги қийматлардан бирига эга бўлади:

$$\begin{array}{cccc} n = 2 & n = 4 & n = 6 & n = 8 \\ p_1 = 3 & p_1 = 6 & p_1 = 9 & p_1 = 12 \text{ ва ҳ. к.} \end{array}$$

Ассур группалари академик И. И. Артоблевский таклиф этган классификация бўйича қуйидаги классларга бўлинади:



I класс. Айланма ҳаракат қилувчи бош звено. У қўзғалмас звено билан қуйи кинематик жуфт ҳосил қилган бўлиши шарт (8-шакл, а).

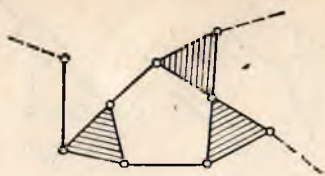
II класс. Икки звенодан ташкил топган группа (11-шакл).

III класс. Таркибида 3 томонли ёпиқ ва очик контури бўлган группа (12-шакл).

IV класс. Таркибида 4 томонли ёпиқ контури бўлган группа (13-шакл).

V класс. Таркибида 5 томонли ёпиқ контурли бўлган группа (14-шакл).

Юқорида кўрсатилган шакллارга кўра, айланма ҳаракат қилувчи бош звено I классга тааллуқлидир (8-шакл, а). II класс группаси учун асосий белги шундан иборатки, группа икки звенодан ташкил топган бўлиб, учта кинематик жуфтга эга, улардан иккитаси ташқи кинематик жуфтлардир (11-шакл).



14- шакл.

V класс группасидаги муҳим белги ундаги беш томонли ёпиқ контурнинг мавжудлигидир (14-шакл). IV классдан бошлаб юқори классларнинг ҳаммасида группа таркибидаги ёпиқ контур томонларининг сони группа классини белгилайди.

III классдан бошлаб юқори тартибли классга мансуб группалар учун ундаги звенолар сони группа классини белгиламайди, балки класс турларини билдиради.

Ҳар бир классга мансуб бўлган группани ўзига хос кинематик ва динамик текшириш усуллари мавжуд бўлиб, бу усулни бошқа классга татбиқ этиб бўлмайди. Демак, механизм тузилишини группаларга ажратиб текширишдан мақсад, уларни кинематик ва динамик текширишда қўлланилиши лозим бўладиган текшириш усулларини белгилашдан иборат. Механизмни группаларга ажратини бош звенога нисбатан энг узоқда жойлашган группадан бошланади. Бунда дастлаб иккинчи класс, бунинг иложи бўлмаса, учинчи класс группаси ажратилади ва ҳоказо. Группани ажратиш натижасида механизм қолган қисмининг қўзғалувчанлик даражаси ўзгармаслиги шарт. Группаларга ажратиш механизмда етакчи звено қолгунча давом этади. Ажратилган группалар орасида энг юқори класс механизмнинг қайси классга мансублигини белгилайди. Шунини ҳам айтиб ўтиш лозимки, механизмнинг классини группаларга ажратиш қайси звенодан бошланишига ҳам боғлиқ.

**Мисол.** 15-шаклда кўрсатилган рандалаш станогини механизми Ассур—Артобелевский бўйича классификация қилинсин.

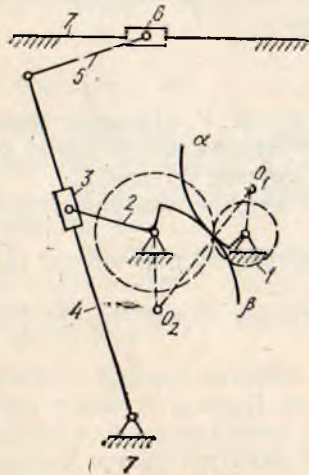
**Ечиш.** I) механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси аниқланади:  $k = 7$ — умумий звенолар сони;  $n = 6$ — ҳаракатланувчи звенолар сони;  $p_1 = 8$ — қуйи кинематик жуфтлар сони;  $p_2 = 1$ — олий кинематик жуфтлар сони.

У ҳолда

$$W = 3n - 2p_1 - p_2 = 3 \cdot 6 - 2 \cdot 8 - 1 = 1.$$

15-шаклга биноан, олий кинематик жуфтни битта (8-нчи) звено ва иккита қуйи ( $O_1$  ва  $O_2$ ) кинематик жуфт билан алмаштирамиз (16-шакл).

Бунинг учун олий кинематик жуфтни ташкил этувчи  $\alpha$  ва  $\beta$  сиртларга умумий



15- шакл.

нормал чизиқ ўтказилади ҳамда шу чизиқда  $\alpha$  ва  $\beta$  сиртларнинг эгрилик марказлари белгиланади. Эгрилик марказларида мос равишда айланма ҳаракат қилувчи қуйи кинематик жуфтларнинг марказлари  $O_1$  ва  $O_2$  кўрсатилади ҳамда улар ўзаро 8-звено (алмаштирувчи звено) орқали туташтирилади (16-шакл).

2) Механизм Ассур группаларига ажратилади. Ассур группаларини ажратиш алмаштирилган механизм устида олиб борилади. 16-шаклдан кўриниб турибдики, етакловчи звенолар сони битта ва у қўзғалмас звено билан қуйи кинематик жуфтни ташкил этади. Механизм звеноларининг ҳаммаси ўзаро қуйи кинематик жуфтлар орқали боғланган. Демак, механизм учун Ассур—Артобольский бўйича классификациясининг ҳамма шартлари бажарилган. Механизмдан аввал 5 ва 6, сўнгра 3 ва 4, энг охирида 2 ва 8 звенолардан ташкил топган, шунингдек, ҳаммаси иккинчи

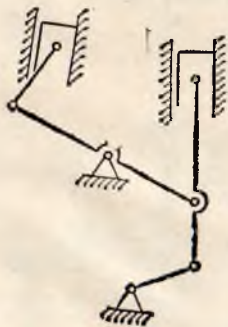
классга мансуб бўлган Ассур группаларини ажратиш оламиз. Ассур группаларига ажратиш олингандан сўнгра қолган звеноларнинг бири етакловчи, иккинчиси эса қўзғалмас звено бўлади. Демак, группаларга ажратиш иши тугалланган ҳисобланади.

3) Механизмнинг классификацияси ҳамда унинг тузилиши формуласи қуйидагича бўлади:

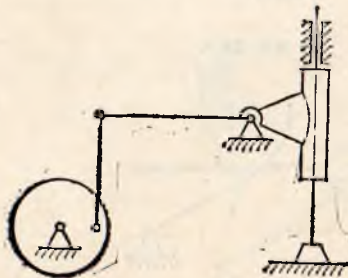
$$I(1, 7) \rightarrow II(8, 2) \rightarrow II(3, 4) \rightarrow II(5, 6).$$

Бундан кўриниб турибдики, механизмни ташкил қилувчи группаларнинг энг юқори классификацияси 2 га тенг, демак, механизм иккинчи классга мансубдир.

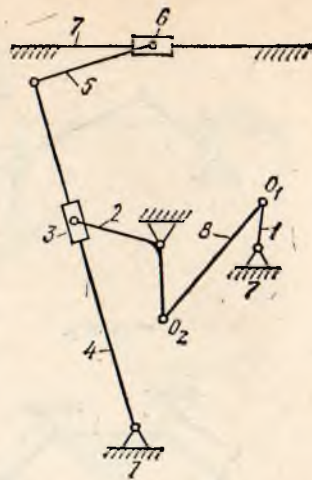
1—24-масалалар. Механизмларнинг қўзғалувчанлик даражасини аниқланг.



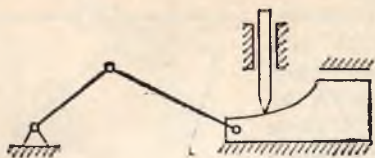
1- масалага.



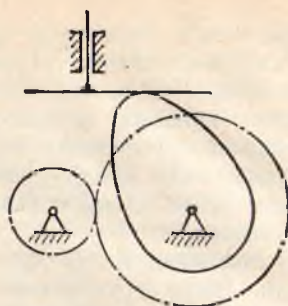
2- масалага.



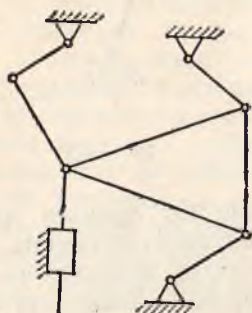
16- шакл.



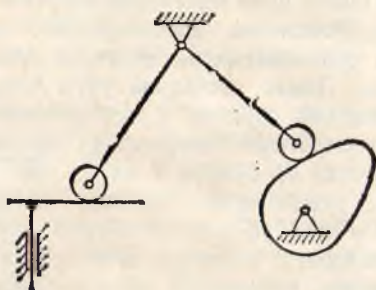
3- масалага.



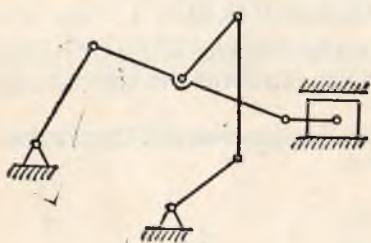
4- масалага.



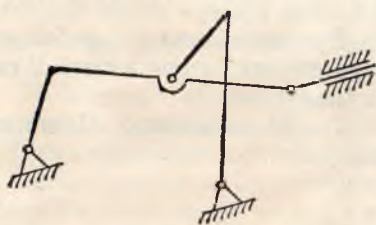
5- масалага.



6- масалага.



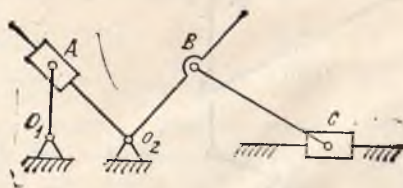
7- масалага.



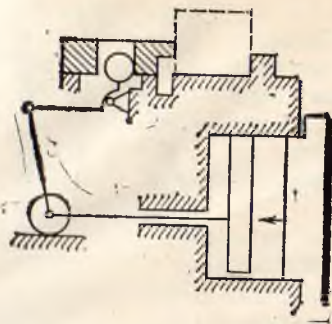
8- масалага.



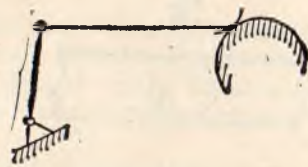
9- масалага.



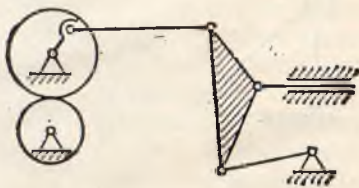
10-масалага.



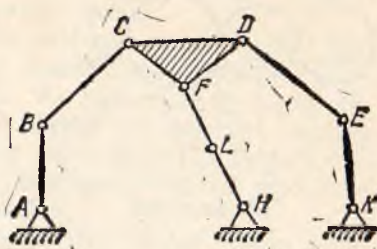
11- масалага.



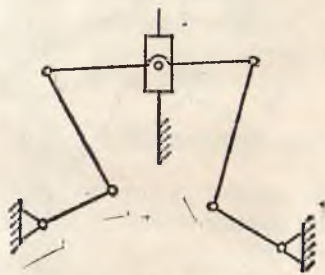
12- масалага.



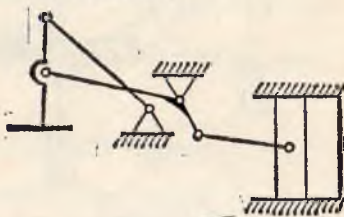
13- масалага.



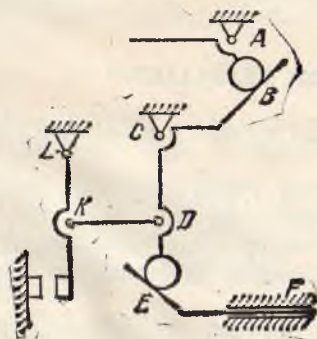
14- масалага.



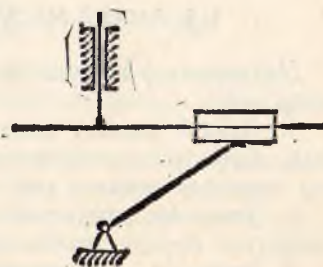
15- масалага.



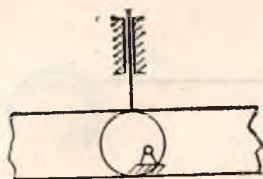
16- масалага.



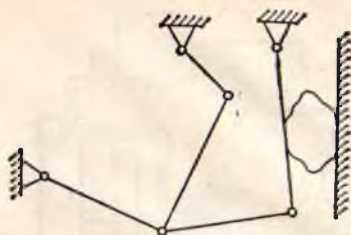
17- масалага.



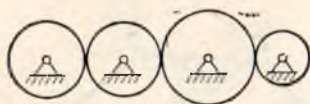
18- масалага



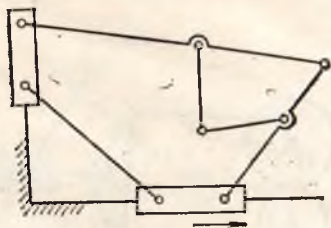
19- масалага.



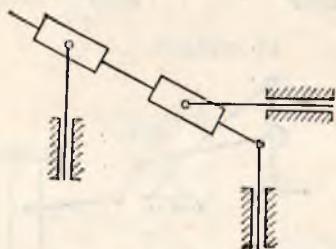
20- масалага.



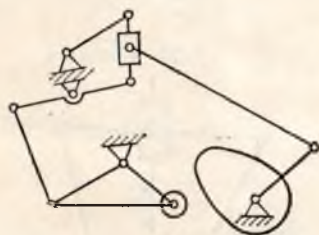
21- масалага.



22- масалага.



23- масалага.



24- масалага.

## 2-боб. РИЧАГЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИНГ КИНЕМАТИКАСИНИ ТЕКШИРИШ

### 1-§. АСОСИЙ МАСАЛАЛАР ВА УМУМИЙ МУЛОҲАЗАЛАР

Механизмлар кинематикасини текширишда қуйидаги масалалар ҳал қилинади:

1. Даврий ҳаракат давомида механизмнинг турли ҳолатлари қурилади, звеноларнинг характерли нуқталари (айланма кинематик жуфтлар, звенолар оғирлик марказлари) нинг траекториялари аниқланади.

2. Звенолар характерли нуқталарининг чизиқли тезликлари ва звеноларнинг бурчак тезликлари аниқланади.

3. Звенолар характерли нуқталарининг чизиқли тезланишлари ва звеноларнинг бурчак тезланишлари аниқланади.

Механизм ҳаракатини кинематик текшириш учун механизм звеноларининг ҳақиқий ўлчамлари ва етакловчи звеноларнинг ҳаракат қонунилари олдиндан аниқланган бўлиши керак.

Кинематик текшириш механизмнинг барқарор ишлаш режимида амалга оширилади ҳамда бош звено— кривошип ўзгармас бурчак тезлик билан айланади деб қаралади. Масалага бундай қараш натижасида кинематик текшириш унча катта бўлмаган хатолик билан керакли натижани беради.

Механизмни кинематик текшириш, ўз навбатида, лойиҳалаш масаласи қанчалик тўғри ҳал қилинганлигини ҳам кўрсатади. Масалан, механизмнинг турли ҳолатини қуриш, характерли нуқталар траекториясини аниқлаш шу механизм ишлаш шароити а қандай кўламни эгаллашини, бошқа механизмлар билан боғланиши қай тарзда бўлиши кераклиги тўғрисида фикр юритишга имкон беради.

Характерли нуқталарнинг тезликларини аниқлаш механизмнинг турли ҳолатлари учун келтирилган инерция моментларини ёки келтирилган массаларни аниқлашга ёрдам беради, ўз навбатида бу катталикларни аниқлашдан механизмга таъсир этувчи кучларнинг даврий ўзгариб туришидан келиб чиқадиган ва бош звено валининг бурчак тезлик ҳаракатидаги ўзгаришларни маълум даражада текислаш учун хизмат қиладиган маховикни ҳисоблаб бўлмайди.

Тезланишлар планидан фойдаланиб звеноларга таъсир этувчи инерция кучлари ва уларнинг моментлари аниқланади, буларни ҳисобга олмай туриб механизмнинг кинематик жуфтларидаги реакция кучларини аниқ ҳисоблаш мумкин эмас.

Механизмни кинематик текширишда график, графоаналитик ва аналитик усуллар қўлланилади.

## 2-§. МЕХАНИЗМНИНГ КИНЕМАТИК СХЕМАСИНИ ЧИЗИШ

Механизмнинг кинематик схемасини чизиш учун унинг схемаси, бош звено координатаси, геометрик ўлчамлари берилган бўлиши керак. Механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси ва тузилиш формуласи аниқлангандан сўнг узунлик масштаби коэффициентидан фойдаланиб, звеноларнинг чизмадаги узунликлари аниқланади. Узунлик масштаби коэффициенти қуйидаги нисбатга кўра аниқланади:

$$\mu_l = \frac{l}{(l)} = \frac{\text{ҳақиқий узунлик}}{\text{чизмадаги узунлик}}$$

Шунинг ҳам айтиб ўтиш лозимки, масштаб коэффициентининг сон қиймати ҳисоблаш учун қулай бўлган яхлит сонлар қаторидан белгилашни тавсия қилинади.

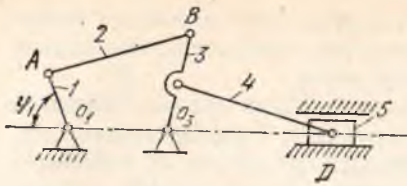
Чизма ўлчамлари аниқлангандан сўнг, механизмнинг кинематик схемаси қуйидаги кетма-кетликда чизилса мақсадга мувофиқ бўлади:

1. Айланма кинематик жуфт ҳосил қилувчи қўзғалмас звенолар тасвирланади.

2. Бош звенолар берилган ҳолатларда чизилади.

3. Қолган звеноларнинг ҳолатлари тузилиш формуласи кетма-кетлиги тартибда чизилади.





17- шакл.

**Мисол.** 17-шаклда тасвирланган схемага кўра ва берилган қийматларга асосан тебранувчи конвейер механизмнинг кинематик схемаси чизилсин. Берилганлар:  $l_{O_1A} = 80$  мм;  $l_{AB} = 160$  мм;  $l_{O_2B} = 120$  мм;  $l_{O_1O_3} = 140$  мм;  $l_{O_3C} = 60$  мм;  $l_{CD} = 180$  мм.

**Ечиш:** Механизмнинг етакловчи звенолари сонини аниқлаш учун Чебишев формуласи (1.1) дан фойдаланамиз.

$$W = 3n - 2p_1 - p_2.$$

Схемага кўра қўзғалувчи звенолар сони  $n = 5$ ; қуйи кинематик жуфтлар сони  $p_1 = 7$  ( $O_1$ ;  $A$ ;  $B$ ;  $C$ ;  $O_3$ ;  $D$ ); олий кинематик жуфтлар сони  $p_2 = 0$ .

У ҳолда  $W = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 1$ .

Демак, механизмнинг ягона бош звеноси бор. Ўз ўқи атрофида тўла айлана оладиган 1 звено (кривошип) ни бош звено деб ҳисоблаймиз. Кривошипнинг  $O_1$  нуқтадан чап томонда ва  $O_1$ ;  $O_3$ ;  $D$  нуқталардан ўтувчи горизонтал чизиқ билан ҳосил қилган бурчаги  $\varphi_1 = 45^\circ$  учун механизмнинг кинематик схемасини чизамиз.

Механизмнинг тузилиш формуласини аниқлаш учун уни Ассур группаларига ажратамиз. У 4 ва 5 звенолардан ҳамда 2 ва 3 звенолардан ташкил топган иккита иккинчи класс группага ва 1 звенодан ташкил топган I класс механизмга (етақловчи звенога) ажралади. Демак, механизмнинг тузилиш формуласи қуйидагича бўлади.

$$I(0, 1) \rightarrow II(2, 3) \rightarrow II(4, 5).$$

Чизма кўламини ҳисобга олиб, чизманинг масштаб коэффициентини белгилаймиз:

$$\mu_l = \frac{l_{AB}}{AB} = \frac{160 \text{ мм}}{40 \text{ мм}} = 4 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}.$$

Звеноларнинг чизма ўлчамларини аниқлаб оламиз:

$$(O_1A) = \frac{l_{O_1A}}{\mu_l} = \frac{80}{4} = 20 \text{ мм};$$

$$(AB) = 40 \text{ мм};$$

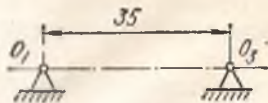
$$(O_2B) = \frac{l_{O_2B}}{\mu_l} = \frac{120}{4} = 30 \text{ мм};$$

$$(O_3C) = \frac{l_{O_3C}}{\mu_l} = \frac{60}{4} = 15 \text{ мм};$$

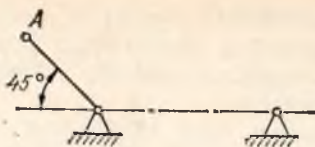
$$(CD) = \frac{l_{CD}}{\mu_l} = \frac{180}{4} = 45 \text{ мм}.$$

1. Дастлаб горизонтал чизиқда ётувчи, 1 ва 3 звенолар билан айланма кинематик жуфтлар ҳосил қилувчи қўзғалмас звенолар белгиланади (18-шакл).

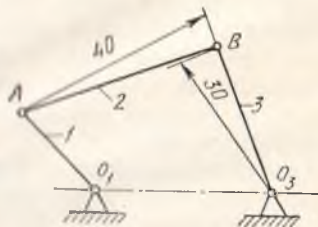
2. Механизмнинг бош звеноси (кривошип) горизонтал ўққа нисбатан чап томонда  $45^\circ$  бурчак остида тасвирланади (19-шакл).



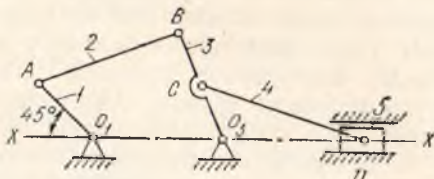
18- шакл.



19- шакл.



20- шакл.



21- шакл.

3. Механизмнинг тузилиш формуласи кетма-кетлиги бўйича кривошипга уланувчи ҳамда иккинчи класс Ассур группасини ташкил этувчи 2 ва 3 звенолар ( $AB = 40$  мм ва  $(O_2B) = 30$  мм ўлчамлар бўйича чизилади. Бунинг учун  $A$  нуқтадан  $(AB) = 40$  мм;  $O_2$  нуқтадан  $(O_2B) = 30$  мм радиуслар бўйича ёйлар чизамиз. Ёйларнинг кесишиш нуқтаси  $B$  ни  $A$  ва  $O_2$  нуқталар билан тўғри чизиқлар орқали туташтириб, 2 ва 3 звенолар ҳолатини кўрсатамиз (20-шакл).

4. Механизмнинг ҳосил бўлган ва тугалланмаган шаклига унга уланувчи кейинги 4 ва 5 звенолардан ташкил топган Ассур группасини қўшамиз (21-шакл). Бунинг учун қўшиладиган группага тегишли кинематик жуфтларнинг геометрик ўрни аниқланади.  $C$  нуқта билан кўрсатилган кинематик жуфт  $O_2B$  звенода ва  $D$  нуқта билан кўрсатилган кинематик жуфт  $O_1$  ва  $O_3$  нуқталардан ўтувчи горизонтал чизиқда ётиши масала шартидан маълум.  $O_2B$  звенонинг  $O_2$  нуқтасидан бошлаб  $(O_2C) = 15$  мм масофада  $C$  нуқта белгиланади. Сўнгра  $C$  нуқтадан  $(CD) = 45$  мм радиус билан ёй чизилиб,  $x-x$  горизонтал чизиқ билан кесишиш нуқтаси  $D$  аниқланади.  $C$  ва  $D$  ни туташтириб 4 звенони қўрамыз.  $D$  нуқтада айланма кинематик жуфт ҳосил қилувчи ползунни ва унинг йўналтирувчисини тасвирлаш билан механизмнинг кинематик схемасини чизиш тугалланади (21-шакл).

### 3-§. МЕХАНИЗМНИНГ ТУРЛИ ҲОЛАТЛАРИНИ ҚУРИШ. НУҚТА ТРАЕКТОРИЯСИНИ АНИҚЛАШ

Мисол тариқасида аксиал кривошип-ползунли механизмнинг турли ҳолатларини қуриш ва шатунга тегишли нуқта траекториясини аниқлашни кўриб чиқамиз. Бунинг учун қуйидаги ишлар бажарилади (22-шакл).

1. Чизма кўламини ҳисобга олган ҳолда узунлик масштаби  $\mu_l$  белгиланади ва звенолар геометрик ўлчамларининг чизма қийматлари аниқланади.

2. Механизмнинг кинематик схемаси чизилади.
3. Қривошипга, айнаи вақтда шатунга ҳам тегишли бўлган  $A$  нуқта-нинг траекторияси қурилади.  $U$  радиуси кривошип узунлигига тенг бўлган айланадир.
4. Айланани тенг 12 бўлакка бўлиб, кривошипнинг бир-бирига нисбатан  $30^\circ$  бурчак ҳосил қилувчи 12 ҳолати қурилади.
5. Циркуль ёрдамида шатун узунлигига тенг радиус билан, айланадаги кривошип  $A$  нуқтасининг турли ҳолатларини марказ қилиб олиб, цилиндр ўқида жойлашувчи шатуннинг иккинчи учи бўлган  $B$  нуқта-нинг турли ҳолатларини белгилаш мақсадида, ёй бўлакчалари ўтказилади. Белгиланган нуқталар ползунга тегишли  $B$  нуқтанинг ҳам турли ҳолатлари бўлади. Айланадаги ва цилиндр ўқидаги мос нуқталарни ўзаро туташтириб, шатуннинг 12 ҳолати қурилади.
6.  $S$  нуқтанинг ҳолатлари шатун чизмаларида белгиланади ва улар лекало ёрдамида равои туташтирилади.

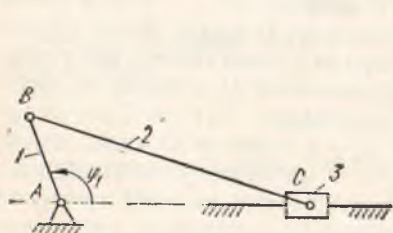
### 25 — 29- масалалар.

(механизмларнинг ҳолатини қуриш)

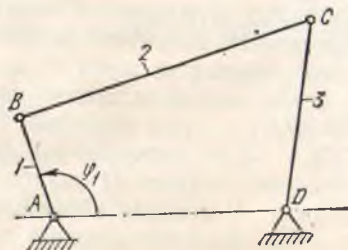
25. Берилган қийматлар  $l_{AB} = 40$  мм,  $l_{BC} = 100$  мм га кўра кривошип-ползунли механизмнинг ҳолати  $\varphi_1 = 150^\circ$  учун қурилсин.

26. Берилган қийматлар  $l_{AB} = 30$  мм,  $l_{BC} = 80$  мм,  $l_{AD} = 70$  мм,  $l_{CD} = 80$  мм га кўра шарнирли тўрт звеноли механизмнинг ҳолати  $\varphi_1 = 60^\circ$  учун қурилсин.

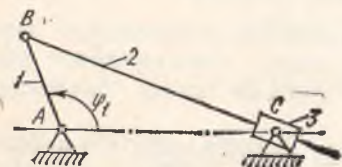
27. Берилган қийматлар  $l_{AB} = 25$  мм,  $l_{AC} = 75$  мм га кўра ползуни тебранма ҳаракат қилувчи кривошипли механизмнинг ҳолати  $\varphi_1 = 45^\circ$  учун қурилсин.



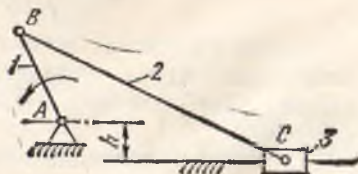
25- масалага.



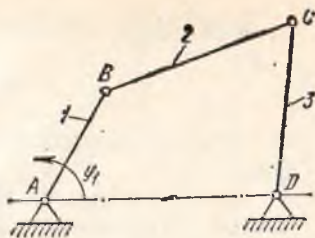
26- масалага.



27- масалага.



28- масалага.



29- масалага.

28. Берилган қийматлар  $l_{AB} = 50$  мм,  $l_{BC} = 120$  мм,  $h = 20$  мм га кўра дезакциал кривошип-ползунли механизмнинг кинематик схемаси ползунининг икки четки ҳолати учун чизилсин.

29. Берилган қийматлар  $l_{AB} = 30$  мм,  $l_{BC} = l_{AD} = 80$  мм,  $l_{CD} = 70$  мм га кўра шарнирли тўрт звеноли механизмнинг икки четки ҳолати қурилсин.

#### 4-§. МЕХАНИЗМ КИНЕМАТИКАСИНИ ДИАГРАММАЛАР УСУЛИ БИЛАН ТЕКШИРИШ

Механизм таркибига кирувчи алоҳида звено кинематикасини текширишда диаграммалар қуриш усулидан фойдаланиш мумкин. Бунда текшириладиган звенонинг кинематик параметрлари вақтнинг ёки етакловчи звено бурилиш бурчагининг функцияси деб қаралади, яъни илгарилама ҳаракат қилувчи звенолар учун

$$s = s(t, \varphi); \quad v = v(t, \varphi); \quad a = a(t, \varphi);$$

айланма ҳаракат қилувчи звенолар учун

$$\beta = \beta(t, \varphi); \quad \omega = \omega(t, \varphi); \quad \varepsilon = \varepsilon(t, \varphi).$$

Қурилган кинематик диаграммалар юқорида кўрсатилган функцияларнинг график тасвири бўлади. Звено кинематик диаграммасининг бирор кўриниши қурилган бўлса, қолган диаграммалар график дифференциаллаш ёки график интеграллаш усулларидан фойдаланиб келтириб чиқарилиши мумкин. Агар йўл диаграммасидан тезлик диаграммаси, тезлик диаграммасидан тезланиш диаграммаси ҳосил қилинса, диаграммаларнинг бундай кетма-кетликда ҳосил қилиниши график дифференциаллаш дейилади. Агар диаграммалар ҳосил қилишда тескари кетма-кетликка амал қилинса, бу усул график интеграллаш усули дейилади. График дифференциаллашнинг ватарлар, уринмалар ва орттирмалар усули бор. Ватарлар усули анча қулай ва етарли аниқликни таъминлагани учун механизмларни кинематик текширишда кўпроқ фойдаланилади. Механизм диаграммалар усулида унинг даврий ҳаракати давомида текширилади.

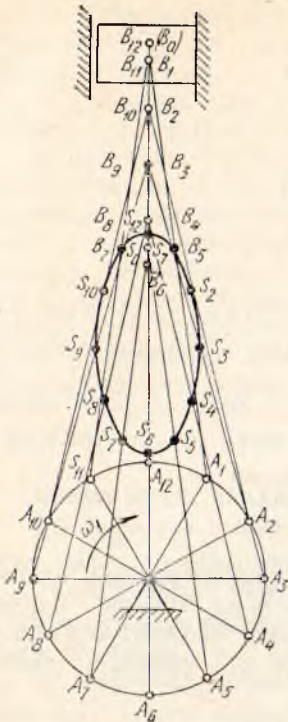
Механизм ҳаракатининг даври деб шундаё вақт оралиғига айтингладики, бунда звеноларнинг ҳолати, тезлиги, тезланиши дастлабки ҳолатдаги қийматларни такрорлайди. Давр мобайнида кривошип ўз ўқи атрофида тўла айланади.

Давр вақти қуйидагича ифодаланади:

$$T = \frac{2\pi}{\omega},$$

бу ерда  $\omega$  кривошипнинг бурчак тезлиги, (рад /с.)

Мисол тариқасида кривошип-ползунли механизм ползунининг кинематикасини ватарлар усулидан фойдаланиб текширамыз (22-шакл). Ползунга тегишли  $B$  нуқтанинг вақтга ёки кривошип бурилиш бурчагига боғлиқ диаграммасини қуриш учун қабул қилинган координата системасининг абсцисса ўқида кесма ажрагиб, уни тенг ўн икки бўлакка бўламыз (23-шакл, а). Ҳар бир бўлак оралиғи даврнинг  $1/12$  бўлагини ёки кривошипнинг  $30^\circ$  га бурилишини кўрсатади. Ҳар бир белгиланган нуқтадан тик чизиқлар ўтказиб, шу чизиқларга ползуннинг дастлабки ҳолатига нисбатан босиб ўтган ўлчамлари  $B_0B_1: B_0B_2: B_0B_3 \dots$  ни келтириб қўямыз. Ўлчамларнинг охирали равон эгри чизиқ билан лекало ёрдамида туташтирилиб, йўл диаграммаси ҳосил қилинади. Йўл диаграммасидан тезлик диаграммасини ҳосил қилиш учун тезликнинг дифференциал тенгламасини эслаймыз:



22- шакл.

$$v = \frac{ds}{dt},$$

$dS, dt$  лар тегишлича  $\Delta S$  ва  $\Delta t$  билан алмаштирилса, маълум вақт оралиғидаги ўртача тезлик аниқланади:

$$v_{\text{ср}} \approx \frac{\Delta S}{\Delta t},$$

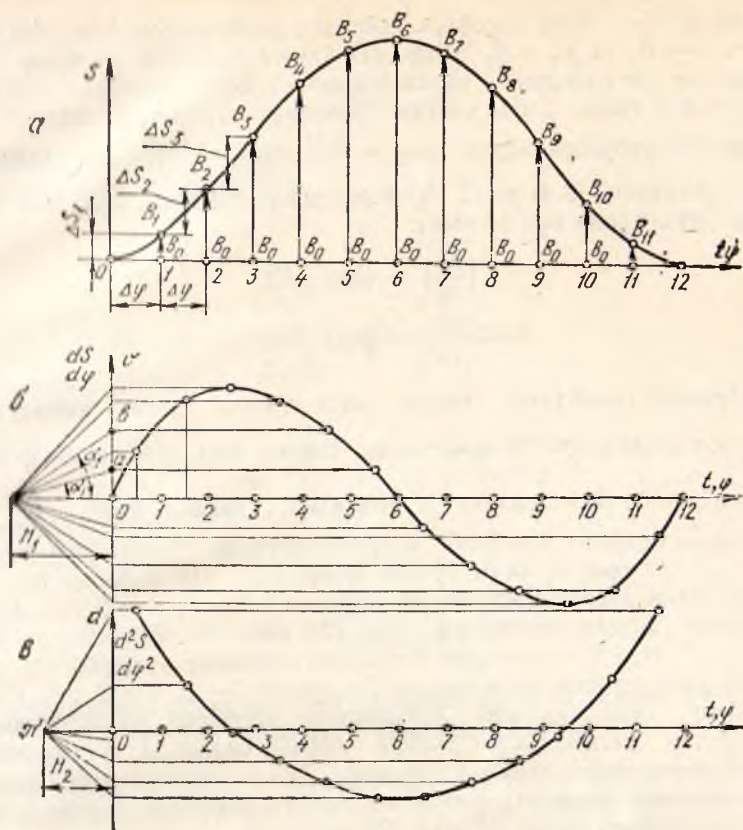
бу ерда  $\Delta S$  — йўл орттирмаси,  $\Delta t$  — вақт орттирмасидир. Агар юқоридаги формула  $\Delta\varphi$  га кўпайтирилса ва бўлинса, қуйидаги ҳосил бўлади:

$$v_{\text{ср}} \approx \frac{\Delta S}{\Delta\varphi} \cdot \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \approx \frac{\Delta S}{\Delta\varphi} \cdot \omega_{\text{ср}},$$

бу ерда  $\Delta\varphi$  — кривошипнинг икки қўшни ҳолати орасидаги бурилиш бурчаги;  $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \approx \omega_{\text{ср}}$  — кривошипнинг ўртача бурчак тезлиги;  $\frac{\Delta S}{\Delta\varphi}$  — тезлик аналоги.

Тезлик ва тезлик аналоглари ўзаро ўзгармас сон орқали боғланганлиги сабабли тезлик аналогининг диаграммасини ҳосил қилишни кўриб чиқамиз. 23-шакл, а дан

$$\frac{\Delta S}{\Delta\varphi} = \frac{(\Delta S) \cdot \mu_\varphi}{(\Delta\varphi) \cdot \mu_\varphi},$$



23- шакл.

бу ерда  $(\Delta S)$ ,  $(\Delta \varphi)$  — йўл ва бурилиш бурчагининг чизмадаги ифодалари. Шу шаклдан 0—1 оралиқда ўртача тезлик аналогни қиймати:

$$\left(\frac{\Delta S}{\Delta \varphi}\right)_1 = \frac{(\Delta S)_1 \cdot \mu_s}{(\Delta \varphi) \cdot \mu_\varphi} = \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \frac{\mu_s}{\mu_\varphi} \quad (2.1)$$

1—2 оралиқда тезлик аналогининг ўртача қиймати:

$$\left(\frac{\Delta S}{\Delta \varphi}\right)_2 = \frac{(\Delta S)_2 \cdot \mu_s}{(\Delta \varphi) \cdot \mu_\varphi} = \operatorname{tg} \alpha_2 \cdot \frac{\mu_s}{\mu_\varphi} \quad (2.1')$$

бу ерда  $\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{(\Delta S)_1}{(\Delta \varphi)}$ ;  $\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{(\Delta S)_2}{(\Delta \varphi)}$ .

$\mu_s \mu_\varphi$  ўғармас коэффициентлар бўлгани учун тезлик аналоглари ва демак, тезликлар  $\operatorname{tg} \alpha_i$  га пропорционал экан.

Тезлик графигини  $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha(\varphi)$  графиги тарзида қуриш ноқулай. Шу сабабли  $\frac{dS}{d\varphi}$ ;  $\varphi$  координата системаси абсцисса ўқининг чап томонида 0 нуқтадан  $(\rho) = H_1$  масофада кесма оламыз (23-шакл, б).

$(\rho\sigma) = H_1$  — қутб масофаси дейилади.  $\rho$  нуқтадан  $S - S(\varphi)$  графикадаги  $o - B_1$  ва  $B_1 - B_2$  ватар чизиқларга параллел чизиқлар ўтказамиз ва  $ra, r\sigma$  нурларни ҳосил қиламиз. Бу нурларнинг  $(\rho\sigma) = H_1$  қутб чизиғи билан ҳосил қилган бурчаклари  $\alpha_1$  ва  $\alpha_2$  бўлади. У ҳолда  $ora$  ва  $or\sigma$  учбурчаклардан  $\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{(o_1a)}{H_1}$ ;  $\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{(o_1\sigma)}{H_1}$  ва ҳоказолар ҳосил қилинади. (2.1) ва (2.1') формулалардаги  $\operatorname{tg} \alpha_1$ ;  $\operatorname{tg} \alpha_2$  лар ўрнига унинг янги ифодасини қўямиз:

$$\left(\frac{\Delta S}{\Delta \varphi}\right)_1 = (o_1a) \frac{\mu_s}{H_1 \mu_\varphi} \quad (2.2)$$

$$\left(\frac{\Delta S}{\Delta \varphi}\right)_2 = (o_1\sigma) \frac{\mu_s}{H_1 \mu_\varphi} \quad (2.2')$$

Қўриниб турибдики, тезлик аналогининг ҳамма қийматларида  $\frac{\mu_s}{H_1 \mu_\varphi}$  сон қийматлари ўзгармас экан. Демак,  $(oa)$ ;  $(o\sigma)$  кесмалар тезлик

аналогларининг ёки тезликнинг чизмадаги қийматларидир.  $\frac{\mu_s}{H_1 \cdot \mu_\varphi}$  тезлик аналогларининг масштаб коэффициентидир.  $(o_1a)$ ,  $(o_1\sigma)$  кесмалар  $0, 1, \dots, 12$  оралиқ учун ўртача тезликдир. Шу сабабли бу кесмаларни тезлик диаграммасининг  $\theta, \varphi$  ўқидаги  $0 - 1, 1 - 2, \dots, 11 - 12$  сралиқлар ўртасига келтириш керак. (23-шакл, б). Бунинг учун  $0 - 1, 1 - 2, \dots, 11 - 12$  оралиқлар ўртасидан вертикал чизиқлар  $a, \sigma, \dots$  нуқталардан горизонтал чизиқлар ўтказилиб  $0 - 1, 1 - 2, \dots, 11 - 12$  оралиқлар учун тезликни ифодаловчи кесмалар ҳосил қилинади. Аниқлашган кесмаларнинг учлари лекало ёрдамида туташтирилиб, тезлик диаграммаси ҳосил қилинади. Тезлик диаграммаси юқорида баён этилган усулда яна бир марта график дифференциалланса, тезлиш диаграммаси ҳосил бўлади (23-шакл, в)

Диаграммалар учун масштаблар. Йўл масштаби:

$$\mu_s = \frac{S}{(S)} \left[ \frac{\text{мм}}{\text{мм}} \right]$$

$S$  — йўлнинг энг катта ҳақиқий қиймати;  $(S)$  — йўлнинг чизмадаги энг катта қиймати.

Градусда ифодаланган бурчак масштаби:

$$\mu_\varphi^0 = \frac{\varphi}{(\varphi)} \left[ \frac{\text{град}}{\text{мм}} \right],$$

радианда ифодаланган бурчак масштаби:

$$\mu_\varphi = \mu_\varphi^0 \frac{\pi}{180^\circ} \left[ \frac{\text{рад}}{\text{мм}} \right].$$

$\varphi = 360^\circ$  — кривошипнинг тўлиқ айланиш бурчаги;  $(\varphi)$  — бурилиш бурчагининг чизмадаги ифодаси.

Вақт масштаби:

$$\mu_t = \frac{60}{n(\varphi)} \left[ \frac{\text{с}}{\text{мм}} \right].$$

Тезлик аналогии масштаби:

$$\mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \frac{\mu_s}{H_1 \mu_\varphi} \left[ \frac{\text{мм}}{\text{мм}} \right],$$

бу ерда  $H_1$  — қутб масофаси.

Ҳақиқий тезлик масштаби:

$$\mu_v = \frac{\mu_{\frac{ds}{d\varphi}} \cdot \omega}{1000} \left[ \frac{\text{м/с}}{\text{мм}} \right],$$

$\omega$   $\left[ \frac{\text{рад}}{\text{с}} \right]$  — кривошипнинг ўртача бурчак тезлиги.

Тезланиш аналогии масштаби:

$$\mu_{\frac{d^2s}{d\varphi^2}} = \frac{\mu_{\frac{ds}{d\varphi}}}{H_2 \cdot \mu_\varphi} = \frac{\mu_s}{H_1 H_2 \cdot \mu_\varphi^2} \left[ \frac{\text{мм}}{\text{мм}} \right],$$

$H_2$  — тезланишнинг қутб масофаси.

Ҳақиқий тезланиш масштаби:

$$\mu_a = \frac{\mu_{\frac{d^2s}{d\varphi^2}} \cdot \omega^2}{1000} \left[ \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}} \right].$$

#### 5-§. РИЧАГЛИ МЕХАНИЗМ КИНЕМАТИКАСИНИ ҚУТБҲИЙ ТЕЗЛИК ВА ҚУТБҲИЙ ТЕЗЛАНИШ ПЛАНЛАРИ ЕРДАМИДА ТЕКШИРИШ

Механизмни кинематик текширишдан олдин назарий механиканинг кинематика қисмида ўрганиладиган қуйидаги умумий ҳолларни эсга олиш лозим.

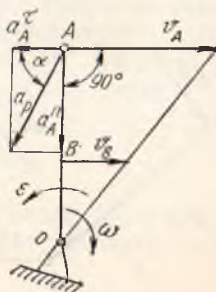
1. Ҳаракатдаги нуқтанинг қўзғалмас звенодаги нуқтага нисбатан аниқланадиган тезлиги ва тезланиши абсолют, шу нуқтанинг ҳаракатдаги, яъни ўзи ҳам маълум тезлик ва тезланишга эга бўлган бошқа бир нуқтага нисбатан аниқланадиган тезлик ва тезланиши нисбий дейилади.

2. Илгарилама ҳаракатланувчи звенодаги нуқталар тезликларининг йўналишлари ўзаро параллел бўлиб, қийматлари бир хил бўлади. Бу ҳол тезланишга ҳам тааллуқли.

3. Қўзғалмас ўқ атрофида айланма ҳаракат қилувчи звенога тегишли нуқталарнинг тезликлари шу нуқталарни айланиш ўқи билан туташтирувчи тўғри чизиққа тик йўналган бўлиб, қийматлари қуйидаги формуладан аниқланади (24-шакл):

$$v_A = \omega \cdot l_{OA},$$

бунда  $\omega$  — звенонинг бурчак тезлиги;  $l_{OA}$  —  $A$  нуқтадан айланиш ўқигача бўлган масофа.



24-шакл.



Нуқталарнинг тезланишлари эс нормал ва тангенциал ташкил этувчилардан иборат:

$$\vec{a}_A = \vec{a}_A^n + \vec{a}_A^{\tau} \quad (2.3)$$

Звенога тегишли нуқтанинг нормал тезланиши айланиш марказига йўналган бўлиб, унинг қиймати қуйидагича аниқланади (24-шакл):

$$a_A^n = \omega^2 \cdot l_{OA} = \frac{v_{AO}^2}{l_{OA}} \quad (2.4)$$

Звенога тегишли нуқтанинг тангенциал тезланиши эса бурчак тезланиш йўналиши томонга, шу нуқтани айланиш ўқи билан тугаши-тирувчи тўғри чизиққа (нормал тезланиш векторига) тик йўналади. Унинг қиймати:

$$a_A^{\tau} = \varepsilon l_{OA} \quad (2.5)$$

бунда  $\varepsilon$  — звенонинг бурчак тезланиши.

Тезланишнинг абсолют қиймати:

$$a_A = l_{OA} \sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2} \quad (2.6)$$

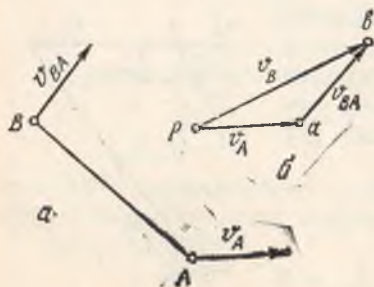
Абсолют тезланиш векторининг звенодаги оғиш бурчаги:

$$\alpha = \arctg \frac{\varepsilon}{\omega^2} \quad (2.7)$$

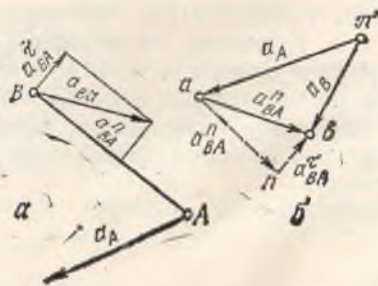
4. Звенога тегишли бирор  $A$  нуқтанинг абсолют тезлиги ёки тезланиши ҳамда шу звенога тегишли бошқа бир  $B$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан нисбий тезлиги ёки тезланиш векторлари қиймат ва йўналиши бўйича маълум бўлса (25, 26-шакллар),  $B$  нуқтанинг абсолют тезлиги ёки тезланиш векторлари қуйидаги вектор тенгламалардан фойдаланиб қутбий тезлик ва қутбий тезланиш планларини қуриш йўли билан аниқланади:

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA} \quad (2.8)$$

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA} \quad \text{ёки} \quad \vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^{\tau} \quad (2.9)$$



25- шакл.



26- шакл.

5. Айланма кинематик жуфтдаги нуқталар турли звеноларга тегишли бўлса, уларнинг боғланиш нуқталари тезликлари ва тезланишлари бир хил қийматга ва йўналишга эга бўлади (27-шакл):

$$\vec{v}_{A_1} = \vec{v}_{A_2}; \vec{a}_{A_1} = \vec{a}_{A_2}$$



27-шакл.

6.  $A$  нуқта ўзаро илгариланма кинематик жуфт ҳосил қилувчи иккала звенога тегишли бўлиб, улар мураккаб ҳаракатда иштирок этади (28-шакл, а). Биринчи звенога тегишли  $A_1$  нуқтанинг тезлик ҳамда тезланиши қиймат ва йўналиши бўйича маълум. Иккинчи звенога тегишли  $A_2$  нуқтанинг биринчи звенога тегишли  $A_1$  нуқтага нисбатан ҳаракатидаги тезлик ва тезланиш қиймат ва йўналиш бўйича маълум. У ҳолда  $A_2$  нуқтанинг абсолют ҳаракатидаги тезлик ва тезланиш (28-шакл, б, в) қуйидаги вектор тенглама бўйича аниқланади:

$$\vec{v}_{A_2} = \vec{v}_{A_1} + \vec{v}_{A_2A_1}; \vec{a}_{A_2} = \vec{a}_{A_1} + \vec{a}_{A_2A_1}^k + \vec{a}_{A_2A_1}^t$$

$\vec{a}_{A_2A_1}^k$  — звеноларнинг бурчак тезлиги таъсирида вужудга келадиган Кориолис тезланиши, унинг қиймати қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\vec{a}_{A_2A_1}^k = 2 \omega \cdot \vec{v}_{A_2A_1} \quad (2.10)$$

бу ерда  $\omega$  — звеноларнинг бурчак тезлиги.

Кориолис тезланишининг йўналишини аниқлаш учун нисбий тезлик вектори  $\vec{v}_{A_2A_1}$  ни бурчак тезлик йўналиши томонга  $90^\circ$  буриш керак.

## 6-§. АЙЛАНМА КИНЕМАТИК ЖУФТЛИ ИККИНЧИ КЛАСС АССУР ГРУППАСИ УЧУН ТЕЗЛИК ВА ТЕЗЛАНИШЛАРНИ АНИҚЛАШ

Группага тегишли  $A$  ва  $C$  нуқталар тезликлари ҳамда тезланишларининг қийматлари ва йўналишлари 29-шакл, а да кўрсатилган. Маълумки, звенога тегишли икки нуқтанинг абсолют тезлиги ва тезланишининг қийматларини ҳамда уларнинг йўналишларини аниқлаш шу звено учун кинематика масаласининг асосан ҳал қилинганини билдиради. Ҳар иккала звенода ётувчи  $B$  нуқтанинг тезлик ва тезланишини аниқлаш учун вектор тенгламалар системасини тузиб, улар ёрдамида масштабларга асосланган қутбий тезликлар (29-шакл, б) ва қутбий тезланишлар (29-шакл, в) планларини қуриш керак.

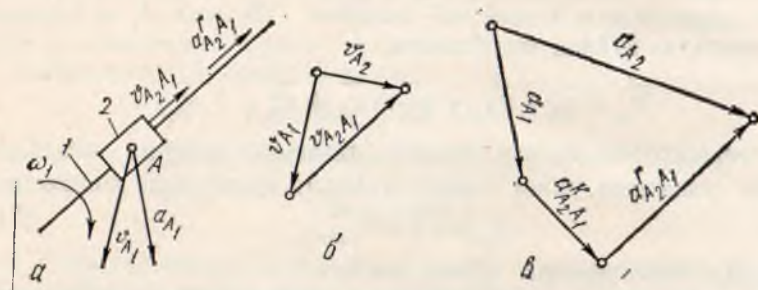
### 1. Қутбий тезликлар плавини қуриш

Қиймати ва йўналиши номаълум бўлган  $B$  нуқтанинг (29-шакл, а) тезлигини (8) тенгламага асосан қуйидаги ташкил ётувчилардан иборат деб қараймиз.

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}$$

яъни,  $B$  нуқтанинг тезлик вектори  $2$  звенонинг илгарилама ҳаракати натижасида вужудга келадиган абсолют тезлик вектори  $\vec{v}_A$  дан ҳамда  $B$  нуқтанинг,  $A$  нуқта қўзғалмас деб фараз қилиш натижасида вужудга келадиган, нисбий тезлик вектори  $\vec{v}_{BA}$  нинг йиғиндисидан иборат.  $B$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан нисбий тезлик вектори  $AB$  звенога перпендикуляр йўналади ва унинг қиймати ҳамда қайси томонга йўналиши номаълум. Юқорида баён этилган мулоҳазаларга асосан, шунингдек,  $B$  нуқтанинг  $C$  нуқтага боғлиқ бўлган вектор тенгламаси тузилади ва тенгламалар системаси ҳосил қилинади:

$$\begin{cases} \vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}, \\ \vec{v}_B = \vec{v}_C + \vec{v}_{BC}. \end{cases} \quad (2.11)$$



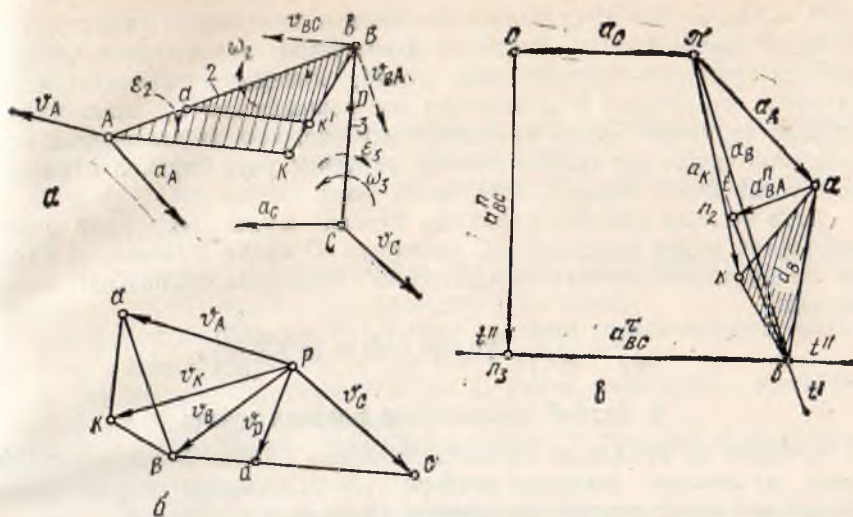
28- шакл.

Тенгламалар системасининг график ечимини ҳосил қилиш учун  $P$  қутбни танлаб, шу қутбда  $\vec{v}_A$  ва  $\vec{v}_C$  векторларнинг масштабдаги кесмаларини қўямиз. (29- шакл, б).  $\vec{v}_A$  вектор охиридан  $AB$  звенога тик бўлган ҳамда  $\vec{v}_C$  вектор охиридан  $BC$  звенога тик бўлган чизиқлар ўтказамиз, уларнинг кесишиш нуқтаси  $b$  дан абсолют тезлик векторлари  $\vec{v}_A$  ва  $\vec{v}_C$  нинг охирларини кўрсатувчи  $a$  ва  $c$  нуқталаргача бўлган кесмалари мос равишда  $B$  нуқтанинг  $A$  ҳамда  $C$  нуқталарга нисбатан нисбий тезлик векторларини билдиради. Топилган нуқтани  $p$  қутб билан туташтирувчи чизиқ  $B$  нуқтанинг абсолют тезлигини кўрсатади. Қурилган тезлик планидаги абсолют ва нисбий тезлик векторларининг ўзаро ҳолатларига қараб тенгламалар системаси (2.11) нинг тўла ҳал қилинганлигига ишонч ҳосил қилиш қийин эмас. Тезликларнинг сони қийматларини аниқлаш учун уларнинг кесма ифодаларини тезлик масштабига кўпайтириш лозим.

$$v_B = \overline{pb} \cdot \mu_v [\text{м/с}]$$

$$v_{BA} = \overline{ba} \cdot \mu_v [\text{м/с}]$$

$$v_{BC} = \overline{bc} \cdot \mu_v [\text{м/с}].$$



29- шакл.

Звенолар бурчак тезликларининг қийматлари қуйидагича аниқланади:

$$\omega_2 = \frac{v_{BA}}{l_{AB}} \text{ [рад/с]; } \omega_3 = \frac{v_{BC}}{l_{BC}} \text{ [рад/с].}$$

Бурчак тезлик йўналишини аниқлаш учун нисбий тезлик векторини ҳаёдан звенонинг мос нуқтасига келтириб, шу нуқтанинг бошқа нуқтага звенонинг мос нуқтасига келтириб, шу нуқтанинг бошқа нуқтага нисбатан ҳаракати текширилади. Чизмадан кўринадики, 2 звено ўнг томонга, 3-звено чап томонга айланади (29-шакл, а).

2 звенога тегишли  $K$  нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун шу нуқтанинг  $A$  ва  $B$  нуқталарга боғлиқ бўлган тенгламалар системаси тузилади:

$$\begin{aligned} \vec{v}_K &= \vec{v}_A + \vec{v}_{KA}, \\ \vec{v}_K &= \vec{v}_B + \vec{v}_{KB}. \end{aligned} \quad (2.12)$$

Тенгламалардаги  $\vec{v}_{KA}$  ва  $\vec{v}_{KB}$  лар  $K$  нуқтанинг  $A$  ва  $B$  нуқталар атрофида айланишдан ҳосил бўладиган нисбий тезликлари. Шунинг учун  $\vec{v}_{KA} \perp AK$  ва  $\vec{v}_{KB} \perp BK$  бўлади. Агар  $\vec{v}_{BA} \perp AB$  эканлиги ҳам ҳисобга олинса ва тенгламалар системаси график усулда ечилса, у ҳолда тезлик планида  $a, b, k$  нуқталарни туташтирувчи томонлари  $\vec{v}_{BA}, \vec{v}_{KA}, \vec{v}_{KB}$  нисбий тезлик векторларини ифодалайдиган  $\Delta avk$  ҳосил бўлади. Бу учбурчакнинг томонлари схемадаги  $\Delta ABK$  томонларига мос равишда тик бўлганлиги сабабли, улар ўхшаш учбурчаклардир. Юқорида айтилганларга кўра, агар звенодан ташқарида кўрсатилган ва шу звенога тегишли бўлган нуқтанинг тезлигини топиш зарур бўлса, у ҳолда бу нуқта звенодаги тезликлари аниқланган иккита нуқта билан тўғри чизиқлар орқали туташтирилади ва шу звенода учбурчак қури-

лади. Сўнгра тезлик планидаги тезликлари аниқланган икки нуқта абсолют тезлик векторларининг охирини ўзаро туташтирувчи чизиқни (нисбий тезлик векторини) томон қилиб, кинематик схемада ҳосил қилинган учбурчакка ён томонлари мос равишда тик йўналган ўхшаш учбурак қурилади. Бунда бурчакларнинг учларини белгилайдиган белгиларнинг жойлашув тартиби иккала учбурчак учун бир хил йўналишда бўлиши керак, яъни  $\Delta ABK \sim \Delta авк$ .

Агар тезлиги аниқланиши лозим бўлган нуқта звенонинг ўзида жойлашган бўлса (масалан,  $BC$  чизиқдаги  $D$  нуқта, 29-шакл,  $a$ ) у ҳолда бу нуқтанинг тезлиги кесмаларнинг пропорционалтигидан аниқланади:

$$\frac{(ad)}{(ec)} = \frac{(BD)}{(BC)}, \text{ бундан: } (ad) = (ec) \cdot \frac{(BD)}{(BC)}.$$

## 2. Кутбий тезланишлар планини қуриш

Қиймати ва йўналиши аниқланиши лозим бўлган  $B$  нуқтанинг (29-шакл,  $a$ ) абсолют тезланиш вектори қуйидаги ташкил этувчилардан иборат деб қараб, вектор тенгламалар системасини тузамиз:

$$\begin{aligned} \vec{a}_B &= \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^{\tau} \\ \vec{a}_B &= \vec{a}_C + \vec{a}_{BC}^n + \vec{a}_{BC}^{\tau} \end{aligned} \quad (2.13)$$

$\vec{a}_A$ ,  $\vec{a}_C$   $B$  нуқтанинг звено фақат илгариланган ҳаракат қилади деб қаралгандаги тезланиш векторлари:  $\vec{a}_{BA}^n$ ,  $\vec{a}_{BC}^n$ ,  $\vec{a}_{BA}^{\tau}$ ,  $\vec{a}_{BC}^{\tau}$  лар  $B$  нуқта  $A$  ёки  $C$  нуқта атрофида фақат айланма ҳаракат қилади деб қаралгандаги нормал ва тангенциал тезланиш векторлари.

$a_A$ ,  $a_C$  тезланишларнинг қийматлари ва йўналишлари олдиндан берилган.  $a_{BA}^n$ ,  $a_{BC}^n$  тезланишларнинг йўналишлари мос равишда айланма марказлари  $A$  ёки  $C$  нуқталарга интилган бўлиб, қийматлари аналитик усулда (24) тенгламага кўра қуйидагича аниқланади:

$$\begin{aligned} a_{BA}^n &= \frac{v_{BA}^2}{l_{AB}} = \frac{(ae)^2 \cdot \mu^2}{v} \quad [\text{м/с}^2] \\ a_{BC}^n &= \frac{v_{BC}^2}{l_{BC}} = \frac{(ce)^2 \cdot \mu^2}{v} \quad [\text{м/с}^2]. \end{aligned}$$

$a_{BA}^{\tau}$ ,  $a_{BC}^{\tau}$  тезланишларнинг йўналиши мос равишда  $AB$  ва  $BC$  звеноларга тик йўналган бўлиб, қийматлари ва қайси томонга йўналганлиги маълум эмас.  $B$  нуқта абсолют тезланишининг сон қийматини, шунингдек, нисбий тезланишлар ва бурчак тезланишларнинг сон қиймати ва йўналишини аниқлаш учун вектор тенгламалар системаси (2.13) дан фойдаланиб тезланишлар плани қурилади. Бунинг учун чизма текислигида бирор тезланиш кутби  $\pi$  ни белгилаймиз. Шу нуқтадан, тенгламалар системаси (2.13) га кўра, биринчи тенгламанинг вектор чизма ифодасини, сўнгра иккинчи тенгламанинг чизма ифодасини қурамиз. Бунда чизма кўлами ҳисобга олинган ҳолда тезланиш масштаби танланади ва сон қийматлари аниқланган тез-

ланиш тарнинг чизма узунликлари белгиланади (29-шакл,  $\theta$ ). Тезланишлар планини қуриш тартиби қуйидагича: (тенгламалар системаси (2.13) нинг биринчи тенгламасидаги векторларнинг жойлашув тартибига кўра:

1) тезланиш қутби нуқтаси  $\pi$  дан  $A$  нуқта тезланиш векторини ифодаловчи кесма ( $\pi a$ ) чизилади (29-шакл,  $\theta$ );

2)  $a$  нуқтадан нормал тезланиш вектори  $\vec{a}_{BA}^n$  ни ифодаловчи ( $a_{n_2}$ ) кесма белгиланади;

3)  $n_2$  нуқтадан  $\vec{a}_{BA}^t$  тангенциал тезланиш векторининг жойлашув чизиги  $t'-t'$   $AB$  звенога тик равишда ўтказилади.

Тенгламалар системаси (2.13) нинг иккинчи тенгламасидаги векторларнинг кетма-кет жойлашув тартибига кўра:

1) тезланиш қутби нуқтаси  $\pi$  дан  $C$  нуқта тезланиш векторини ифодаловчи кесма ( $\pi c$ ) чизилади;

2)  $C$  нуқтадан нормал тезланиш вектори  $\vec{a}_{BC}^n$  ни ифодаловчи ( $c_{n_3}$ ) кесма белгиланади;

3)  $n_3$  нуқтадан  $\vec{a}_{BC}^t$  тангенциал тезланиш векторининг жойлашув чизиги  $t'-t''$  звено  $AC$  га тик равишда ўтказилади.

$t'-t'$  ва  $t''-t''$  чизиқларнинг ўзаро кесишуви натижасида тенгламалар системаси график усулда ҳал қилинган ҳисобланади.

Кесишиш нуқтаси  $\theta$  ни қутб  $\pi$  билан туташтирувчи чизиқ ( $\pi\theta$ )  $B$  нуқтанинг абсолют тезланишидир.

( $n_2\theta$ ), ( $n_3\theta$ ) кесмалар  $\vec{a}_{BA}^t$ ,  $\vec{a}_{BC}^t$  тангенциал тезланиш векторларини ифодалайди.

Тенгламалар системаси (2.13) даги тенгламаларнинг биргаликда аниқ ечимга эга бўлганлигига ишонч ҳосил қилиш учун қуйидагига эътибор бериш керак:

$\vec{a}_B$  векторни ифодалайдиган ( $\pi\theta$ ) кесма биринчи тенгламадаги

$\vec{a}_A$ ,  $\vec{a}_{BA}^n$ ,  $\vec{a}_{AB}^t$  векторларни ифодалайдиган ( $\pi a$ ), ( $a_{n_2}$ ), ( $n_2\theta$ ) кесмаларнинг

ёпувчисидир. Шу билан бирга ( $\pi\theta$ ) кесма иккинчи тенгламадаги  $\vec{a}_C$ ,

$\vec{a}_{BC}^n$ ,  $\vec{a}_{BC}^t$  векторларни ифодалайдиган ( $\pi c$ ), ( $c_{n_3}$ ), ( $n_3\theta$ ) кесмаларнинг ёпувчиси бўлади.

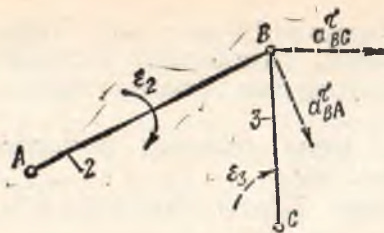
Бурчак тезланиш йўналишларини нисбий тангенциал тезланишлар векторлари йўналишлари белгилайди, шуни назарда тутиб звеноларнинг бурчак тезланиш йўналишларини қуйидагича аниқлаймиз.

$\vec{a}_{BA}^t$  ва  $\vec{a}_{BC}^t$  векторларни схемадаги  $B$  нуқтага хаёлан кўчираемиз.

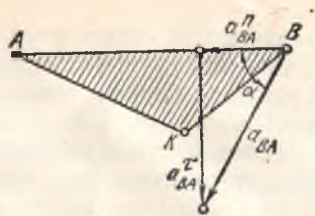
Келтирилган векторларнинг  $A$  ва  $C$  нуқталарга нисбатан йўналишлари бурчак тезланиш йўналишларини билдиради (30-шакл). Тезланишларнинг ҳақиқий қийматларини аниқлаш учун тезланиш планидаги кесма узунликлари олдиндан белгиланган тезланиш масштабига кўпайтирилиши керак, яъни:

$$a_B = (\pi\theta) : \mu_a \text{ [м/с}^2\text{]}$$

$$a_{BA} = (a\theta) \cdot \mu_a \text{ [м/с}^2\text{]}$$



30- шакл.



31- шакл.

$$a_{BC} = (C\theta) \cdot \mu_a \quad [M/c_2]$$

$$a_{BA}^\tau = (n_2\theta) \cdot \mu_a \quad [M/c^2]$$

$$a_{BC}^\tau = (n_3\theta) \cdot \mu_a \quad [M/c^2].$$

Бурчак тезланиш қийматлари қуйидагича аниқланади:

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^\tau}{l_{AB}} = \frac{(n_2\theta) \cdot \mu_a}{(AB) \mu_e} \quad [\text{рад}/c^2]$$

$$\varepsilon_3 = \frac{a_{BC}}{l_{BC}} = \frac{(n_3\theta)}{(BC)} \cdot \frac{\mu_a}{\mu_l} \quad [\text{рад}/c^2].$$

2) звенога тегишли  $K$  нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун шу нуқтанинг звенодаги тезланишлари аввал аниқланган икки нуқта  $A$  ва  $B$  га боғлиқ бўлган вектор тенгламалар системаси тузилади ва улар юқорида баён этилган йўл билан график усулда ҳал қилинади (29-шакл, а);

$$\begin{aligned} \vec{a}_K &= \vec{a}_A + \vec{a}_{KA}^n + \vec{a}_{KA}^\tau \\ \vec{a}_K &= \vec{a}_B + \vec{a}_{KB}^n + \vec{a}_{KB}^\tau \end{aligned}$$

Бироқ  $K$  нуқтанинг тезланишини ўхшаш учбурчак қуриш усулидан фойдаланиб топиш анча қулайдир. Бундай усулнинг тўғрилигига ишонч ҳосил қилиш учун шу нарсага эътибор бериш керакки, звенодаги исталган нуқтанинг бошқа бир исталган нуқтага nisбий тезланиш вектори шу нуқталарни бирлаштирувчи тўғри чизиқларга nisбатан бир хил катталиқдаги бурчакда жойлашган бўлади (31-шакл).  $a_{BA}$  nisбий тезланиш векторининг  $AB$  чизиққа nisбатан оғиш бурчаги формула (2.7) га кўра аниқланади:

$$\alpha = \text{arctg} \frac{\varepsilon}{\omega^2};$$

бурчак тезланиш  $\varepsilon$  ва бурчак тезлик  $\omega$  звенода ётувчи исталган чизиқ учун умумий бўлгани сабабли, нуқталарнинг ўзаро nisбий тезланишлари шу нуқталарни туташтирувчи чизиққа nisбатан бир хил томонга қия жойлашган бўлади.

Демак, звенога тегишли  $A$ ,  $B$ ,  $K$  нуқталарнинг тезланиш планидаги абсолют тезланиш векторлари учлари бўлган  $a, b, k$  нуқталарни ўзаро туташтирилиши натижасида ҳосил бўлган ва томонлари nisбий

тезланиш векторларини ифодалайдиган учбурчак (29-шакл, в) звенодаги  $A, B, K$  нуқталарини туташтирувчи учбурчакка (29-шакл, а) ўхшаш бўлиши керак. Бунда тезланиш планидаги  $\Delta avk$  схемадаги  $\Delta AAK$  га нисбатан формула (2.7) га асосан бирор  $\alpha$  бурчакка бурилган бўлади.

Тезланиш планидаги  $\Delta avk$  ни ҳосил қилиш учун пландаги  $(av)$  кесма схемадаги  $AB$  звенога қўйилади (29-шакл, а) ундаги  $a$  ва  $v$  нуқталардан  $AK$  ва  $BK$  томонларга параллел чизиқлар ўтказилади ва уларнинг кесишиш нуқтаси  $K^1$  ҳосил қилинади. Ҳосил бўлган  $\Delta ak^1v \sim \Delta AKB$  бўлади. Шу учбурчакни чизма текислигидан ажратмаган ҳолда тезланиш планига кўчирамиз. Бунинг учун тезланиш планиданги  $a$  ва  $v$  нуқталардан радиуслари  $ak^1$  ва  $vk^1$  га тенг бўлган ёллар чизилиб, уларнинг кесишиш нуқтаси  $k$  аниқланади. Шуни ҳам айтиб ўтиш керакки,  $k$  нуқтани тезланиш планидаги  $(av)$  чизиқнинг иккала томонида ҳам топиш мумкин. Тезланиш планида тўғри ҳосил қилинган учбурчак учларини белгилайдиган ҳарфларнинг ёзилиш кетма-кетлиги билан бир хил бўлади.

## 7-§. ИЛГАРИЛАНМА ВА АЙЛАНМА КИНЕМАТИК ЖУФТЛИ ИККИНЧИ КЛАСС АССУР ГРУППАСИ УЧУН ТЕЗЛИК ВА ТЕЗЛАНИШЛАРНИ АНИҚЛАШ

### 1. Тезликлар планини қуриш

Группага тегишли  $A$  нуқтанинг тезлик ва тезланиш векторларининг қийматлари ва йўналишлари маълум (32-шакл, а). Шунингдек, 4-звенога тегишли  $B_1$  нуқтанинг ҳам тезлик ва тезланиш векторларининг қиймат ва йўналишлари маълум бўлиб, шу звенонинг бурчак тезлиги ва бурчак тезланиш қийматлари ҳамда йўналишлари берилган.

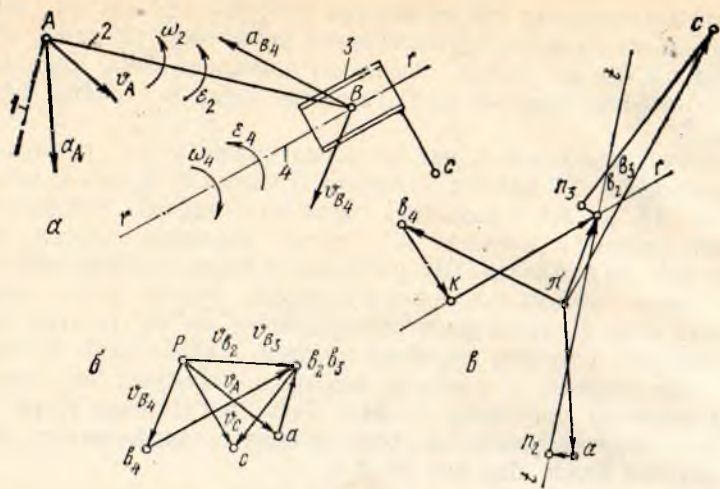
2 ва 3 звеноларга тегишли  $B_2, B_3$  ва  $C$  нуқталарнинг тезлик ва тезланишларини, шунингдек, 2-звенонинг бурчак тезлик ва бурчак тезланишлари қиймат ҳамда йўналишларини аниқлаш талаб қилинади.

$B_3$  нуқта тезлигини аниқлаш учун вектор тенгламалар системаси қуйидагича ёзилади:

$$\left. \begin{aligned} \vec{v}_{B_2} &= \vec{v}_A + \vec{v}_{B_2A} \\ \vec{v}_{B_3} &= \vec{v}_{B_4} + \vec{v}_{B_3B} \end{aligned} \right\} \quad (2.14)$$

Тенгламалар системасидаги  $\vec{v}_A$  ва  $\vec{v}_{B_4}$  2 звенога тегишли  $A$  нуқтанинг ва 4 звенога тегишли  $B_4$  нуқтанинг олдиндан маълум бўлган тезлик векторлари;  $\vec{v}_{B_2A}$  2-звенога тегишли  $B_2$  нуқтанинг  $A$  нуқта атрофида айланма ҳаракати натижасидаги нисбий тезлик вектори бўлиб унинг йўналиши  $AB$  звенога тик бўлади;  $\vec{v}_{B_2} = \vec{v}_{B_3}$  чунки  $B_2$  ва  $B_3$  нуқталар айланма кинематик жуптга тегишли;  $\vec{v}_{B_3B_4}$  3 звенонинг 4 звенога нисбатан илгарилама ҳаракатидаги тезлик векторидир. У 4 звено ўқ чизиги бўйича йўналган. Қутбий тезликлар планини қуриш йўли билан номаълум тезликларни аниқлаш қуйидаги кетма-кетликда амалга оширилади.





32- шакл.

1) Кинематик схемага яқин жойда, чизма кўлами ҳисобга олинган ҳолда, қутб нуқтаси  $P$  танланади (32-шакл, б).  $P$  нуқтадан бошлаб қиймат ва йўналишлари олдиндан берилган тезлик векторлари  $\vec{v}_A$  ва  $\vec{v}_{B_4}$  лар маълум  $\mu_v$  тезлик масштабида олиб қўйилади.

2) Тенгламалар системаси (2. 14) нинг биринчи тенгламасига кўра,  $\vec{v}_A$  тезлик векторининг охири  $a$  нуқтадан  $\vec{v}_{BA}$  тезлик вектори жойлашуви лозим бўлган чизи — звено  $AB$  га тик равишда ўтказилади.

3) Тенгламалар системаси (2. 14) нинг иккинчи тенгламасига кўра  $\vec{v}_{B_4}$  тезлик векторининг охири  $b_4$  нуқтадан нисбий тезлик вектори  $\vec{v}_{B_3B_4}$  жойлашуви лозим бўлган чизиқ—звено 4 га параллел равишда ўтказилади. Ўтказилган чизиқларнинг кесишиш нуқтаси тезлик планида (32-шакл, б)  $v_2$  ва  $v_3$  билан белгиланган. Шу нуқтани қутб  $P$  билан туташтирувчи чизиқ  $B_2$  ва  $B_3$  нуқталарнинг абсолют тезлик векторлари бўлади.  $v_2$  нуқтани  $a$  нуқта билан туташтирувчи ( $a v_2$ ) кесма 2 звено  $B$  нуқтасининг  $A$  нуқтасига бўлган нисбий тезлик вектори  $\vec{v}_{B_2A}$  ни ифодалайди.  $v_3$  ни  $v_4$  билан туташтирувчи ( $v_3 v_4$ ) кесма 3-звенога тегишли  $B_3$  нуқтанинг 4-звенога тегишли  $B_4$  нуқтага нисбатан тезлик вектори  $\vec{v}_{B_3B_4}$  ни ифодалайди. Тезлик планидаги абсолют ва нисбий тезлик векторларининг ўзаро жойлашувига қараб, тенгламалар системаси (2. 14) нинг тўғри ечилганлигига ишонч ҳосил қилиш мумкин.

Масштабдан фойдаланиб тезликларнинг ҳақиқий қийматлари аниқланади:

$$v_{B_2} = v_{B_3} = (p b_2) \cdot \mu_v \quad [\text{м/с}]$$

$$v_{B_2A} = (a b_2) \mu_v \quad [\text{м/с}]$$

$$v_{B_4B_3} = (b_4 b_3) \mu_v \quad [\text{м/с}].$$

2-звенонинг бурчак тезлиги:

$$\omega_2 = \frac{v_{BA}}{l_{AB}} \quad [\text{рад/с}].$$

2-звенонинг бурчак тезлик йўналиши  $\vec{v}_{BA}$  векторни звенонинг  $B$  нуқта-сига ҳаёлан кўчириб аниқланади.

Схемадан 3-звенонинг бурчак тезлиги 4-звенонинг бурчак тезлиги-га тенглигига ишонч ҳосил қилиш қийин эмас:  $\omega_3 = \omega_4$ .

3-звенога тегишли  $C$  нуқтанинг тезлигини топиш учун вектор тенг-лама тузилади:

$$\vec{v}_C = \vec{v}_{B_3} + \vec{v}_{CB_3}.$$

$v_{CB_3}$  —  $C$  нуқтанинг  $B_3$  нуқта атрофидаги айланма ҳаракати натижасида ҳосил бўладиган нисбий тезлиги бўлиб, унинг қиймати қуйидагича аниқ-ланади:

$$v_{CB_3} = \omega_3 \cdot l_{B_3C}.$$

Нисбий тезлик вектори схемадаги  $CB$  пунктир чизиққа тик жойлашган бўлиб,  $\omega_3$  бўйича йўналган.

Тезлик планида  $C$  нуқтанинг абсолют тезлик векторини ҳосил қилиш учун  $\vec{v}_{B_2}$  абсолют тезлик векторининг охирини ифодаловчи  $v_3$  нуқтадан (32-шакл, б) схемадаги  $CB$  пунктир чизиққа тик чизиқ ўтказиб,  $\omega_3$  йў-налишида  $\vec{v}_{CB_3}$  векторининг  $\mu_v$  тезлик масштабига кўра аниқланган чизма узунлиги қўйилади.  $\vec{v}_{CB_3}$  векторнинг охири  $c$  нуқтани қутб  $p$  билан туташтирувчи  $pc$  кесма  $C$  нуқтасининг абсолют тезлик векто-ри  $\vec{v}_C$  ни ифодалайди.

## 2. Тезланишлар планини қуриш

$B_2$  нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун вектор тенгламалар систе-маси қуйидагича тузилади:

$$\begin{aligned} \vec{a}_{B_2}^n &= \vec{a}_A + \vec{a}_{B_2A}^n + \vec{a}_{B_2A}^t \\ \vec{a}_{B_3} &= \vec{a}_{B_4} + \vec{a}_{B_3B_4}^c + \vec{a}_{B_3B_4}^t \end{aligned} \quad (2.15)$$

Маълумки,  $B_2$  ва  $B_3$  нуқталар айланма кинематик жуфтга тегишли нуқта-лар бўлганлиги учун уларнинг тезланиш векторлари ўзаро тенг бўлади:  $\vec{a}_{B_2} = \vec{a}_{B_3}$ . Тенгламалардаги  $\vec{a}_A$  ва  $\vec{a}_{B_4}$  тезланиш векторларининг қиймат ва йўналишлари олдиндан берилган.  $\vec{a}_{B_2A}^n$  — 2-звенодаги  $B_2$  нуқтанинг

А нуқта атрофидаги айланма ҳаракати натижасида вужудга келадиган нормал тезланиш; ( $a_{B_2A}^r$ —2-звонинг бурчак тезланиши натижасида вужудга келадиган тангенциал тезланиши;  $a_{B_2B_4}^k$ —илгарилма кинематик жуфтнинг айланма ҳаракати натижасида вужудга келадиган звонларнинг нисбий Кориолис—бурилма тезланиши;  $a_{B_2B_4}^r$ —3-звонинг 4-звено бўйлаб илгариланма ҳаракати натижасида вужудга келадиган бўйлама (релятив) тезланиши. Нормал тезланиш вектори  $\vec{a}_{B_2A}^n$  нинг модул қиймати қуйидаги формуладан аниқланади:

$$a_{B_2A}^n = \frac{v_{B_2A}^2}{l_{AB}} = \frac{(a\theta_2)^2 \cdot \mu_v^2}{l_{AB}} \left[ \text{м/с}^2 \right];$$

( $a\theta_2$ )—тезликлар планидаги кесма узунлиги. Кориолис тезланиши вектори  $\vec{a}_{B_2B_4}^k$  нинг скаляр қиймати формула (2.10) га биноан аниқланади:

$$a_{B_2B_4}^k = 2 \cdot \omega_4 \cdot v_{B_2B_4} = 2 \cdot \omega_4 \cdot (\theta_3 \theta_4) \cdot \mu_v \left[ \text{м/с}^2 \right].$$

( $\theta_4 \theta_3$ )—тезликлар планидаги кесма узунлиги (32-шакл, б).

$\vec{a}_{B_2A}^r$ —тезланиш вектори  $AB$  звенога тик равишда жойлашган бўлиб, қиймати ва қайси томонга йўналганлиги маълум эмас. Бўйлама тезланиш вектори  $\vec{a}_{B_2B_4}^r$  4-звено бўйича йўналган бўлиб, қиймати ва қайси томонга йўналганлиги маълум эмас.

$B_2$  ( $B_3$ ) нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун тезланиш масштаби  $\mu_a$  танланиб, қиймат ва йўналишлари олдиндан берилган чизиқли тезланиш векторлари  $\vec{a}_A$ ,  $\vec{a}_{B_2A}^n$ ,  $\vec{a}_{B_2A}^r$ ,  $\vec{a}_{B_2B_4}^k$  ларнинг чизма узунликлари аниқланади. Чизма текислигида танланган тезланиш қутби  $\pi$  дан бошлаб, аввал тенгламалар системаси (2.15) га тегишли биринчи тенгламага, сўнгра иккинчи тенгламага тегишли қийматлари аниқланган ҳадларнинг чизма ифодалари қурилади.

Тезланиш планини қуриш қуйидаги кетма-кетликда амалга оширилади.

Тенгламалар системаси (2.15) нинг биринчи тенгламасидаги тезланиш векторларининг кетма-кет жойлашув тартибига кўра:

1) тезланиш қутби  $\pi$  дан  $A$  нуқтанинг тезланиш вектори  $\vec{a}_A$  нинг чизма ифодаси ( $la$ ) қурилади (32-шакл, в);

2) қурилган  $\vec{a}_A$  векторининг охирини ифодаловчи  $d$  нуқтадан  $\vec{a}_{BA}^n$  ни ифодаловчи ( $an_2$ ) кесма  $AB$  звенога параллел қилиб  $B$  нуқтадан  $A$  нуқтага йўналтирилган ҳолда чизилади;

3)  $n_2$  нуқтадан  $\vec{a}_{BA}^r$ —тангенциал векторининг жойлашув  $t-t$  чизиги  $AB$  звенога ( $an_2$ ) кесмага) тик равишда ўтказилади. Сўнгра тенгламалар системаси (2.15) нинг иккинчи тенгламасидаги векторларнинг кетма-кет жойлашув тартибига кўра:

1) тезланиш қутби  $\pi$  нуқтадан  $B_4$  нуқтанинг абсолют тезланиш вектори  $\vec{a}_{B_4}$  нинг чизма ифодаси ( $\pi b_4$ ) чизилади;

2) ( $\pi \theta_4$ ) кесма охири  $\theta_4$  нуқтадан Кориолис тезланиш вектори  $\vec{a}_{B_2B_4}^k$

нинг чизма ифодаси ( $b_4k$ ) олиб қўйилади. Кориолис тезланишининг йўналиши нисбий тезлик вектори  $\vec{v}_{B_3B_4}$  ни ифодаловчи ( $\theta_3\theta_4$ ) кесмани 32-шакл б, а) 4-звено бурчак тезлиги  $\omega_4$  йўналиши бўйича  $90^\circ$  га айланиш орқали аниқланади;

3) нисбий Кориолис тезланиш вектори охири  $k$  нуқтадан бўйлама тезланиш вектори  $\vec{a}_{B_3B_4}^r$  нинг  $r-r$  таъсир чизиғи 4-звенога параллел равишда ўтказилади.

$t-t$  ва  $r-r$  чизиқларнинг ўзаро кесишуви натижасида ҳосил бўлган  $\theta_3(\theta_4)$  нуқта тенгламалар системасининг график усулда ҳал қилинганлигини кўрсатади.  $\theta_3$  нуқтани қутб  $\pi$  билан туташтирилиши натижасида ҳосил бўлган ( $\pi\theta_3$ ) кесма  $B_3$  (ёки  $B_2$ ) нуқтанинг абсолют тезланиш вектори  $a_{B_3}$  (ёки  $a\theta_2$ ) ни билдиради. Тезланишлар планидаги ( $n_2a_2$ ) тезланиш вектори  $\vec{a}_{B_2A}^r$  ни, ( $k\theta_3$ ) тезланиш вектори  $a_{B_3B_4}^r$  ни ифодалайди.

Тенгламалар системаси (2.15) нинг тўғри ечилганлигига ишонч ҳосил қилиш учун шу нарсага эътибор берамиз. 32-шакл, в га кўра  $\vec{a}_{B_2}$  ни ифодалайдиган ( $\pi\theta_2$ ) кесма  $\vec{a}_A, \vec{a}_{B_2A}^n, \vec{a}_{B_2A}^r$  векторларни ифодалайдиган ( $\pi a$ ), ( $\pi n_2$ ), ( $n_2\theta_2$ ) кесмаларнинг ёпувчисидир.  $\vec{a}_{B_3}$  векторни ифодалайдиган ( $\pi a_3$ ) кесма  $\vec{a}_{B_3}, \vec{a}_{B_3B_4}^n, \vec{a}_{B_3B_4}^r$  векторларни ифодалайдиган ( $\pi\theta_4$ ), ( $\theta_4k$ ), ( $k\theta_3$ ) кесмаларнинг геометрик йиғиндисидир,

Нисбий тангенциал тезланиш вектори  $\vec{a}_{B_2A}^r$  ни хаёлан 2-звенонинг  $B$  нуқтасига параллел равишда келтириб, унинг  $A$  нуқтага нисбатан йўналишини текшириш орқали 2-звенонинг бурчак тезланиши йўналишини аниқлаш мумкин. Бурчак тезланиш  $\varepsilon_2$  нинг схемадаги йўналиши соат стрелкаси йўналишига қарама-қаршилигини кўриш қийин эмас (32-шакл, а, в).

Тезланишларнинг ҳақиқий қийматларини аниқлаш учун тезланиш планидаги кесма узунликларини тезланиш масштаб коэффициенти  $\mu_a$  га кўпайтириш керак:

$$a_{B_3} = (\pi\theta_3) \mu_a,$$

$$a_{B_2A}^r = (n_2\theta_2) \cdot \mu_a \text{ ва ҳоказо.}$$

2-звенонинг бурчак тезланиши:

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^r}{l_{AB}} = \frac{(n_2\theta_2) \cdot \mu_a}{l_{AB}} \left[ \text{рад/с}^2 \right].$$

3-звенога тегишли  $C$  нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун чизмада шу нуқтани  $B_3$  нуқта билан тўғри чизиқ орқали туташтирамиз.  $C$  нуқтанинг абсолют тезланиш векторини ташкил этувчиларга ажратиб текширамиз:

$$\vec{a}_C = \vec{a}_{B_3} + \vec{a}_{CB_3}.$$

Тенгламадаги номаълум  $\vec{a}_{CB}$  тезланиш вектори  $C$  нуқтанинг  $B_3$  нуқта атрофида айланма ҳаракати натижасида вужудга келадиган тезланишдир. Демак, уни нормал ва тангенциал ташкил этувчиларга ажратиб ёзиш мумкин:

$$\vec{a}_C = \vec{a}_{B_3} + \vec{a}_{CB_3}^n + \vec{a}_{CB_3}^\tau \quad (2.16)$$

3-звенонинг бурчак тезлик ва бурчак тезланишларининг қийматлари бизга маълум. Улардан фойдаланиб  $\vec{a}_{CB_3}^n$ ,  $\vec{a}_{CB_3}^\tau$  векторларнинг сон қийматлари аниқланади:

$$a_{CB_3}^n = \omega_3^2 \cdot l_{BC},$$

$$a_{CB_3}^\tau = \epsilon_3 \cdot l_{BC}.$$

Топилган қийматларни тезланиш масштаби қиймати  $\mu_a$  га бўлиб, нормал ва тангенциал нисбий тезланишларнинг чизма қийматлари ҳисоблаб топилади:

$$\epsilon_3 n_3 = \frac{a_{CB_3}^n}{\mu_a} [\text{мм}],$$

$$\vec{n}_3 c = \frac{a_{CB_3}^\tau}{\mu_a} [\text{мм}].$$

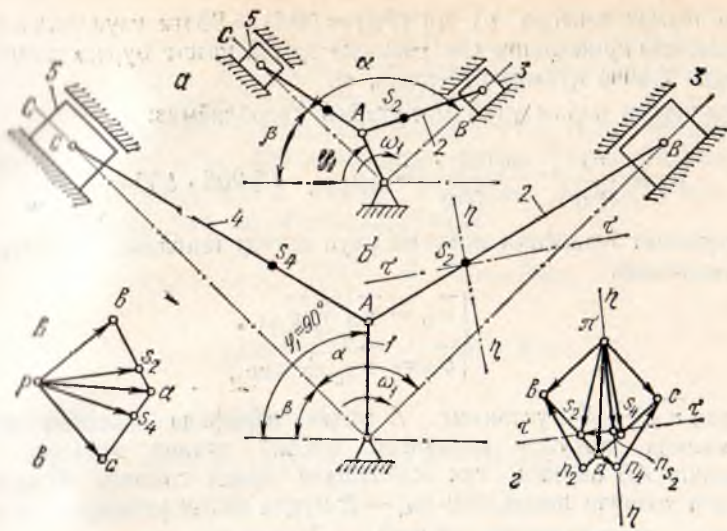
Тенглама (2.16) шартига мувофиқ  $a_{B_3}$ ,  $\vec{a}_{CB_3}^n$ ,  $\vec{a}_{CB_3}^\tau$  векторларнинг тезланиш масштабига қўра аниқланган чизма ифодалари  $(\pi \epsilon_3)$ ,  $(\epsilon_3 n_3)$ ,  $(n_3 c)$  кесмалардан фойдаланилган ҳолда  $C$  нуқтанинг тезланишини аниқлаймиз. Бунинг учун тезланишлар планидаги  $(\pi \epsilon_3)$  кесманинг  $\epsilon_3$  нуқтасидан  $(\epsilon_3 n_3)$  кесмани,  $(\epsilon_3 n_3)$  кесма охири  $n_3$  нуқтадан  $(n_3 c)$  кесмани қўямиз (32-шакл, в). Нормал тезланиш векторини ифодаловчи  $(\epsilon_3 n_3)$  кесма  $C$  дан  $B$  га (32-шакл, а) қараб йўналган бўлади. Тангенциал тезланиш векторини ифодаловчи  $(n_3 c)$  кесма  $CB$  пунктир чизиққа тик равишда  $\epsilon_3$  бурчак тезланиш йўналиши бўйича  $(\epsilon_3 = \epsilon_4)$  қўйилади. Аниқланган  $C$  нуқтани қутб  $\pi$  билан туташтирувчи  $(\pi c)$  кесма  $C$  нуқтанинг абсолют тезланишини билдиради.  $C$  нуқта тезланишининг ҳақиқий сон қиймати қуйидагича аниқланади:

$$a_c = (\pi c) \cdot \mu_a.$$

1-мисол. Цилиндрлари «V» симон жойлашган ички ёнув двигатели механизми қутбий тезлик ва қутбий тезланишлар планларини қуриш йўли билан кинематик текширилсин (33-шакл, а). Шунингдек, шатун 2 нинг оғирлик маркази бўлган  $S_2$  нуқта траекториясининг эгрилик радиуси  $\rho_s$  нинг узунлиги аниқлансин.

Берилганлар:  $\beta = 45^\circ$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\varphi = 90^\circ$ ,  $l_{OA} = 0,125$  м,  $l_{AB} = l_{AC} = 0,375$  м,  $l_{AS_2} = l_{AS_1} = 0,125$  м. Қривошипнинг бурчак тезлиги ўзгармас бўлиб, унинг қиймати  $\omega_1 = 300 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

Ечиш. 1. Механизмнинг тузилишини текшириб, унинг қайси классга мансублигини аниқлаймиз. Механизм 6 звенодан иборат бўлиб, ундаги қўзғалувчи звенолар сони  $n = 5$  га, қуйи кинематик жуфтлар сони  $P_1 = 7$  га, олий кинематик жуфтлар сони  $P_2 = 0$  га, механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси эса  $W = 3n - 2P_1 = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 = 1$  га тенг. Механизм



33- шакл.

отдакчи звено  $OA$  ва қўзғалмас звено  $O$  га звенолар 2 ва 3 ҳамда 4 ва  $b$  дандан ташкил топган иккита иккинчи класс группани боғлаш натижасида ҳосил бўлган.

2. Механизмнинг кинематик схемасини қурамиз (33-шакл, б). Чизма кўламини ҳисобга олган ҳолда шатун  $AB$  нинг чизма қийматини 75 мм узунликдаги кесма тарзида белгилаймиз. Узунлик масштабининг сон қиймати:

$$\mu_l = \frac{l_{AB}}{(AB)} = \frac{0,375}{75} = 0,005 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$

Қолган звеноларнинг чизма қийматлари:

$$(OA) = \frac{0,125}{0,005} = 25\text{мм},$$

$$(AC) = (AB) = 75\text{мм},$$

$$(AS_2) = (AS_4) = \frac{l_{AS_2}}{\mu_l} = \frac{0,125}{0,005} = 25\text{мм}.$$

Беш звено координатаси  $\varphi_1 = 90^\circ$  га ва ҳамма звеноларнинг чизма қийматларига кўра механизмнинг кинематик схемасини ҳосил қиламиз.

3. Механизмнинг кўрсатилган ҳолати учун тезликлар планини қурамиз.  $A$  нуқтанинг тезлиги қуйидаги формуладан аниқланади:

$$v_A = \omega_1 \cdot l_{OA} = \omega_1 \cdot (OA) \mu_l.$$

Тезликлар планини қуришда кривошип масштабидан фойдаланамиз. Бунда  $A$  нуқта тезлигининг чизма қиймати кривошипнинг чизма қийматига тенг бўлади. Тезликлар плани учун танланган қутб  $p$  га  $A$

нуқта тезлик вектори  $v_A$  ни  $(Pa) = (OA) = 25$  мм узунликдаги кесма кўринишида кривошипга тик равишда ҳамда унинг бурчак тезлиги йўналиши бўйича қўямиз (33-шакл, в).

Тезликлар плани учун масштабни ҳисоблаймиз:

$$\mu_v = \frac{v_A}{(Pa)} = \frac{\omega_1(OA) \cdot \mu_l}{(Pa)} = \mu_l \cdot \omega_1 = 0,005 \cdot 300 = 1,5 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}}$$

В нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун вектор тенгламалар системасидан фойдаланамиз:

$$\begin{cases} \vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}, \\ \vec{v}_B = \vec{v}_{B_0} + \vec{v}_{BB_0}, \end{cases}$$

бу ерда  $\vec{v}_{BA}$  — В нуқтанинг А нуқта атрофида айланма ҳаракати натижасида вужудга келадиган нисбий тезлик вектори. Унинг йўналиши АВ звенога тик жойлашади. Қайси томонга йўналиши ва қиймати ҳозирча номаълум;  $v_{B_0}$  — В нуқта билан устма-уст тушадиган қўзғалмас нуқтанинг тезлик вектори. Унинг қиймати нолга тенг бўлиб, қутб  $p$  нинг ўзида жойлашади;  $v_{BB_0}$  — В нуқтанинг қўзғалмас нуқта  $B_0$  га нисбий тезлик вектори. У цилиндр ўқи бўйича йўналган бўлиб, модуль қиймати ҳозирча номаълум.

Тезликлар плани қуришни қуйидагича бажарамиз (33-шакл, в). Тенгламалар системасининг биринчи тенгламаси шартига кўра,  $\vec{v}_A$  векторни ифодаловчи  $(pa)$  кесманинг охири  $a$  нуқтадан нисбий тезлик вектори  $\vec{v}_{BA}$  нинг таъсир чизиғини АВ звенога тик равишда ўтказамиз. Тенгламалар системасининг иккинчи тенгламаси шартига кўра қутб  $p$  га  $\vec{v}_{B_0}$  векторни қўйиш лозим бўлар эди. Бироқ унинг қиймати нолга тенг.

Шу сабабли  $\vec{v}_{BB_0}$  векторнинг таъсир чизиғини цилиндр ўқига параллел равишда тўғридан-тўғри қутб  $p$  дан ўтказамиз. Ўтказилган чизиқларнинг кесишиш нуқтаси  $v$  ни қутб  $p$  билан туташтирувчи  $(pv)$  кесма В нуқтанинг абсолют тезлик вектори  $v_B$  ни ифодалайди.

С нуқтанинг тезлигини аниқлаш юқорида баён этилган тартибда бажарилади. Бунда ҳам албатта вектор тенгламалар системасидан фойдаланамиз:

$$\begin{cases} \vec{v}_C = \vec{v}_A + \vec{v}_{CA}, \\ \vec{v}_C = \vec{v}_{C_0} + \vec{v}_{CC_0}, \end{cases}$$

бу ерда  $\vec{v}_{CA}$  — С нуқтанинг А нуқта атрофида айланма ҳаракати натижасида вужудга келадиган нисбий тезлик вектори бўлиб, у АВ звенога тик жойлашади,  $v_{C_0}$  — С нуқта билан устма-уст тушадиган, қўзғалмас звенога тегишли нуқтанинг тезлик вектори, у қутбда жойлашади;  $v_{CC_0}$  — С нуқтанинг цилиндрдаги  $C_0$  нуқтага нисбий тезлик вектори ҳам цилиндр ўқи бўйича йўналган бўлади.

Тенгламалар системасини ечиш учун биринчи тенглама шартига кў-

ра ( $pa$ ) кесманинг охири  $a$  нуқтадан шатун  $AC$  га тик чизиқ ўтказилади. Иккинчи тенглама шартига кўра, қутб  $p$  дан цилиндр ўқиға параллел чизиқ ўтказилади. Ўтказилган чизиқларнинг кесишиш нуқтаси  $c$  тенгдимилар системасининг ечимини белгилайди.

$s_2$  ва  $s_4$  нуқталарнинг тезликларини аниқлаш учун ўхшашлик қонидасидан (пропорция усулидан) фойдаланамиз.  $s_2$  нуқта  $A$  ва  $B$  нуқталар оралиғини қайси нисбатда бўлса, тезлик планидаги  $s_2$  нуқта ҳам ( $av$ ) кесмада жойлашиб, уни шу нисбатда бўлади:

$$(as_2) = (av) \cdot \frac{(AS_2)}{(AB)} = \frac{1}{3} \cdot 18 = 6 \text{ мм},$$

$$(as_4) = (ac) \cdot \frac{(AS_4)}{(AC)} = \frac{1}{3} \cdot 18 = 6 \text{ мм}.$$

Тезликларнинг ҳақиқий қийматлари:

$$v_B = (pv) \cdot \mu_v = 21 \cdot 1,5 = 31,5 \text{ м/с},$$

$$v_C = (pc) \cdot \mu_v = 21 \cdot 1,5 = 31,5 \text{ м/с}.$$

Шатуларнинг бурчак тезликлари:

$$\omega_{AB} = \frac{v_{BA}}{l_{AB}} = \frac{(ea) \mu_v}{(AB) \cdot \mu_l} = \frac{(e\omega)}{(AB)} \omega_1 = \frac{18}{75} \cdot 300 = 72 \text{ рад/с.},$$

$$\omega_{AC} = \frac{v_{CA}}{l_{AC}} = \frac{(ca)}{(AC)} \cdot \omega_1 = \frac{18}{75} \cdot 300 = 72 \text{ рад/с}.$$

4. Механизм учун тезланишлар планини қурамиз. Кривошипнинг бурчак тезлигини унча катта бўлмаган хатога йўл қўйиш орқали ўзгармас деб қараш мумкин. У ҳолда  $A$  нуқтанинг тезланиши фақат нормал тезланишдан иборат бўлиб, қиймати қуйидаги формуладан аниқланади:

$$a_A = a^n_A = \omega^2 l_{OA} = \omega_1^2 (AO) \mu_l = 11250 \text{ м/с}^2.$$

Тезланишлар планини қуришда ҳам кривошип масштабидан фойдаланамиз. Бунда  $A$  нуқта тезланиш вектори  $a_A$  нинг чизма ифодаси  $la$  кривошипнинг чизма узунлиги  $OA$  га тенг бўлади. Тезланишлар плани учун танланган қутб  $\pi$  га  $A$  нуқтанинг тезланишини кривошип  $OA$  га параллел равишда  $A$  дан  $O$  га йўналган тарзда қўямиз (33-шакл, а). Тезланишлар плани учун масштаб коэффициентини ҳисоблаймиз:

$$\mu_a = \frac{a_l}{(\pi a)} = \frac{\omega_1^2(OA) \cdot \mu_l}{(\pi a)} = \mu_l \cdot \omega_1^2 = 0,005 \cdot 300^2 = 450 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}.$$

$B$  нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун вектор тенгламалар системасидан фойдаланамиз:

$$\begin{cases} \vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA} + \vec{a}_{\pi BA}, \\ \vec{a}_B = \vec{a}_{B_0} + \vec{a}_{BB_0} + \vec{a}_{\pi BB_0}. \end{cases}$$



Тенгламалар системасидаги  $\vec{a}_{AB}$   $B$  нуқтанинг  $A$  нуқта атрофида айланма ҳаракат қилиши натижасида вужудга келувчи нормал тезланиш вектори бўлиб, унинг модуль қиймати  $a_{BA}^n = \frac{v_{AB}^2}{l_{AB}}$  дан аниқланади. Унинг тезланишлар планида қуришимиз лозим бўладиган чизма узунлиги эса модуль қийматнинг тезланиш масштабига нисбатидан аниқланади:

$$a_{BA}^n = a_{n_2} = \frac{a_{BA}^n}{\mu a} = \frac{v_{BA}^2}{l_{AB} \cdot \mu a} = \frac{(va \cdot \mu v)^2}{l_{AB} \cdot \mu a} = \frac{(va)^2 \mu l^2 \cdot \omega_1^2}{(AB) \mu l \cdot \mu l \cdot \omega_1^2} = \frac{(va)^2}{AB} = \frac{18^2}{75} = 4,32 \text{ мм.}$$

Формуладаги  $(va) = 18$  мм,  $(AB) = 75$  мм қийматлар тезлик планидан ва кинематик схемадан ўлчаб олинadиган кесмаларнинг узунликларидир.

$\vec{a}_{BA}$  ифода  $B$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан тангенциал тезланиш векторини билдиради. Унинг модуль қиймати қуйидаги формуладан аниқланади:

$$a_{BA}^t = \varepsilon_2 \cdot l_{AB}.$$

( $\varepsilon_2$  —  $AB$  звенонинг бурчак тезланиши бўлиб, унинг қиймати ҳозирча номаълум).  $\vec{a}_{BA}$  нинг таъсир чизиғи звено  $AB$  га тик йўналган бўлади.  $\vec{a}_{BB_0}$  — қўзғалмас звено (цилиндр) га тегишли нуқтанинг тезланиш вектори. Унинг қиймати нолга тенг.  $\vec{a}_{BB_0}^k$  —  $B$  нуқтанинг  $B_0$  нуқтага (ползуннинг цилиндрга) нисбатан нисбий кориолис тезланиши векторидир.  $B_0$  нуқтанинг (цилиндрнинг) тезлиги нолга тенг бўлганлиги сабабли, кориолис тезланишининг қиймати ҳам нолга тенг.

$\vec{a}_{BB_0}$  —  $B$  нуқтанинг  $B_0$  нуқтага (ползуннинг цилиндрга) нисбатан нисбий бўйлама (релятив) тезланиши вектори. У цилиндр ўқи бўйлаб йўналган бўлади.

Тенгламалар системасининг биринчи тенгламасига асосан  $B$  нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун тезланишлар планидаги  $\vec{a}_A$  векторни ифодаловчи ( $\pi a$ ) кесманинг охири  $a$  нуқтадан  $\vec{a}_{BA}$  векторни ифодаловчи ( $a_{n_2}$ ) = 4,32 мм кесмани  $AB$  звенога параллел равишда  $B$  дан  $A$  га йўналган тарзда ўлчаб қўямиз (33-шакл, г). Кесма охири  $n_2$  нуқтадан  $\vec{a}_{BA}$  вектор таъсир чизиғини  $AB$  шатунга тик равишда ўтказамиз. Сўнгра тенгламалар системасининг иккинчи тенгламасига асосан  $\vec{a}_{B_0}$  векторнинг чизма ифодасини қутб  $\pi$  дан ўлчаб қўямиз. Бироқ унинг қиймати нолга тенг бўлгани учун  $\vec{a}_{B_0}$  вектор қутб  $\pi$  билан устма-уст тушади. Қутб  $\pi$  билан кориолис тезланиши векторининг охири  $k$  нуқта ҳам устма-уст тушади (чунки  $\vec{a}_{BB_0}^k$  векторининг қиймати ҳам нолга тенг).  $k$  нуқтадан, бинобарин,  $\pi$  нуқтадан бўйлама тез-

Тезланиш вектори  $\vec{a}_{B_0}$  нинг таъсир чизиғини цилиндр ўқиға параллел равишда ўтказамиз. Ўтказилган чизиқларнинг кесишиш нуқтаси  $v$  абсолют тезланиш вектори  $\vec{a}_B$  нинг охирини ифодаляйди. Тезланиш планидаги  $a$  ва  $v$  нуқталарни туташтирувчи  $(av)$  кесма  $B$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан тўла нисбий тезланишини билдиради.  $s_2$  нуқтанинг тезланишини ўхшашлик қойдасига биноан аниқлаймиз:

$$(a s_2) = (av) \frac{(AS_2)}{(AB)} = 18 \cdot \frac{25}{75} = 6 \text{ мм.}$$

$s_2$  нуқтани қутб  $\pi$  билан туташтириб,  $s_2$  нуқтанинг абсолют тезланиш вектори  $\vec{a}_{s_2}$  ни ифодаловчи  $(\pi s_2)$  кесмани ҳосил қиламиз.

$C$  нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун тузиладиган вектор тенгламалар системаси  $B$  нуқтани аниқлаш учун тузилган вектор тенгламалар системасига ўхшаш бўлади:

$$\begin{cases} \vec{a}_c = \vec{a}_A + \vec{a}_{cA} + \vec{a}_{cA}, \\ \vec{a}_c = \vec{a}_{c_0} + \vec{a}_{c c_0} + \vec{a}_{c c_0}. \end{cases}$$

Тенгламалар системасининг биринчи тенгламасидаги  $C$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан нисбий нормал тезланишининг чизма ифодаси куйидаги қийматга тенг:

$$(\vec{a}_n) = \frac{a_{cA}^n}{\mu_a} = \frac{v_{cA}^2}{l_{AB} \mu_a} = \frac{(ac)^2}{(AC)} = \frac{18^2}{75} = 4,32 \text{ мм.}$$

$C$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан тангенциал тезланиш вектори  $\vec{a}_{cA}$  нинг модуль қиймати номаълум, йўналиши эса шатун  $AC$  га тик жойлашади.  $\vec{a}_{c_0}, \vec{a}_{c c_0}^k$  векторларнинг қийматлари нолга тенг бўлиб, улар қутб  $\pi$  да жойлашади.  $\vec{a}_{c c_0}^r$  — ползун  $5$  нинг цилиндрга нисбатан нисбий бўйлама тезланиш вектори бўлиб, цилиндр ўқи бўйича йўналган. Унинг модуль қиймати номаълум.

Тенгламалар системасини график усулда ечиш учун тезланишлар планидаги (33-шакл,  $z$ )  $A$  нуқтанинг тезланиш вектори  $\vec{a}_A$  ни ифодаловчи  $(\pi a)$  кесманинг охири  $a$  нуқтадан  $\vec{a}_{cA}^n$  векторни ифодаловчи  $(an)$  кесмани  $AC$  звенога параллел равишда  $C$  дан  $A$  га йўналган тарзда ўлчаб қўямиз. Кесма охири  $n$  нуқтадан шатун  $AC$  га тик чизик ўтказамиз. Тенгламалар системасининг иккинчи тенгламаси шартига кўра, қутб  $\pi$  дан  $C$  нуқтанинг  $C_0$  нуқтага нисбатан нисбий бўйлама (релятив) тезланиш вектори  $\vec{a}_{c c_0}^r$  ни цилиндр ўқиға параллел равишда ўтказамиз (чунки  $\vec{a}_{c_0}, \vec{a}_{c c_0}^k$  векторларнинг чизма қийматлари нолга тенг). Ўтказилган чизиқларнинг кесишиш нуқтаси  $v$  ни қутб  $\pi$  билан туташтирувчи  $(\pi c)$  кесма  $C$  нуқтанинг абсолют

тезланиши вектори  $\vec{a}_C$  ни ифодалайди.  $S_4$  нуқта тезланиш векторининг охири  $s_4$  ўхшашлик қондасига кўра аниқланади:

$$(a s_4) = (ac) \cdot \frac{(As_4)}{(AC)} = 18 \cdot \frac{25}{75} = 6 \text{ мм.}$$

Тезланишлар планидаги  $(\pi S_4)$  кесма  $s_4$  нуқтанинг абсолют тезланиш вектори  $\vec{a}_{s_4}$  ни ифодалайди.

Тезланишларнинг ҳақиқий қийматлари:

$$\begin{aligned} a_B &= (\pi \epsilon) \cdot \mu_a = 17,5 \cdot 450 = 7875 \text{ м/с}^2, \\ a_C &= (\pi c) \cdot \mu_a = 17,5 \cdot 450 = 7875 \text{ м/с}^2, \\ a_{s_2} &= (\pi s_2) \cdot \mu_a = 20 \cdot 5 \cdot 450 = 9225 \text{ м/с}^2, \\ a_{s_4} &= a_{s_2}, \text{ чунки: } (\pi s_4) = (\pi s_2), \\ a_{BA} &= (n_2 \theta) \cdot \mu_a = 16,5 \cdot 450 = 7425 \text{ м/с}^2, \\ a_{CA} &= a_{BA}, \text{ чунки } (n_4 c) = (n_2 \theta). \end{aligned}$$

Шатун  $AB$  ва  $AC$  ларнинг бурчак тезланишлари:

$$\epsilon_2 = \frac{a_{BA}}{l_{AB}} = \frac{7425}{0,375} = 19800 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; \quad \epsilon_4 = \epsilon_2.$$

5.  $s_2$  нуқта траекториясининг эгрилик радиусини ҳисоблаб топамиз.  $s_2$  нуқтадан (33-шакл, б) тезлик планидаги (33-шакл, в)  $(ps_2)$  кесмага параллел бўлган  $\tau$ - $\tau$  чизиғини ўтказамиз. Бу чизиқ  $s_2$  нуқта траекториясига ўтказилган уринма бўлади.  $\tau$ - $\tau$  чизиғига ўтказилган перпендикуляр  $n$ - $n$  чизиқ эса траекторияга ўтказилган нормал бўлади ва шу чизиқда траекторияга тегишли  $s_2$  нуқтанинг эгрилик маркази  $O_{s_2}$  ётади.  $s_2$  нуқта тезланиш вектори  $a_{s_2}$  ни ифодаловчи кесма  $(\pi s_2)$  ни (33-шакл, г)  $n$ - $n$  ва  $\tau$ - $\tau$  чизиқларга параллел бўлган ташкил этувчиларга ажратамиз. Ҳосил бўлган  $(\pi n_{s_2})$  кесма  $S_2$  нуқта тезланишининг нормал ташкил этувчиси  $a_{s_2}^n$  ни ифодалайди.

Формула  $a_{s_2}^n = \frac{v_{s_2}^2}{\rho_{s_2}}$  дан эгрилик радиуси  $\rho_{s_2}$  ни аниқлаймиз:

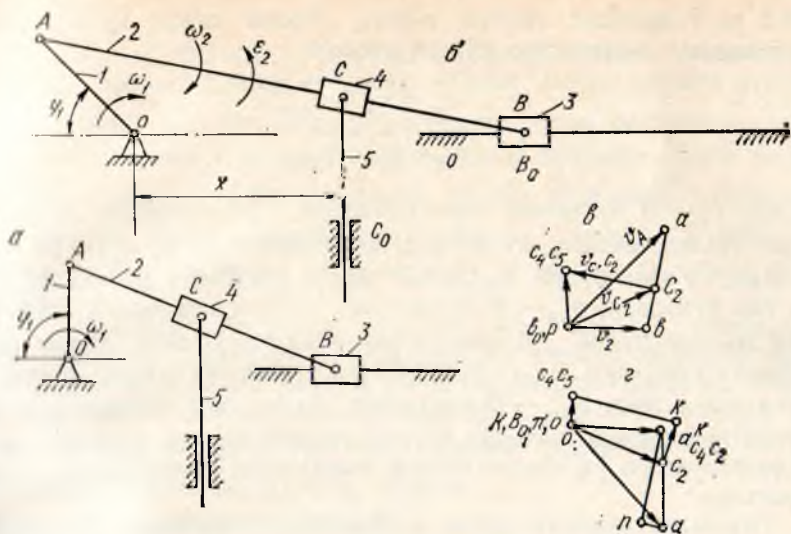
$$\rho_{s_2} = \frac{v_{s_2}^2}{a_{s_2}^n} = \frac{(ps_2)^2 \cdot \mu_l^2 \cdot \omega_1^2}{(\pi n_{s_2}) \cdot \mu_l \cdot \omega_1} = \frac{(ps_2)^2}{(\pi n_{s_2})} \cdot \mu_e = \frac{23^2}{20,5} \cdot 0,005 = 0,129 \text{ м.}$$

2-мисол. Ёғоч аралаш машинаси ричагли механизми (34-шакл, а) қутбий тезликлар ва қутбий тезланишлар планларини қуриш йўли билан кинематик текширилсин.

Берилганлар:  $\varphi_1 = 45^\circ; l_{OA} = 0,3 \text{ м}, l_{AB} = 1,18 \text{ м}, l_x = 0,45 \text{ м.}$

Кривошипнинг бурчак тезлиги  $\omega_1 = 30 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

Ечиш. 1. Механизмнинг тузилишини текшириб, унинг қайси классга мансублигини аниқлаймиз. Механизмда қўзғалувчи звенолар сони  $n = 5$ , қуйи кинематик жуфтлар сони  $p_1 = 7$ . Механизмнинг қўзғалув:



34- шакл.

чанлик даражаси  $W = 3 \cdot n - 2p_1 = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 = 1$ . Механизмнинг ҳосил қилиниш тартиби қуйидагича. Етакчи звено  $OA$  ва қўзғалмас звено  $B_0$  га 2 ва 3 звенодан ташкил топган иккинчи класс Ассур группаси боғланган. Боғланган группага тегишли звено 2 га ҳамда қўзғалмас звено  $C_0$  га яна звено 4 ва 5 лардан ташкил топган янги Ассур группаси боғланган. Механизмнинг тузилиш формуласи қуйидагича:

$$I(1,0) \rightarrow II(2,3) \rightarrow II(4,5).$$

Демак, механизм иккинчи классга мансуб.

2. Механизмнинг ҳолатини қурамыз.

Звено  $OA$  нинг чизма қийматини 30 мм узунликдаги кесма тарзида қабул қилиб, узунлик масштабини белгилаймиз:

$$\mu_l = \frac{l_{OA}}{(OA)} = \frac{0,3}{30} = 0,01 \text{ м/мм.}$$

Шатун  $AB$  нинг чизмадаги узунлиги:

$$(AB) = \frac{l_{AB}}{\mu_l} = \frac{1,18}{0,01} = 118 \text{ мм.}$$

Кривошип айланиш ўқи билан звено 5 ўқ чизиғи орасидаги масофанинг чизма қиймати:

$$(X) = \frac{l_X}{\mu_l} = \frac{0,45}{0,01} = 45 \text{ мм.}$$

Ҳосил қилинган қийматларга кўра, механизмнинг кинематик схемаси чизилади (34- шакл, б).

3. Механизмнинг тезликлар плавини қуришни етакчи звено  $OA$  га ҳамда қўзғалмас звено  $B_0$  га боғланган группадан бошлаймиз. Груп-

па 2 ва 3 звенодан ташкил топган. Тезлик плани қуйидаги вектор тенгламалар системасига кўра қурилади:

$$\begin{aligned}\vec{v}_B &= \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}, \\ \vec{v}_B &= \vec{v}_{B_0} + \vec{v}_{BB_0},\end{aligned}$$

Бунда  $\vec{v}_B$  —  $B$  нуқтанинг тезлик вектори,  $\vec{v}_A$  — кривошип  $A$  нуқтасининг тезлик вектори. Унинг модуль қиймати  $v_A = \omega_1 l_{OA} = 30 \cdot 0,3 = 9$  м/с га тенг бўлиб,  $\omega_1$  бурчак тезлик йўналиши бўйича  $AB$  звенoga тик йўналади;  $v_{BA}$  —  $B$  нуқтанинг  $A$  нуқта атрофидаги нисбий тезлик вектори бўлиб,  $AB$  звенoga тик йўналган бўлади. Унинг модуль қиймати номаълум.  $v_{B_0}$  —  $B_0$  нуқтанинг тезлик векторидир. Унинг қиймати нолга тенг.  $v_{BB_0}$  —  $B$  нуқтанинг  $B_0$  нуқтага (ползун 3 нинг ўз йўналтирувчисига) нисбатан нисбий тезлиги вектори бўлиб, у ползун йўналтирувчиси ўқ чизиги бўйлаб жойлашади. Унинг модуль қиймати номаълум.

Тезликлар планини қуриш қуйидагича бажарилади (34-шакл, в). Вектор тенгламалар системасининг биринчи тенгласига асосан қутб  $p$  дан  $A$  нуқта тезлик вектори  $\vec{v}_A$  ни ифодаловчи ( $pa$ ) кесмани звено  $OA$  га тик равишда,  $\omega_1$  бурчак тезлиги йўналиши бўйича қурамыз. Бунда ( $pa$ ) кесма узунлигини ( $OA$ ) = 30 мм га тенг қилиб оламыз, яъни тезлик планини кривошип масштабида қурамыз. Сўнг ( $pa$ ) кесманинг  $a$  нуқтасидан  $\vec{v}_{BA}$  векторнинг таъсир чизигини  $AB$  звенoga тик равишда ўтказамиз.

Иккинчи тенглама шартига кўра қутб  $p$  га  $v_{B_0}$  векторни қўйишимиз лозим эди. Бироқ унинг қиймати нолга тенг бўлгани учун  $v_0$  нуқта қутбда жойлашади.  $v_0$  нуқтадан, яъни  $p$  нуқтадан  $v_{BB_0}$  векторнинг таъсир чизигини ползун йўналтирувчисига параллел равишда (горизонтал чизиқ) ўтказамиз ва  $B$  нуқта тезлик вектори  $\vec{v}_B$  ни ифодаловчи ( $pB$ ) кесма охирини ҳосил қиламыз.

Звено 2 га тегишли  $C_2$  нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун ўхшашлик қойдасидан фойдаланамиз:

$$(ac_2) = (av) \cdot \frac{(AC)}{(AB)} = 22 \cdot \frac{68}{108} = 13,85 \text{ мм.}$$

$C_5$  нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун вектор тенгламалар системасини тузамиз.

$$\begin{aligned}\vec{v}_{C_4} &= \vec{v}_{C_2} + \vec{v}_{C_4 C_2}, \\ \vec{v}_{C_4} &= \vec{v}_{C_0} + \vec{v}_{C_4 C_0}.\end{aligned}$$

$\vec{v}_{C_4}$  — звено 4 га тегишли  $C_4$  нуқтанинг тезлик вектори;  $\vec{v}_{C_2}$  — звено 2 га тегишли  $C_2$  нуқтанинг тезлик вектори (у тезликлар планида ( $pc_2$ ) кесма тарзида тасвирланган);  $\vec{v}_{C_4 C_2}$  — ползун 4 га тегишли  $C_4$  нуқта-

нинг кулиса 2 га тегишли  $C_2$  нуқтага нисбатан бўйлама тезлик вектори бўлиб, звено 2 бўйлаб йўналган. Унинг модуль қиймати номаълум;  $\vec{v}_{C_2}$  — звено 5 га тегишли  $C_5$  нуқтанинг тезлик вектори;  $\vec{v}_{C_2} = \vec{v}_{C_4}$  бўлади, чунки звено 4 ва 5 лар ўзаро айланма кинематик жуфт ҳосил қилади.  $\vec{v}_{C_4}$  — звено 5 йўналтирувчиси бўлган қўзғалмас нуқтанинг тезлик вектори. Унинг қиймати нолга тенг.  $\vec{v}_{C_2, C_4}$  — звено 5 нинг ўз йўналтирувчисига нисбатан тезлик вектори. У звено 5 ўқ чизиги бўйлаб йўналган.

$C_4 (C_5)$  нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун, биринчи тенгламага асосан, тезликлар планидаги  $C_2$  нуқтадан  $AB$  звенога, иккинчи тенгламага асосан қутб  $p$  дан звено 5 йўналтирувчисига параллел чизиқлар ўтказилади. Уларнинг кесишиш нуқтаси  $C_4$  ни қутб  $p$  билан тўлштирувчи ( $pc_4$ ) кесма  $c_4$  нуқтанинг абсолют тезлик вектори  $\vec{v}_{C_4}$  ни йўдалайди. Шунингдек,  $\vec{v}_{C_4} = \vec{v}_{C_5}$  бўлади.

Тезликлар планининг масштаби:

$$\mu_v = \frac{v_A}{(pa)} = \frac{\omega_1(OA) \cdot \mu_l}{(pa)} = \mu_l \cdot \omega_1 = 0,01 \cdot 30 = 0,3 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}}$$

Егоч қирқувчи арранинг (звено 5 нинг) чизиқли тезлиги:

$$v_{C_5} = (pc_5) \cdot \mu_v = 13 \cdot 0,3 = 3,9 \text{ м/с.}$$

4. Тезланишлар планини қуришни звенолар 2 ва 3 дан иборат бўлган группадан бошлаймиз. План қуйидаги вектор тенгламалар системасига асосан қурилади:

$$\begin{aligned} \vec{a}_B &= \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t, \\ \vec{a}_B &= \vec{a}_{B_0} + \vec{a}_{BB_0}^n + \vec{a}_{BB_0}^t, \end{aligned}$$

бу ерда  $\vec{a}_A$  —  $A$  нуқтанинг  $O$  нуқтага нисбатан нормал тезланиш вектори (шунингдек, тўла тезланиш вектори ҳам). Унинг модуль қиймати қуйидагича аниқланади:

$$a_A = \omega_1^2 \cdot l_{OA} = 30^2 \cdot 0,3 = 270 \text{ м/с}^2.$$

$\vec{a}_A$  векторининг таъсир чизиги  $OA$  звенога параллел бўлиб,  $A$  нуқтадан  $O$  марказга қараб йўналади,  $\vec{a}_{BA}^n$  —  $B$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан нормал тезланиш вектори бўлиб, унинг модуль қиймати қуйидаги формуладан аниқланади:

$$a_{BA}^n = \frac{v_{BA}^2}{l_{AB}}.$$

Бунда  $\vec{a}_{BA}^n$  вектор  $AB$  звенога параллел жойлашиб,  $B$  нуқтадан  $A$  нуқтага қараб йўналади;  $\vec{a}_{BA}^t$  —  $B$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан тангенциал тезланиш вектори бўлиб, унинг модуль қиймати  $a_{BA}^t = e_2 l_{AB}$  дан

ҳисобланади.  $\epsilon_2$  — звено  $AB$  линг бурчак тезланиши. Унинг қиймати ҳозирча маълум эмас.  $\vec{a}_{BA}^r$  векторнинг йўналиши  $AB$  звенога тик жойлашади.  $\vec{a}_{B_0}$  — қўзғалмас нуқтанинг тезланиш вектори. Унинг қиймати нолга тенг (чунки ползун  $B$  нинг йўналтирувчиси ҳаракат қилмайди);  $\vec{a}_{BB_0}^k$  —  $B$  нуқтанинг  $B_0$  нуқтага (ползуннинг ўз йўналтирувчисига) нисбатан кориолис — бурилма тезланиш вектори. Ползун  $B$  нинг йўналтирувчиси айланма ҳаракат қилмаганлиги сабабли  $\vec{a}_{BB_0}^k$  нинг модуль қиймати нолга тенг.  $\vec{a}_{BB_0}^r$  — ползунга тегишли  $B$  нуқтанинг йўналтирувчига тегишли  $B_0$  нуқтага нисбатан бўйлама (релятив) тезланиш вектори. Унинг таъсир чизиғи йўналтирувчининг ўқ чизиғига параллел жойлашади.

Тезланишлар планини қуришни қуйидагича бажарамиз (34- шакл,  $e$ ). Тенгламалар системасининг биринчи тенгламасига асосан танланган қутб  $\pi$  дан  $A$  нуқта тезланиш вектори  $\vec{a}_A$  ни ифодаловчи ( $\pi a$ ) кесмани  $OA$  звенога параллел равишда  $A$  нуқтадан  $O$  нуқтага йўналтирган ҳолда қурамиз. ( $\pi a$ ) кесма узунлигини кривошипнинг чизма узунлиги ( $OA$ ) га тенг қилиб оламиз, яъни тезланишлар планини кривошип масштабида қурамиз. Тезланишлар масштабини ҳисоблаймиз:

$$\mu_a = \frac{a_a}{(\pi a)} = \frac{\omega^2 (OA) \cdot \mu_l}{(\pi a)} = \mu_l \cdot \omega^2 = 0,01 \cdot 30^2 = 9 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}$$

$a$  нуқтадан  $\vec{a}_{BA}^n$  векторнинг чизма ифодаси  $\vec{a}\pi$  кесмани қўямиз, унинг қиймати қуйидагича ҳисобланади:

$$a\pi = \frac{a_{BA}^n}{\mu_a} = \frac{v_{BA}^2}{l_{AB} \cdot \mu_a} = \frac{(va)^2 \cdot \mu_l^2 \cdot \omega_1^2}{(AB) \cdot \mu_l \cdot \mu_l \cdot \omega_1^2} = \frac{(va)^2}{(AB)} = \frac{22^2}{108} = 4,48 \text{ мм.}$$

$\pi$  нуқтадан  $AB$  звенога перпендикуляр равишда  $\vec{a}_{BA}^r$  нинг таъсир чизиғини ўтказамиз.

Тенгламалар системасининг иккинчи тенгламаси шартига кўра қутб  $\pi$  дан  $B_0$  нуқтанинг тезланиш вектори  $\vec{a}_{B_0}$  ни қўямиз. Унинг қиймати нолга тенг бўлгани учун  $v_0$  нуқта қутб  $\pi$  да жойлашади. Шунингдек, қутб  $\pi$  да  $\vec{a}_{BB_0}^k$  тезланиш векторининг охири бўлган  $k$  нуқта ҳам жойлашади (чунки кориолис тезланиши нолга тенг).  $k$  нуқтадан, яъни  $\pi$  нуқтадан  $\vec{a}_{BB_0}^r$  тезланиш векторининг таъсир чизиғини ползун  $Z$  нинг йўналтирувчисига параллел равишда ўтказамиз. Унинг  $AB$  чизиққа ўтказилган перпендикуляр билан кесишиш нуқтаси  $v$  тенгламалар системасининг график усулдаги ечимини беради, яъни ( $\pi v$ ) кесма  $B$  нуқтанинг (ползун  $Z$  нинг) абсолют тезланиш вектори  $\vec{a}_B$  ни ифодалайди. Иккинчи звенога тегишли  $C_2$  нуқта тезланиш вектори  $\vec{a}_{C_2}$  нинг охири бўлган  $c_2$  нуқтани ўхшашлик қоидасига биноан аниқлаймиз:

$$(a_{c_2}) = (a_{\epsilon}) \cdot \frac{(AS_2)}{(AB)} = 22 \cdot \frac{68}{108} = 13,85 \text{ мм.}$$

$c_4$  нуқтани қутб  $\pi$  билан туташтириб,  $c_2$  нуқта абсолют тезланиши вектори  $\vec{a}_{s_2}$  ни ифодаловчи ( $\pi c_2$ ) кесмани ҳосил қиламиз.

Звенолар 4 ва 5 дан ташкил топган группа учун тезланишлар плани қуйидаги вектор тенгламалар системасига асосланиб қурилади:

$$\begin{aligned} \vec{a}_{C_4} &= \vec{a}_{C_1} + \vec{a}_{C_4 C_2}^{\kappa} + \vec{a}_{C_4 C_2}^{\epsilon}, \\ \vec{a}_{C_5} &= \vec{a}_{C_0} + \vec{a}_{C_5 C_0}^{\kappa} + \vec{a}_{C_5 C_0}^{\epsilon}, \end{aligned}$$

бу ерда  $\vec{a}_{C_4}$  — звено 4 га тегишли  $C_4$  нуқтанинг тезланиш вектори бўлиб,  $C_4$  нуқта айни ҳолатда звено 2 га тегишли  $C_2$  нуқта билан устма-уст жойлашган.  $\vec{a}_{C_2}$  — звено 2 га тегишли  $C_2$  нуқтанинг тезланиш вектори бўлиб, тезланиш планида уни ( $\pi s_2$ ) кесма ифодалайди.  $\vec{a}_{C_4 C_2}^{\kappa}$  — звено 4 га тегишли  $C_4$  нуқтанинг звено 2 га тегишли  $C_2$  нуқтага нисбатан нисбий Кориолис (бурилма) тезланиш векторидир. У звено 2 нинг айланма ҳаракати натижасида вужудга келади. Кориолис тезланишининг модуль қиймати қуйидаги формулага асосан ҳисобланади:

$$a_{C_4 C_2}^{\kappa} = 2 \omega_2 \cdot v_{C_4 C_2} = 2 \cdot \frac{v_{BA}}{l_{AB}} v_{C_4 C_2}.$$

Унинг йўналишини аниқлаш учун звено 4 га тегишли  $C_4$  нуқтанинг звено 2 га тегишли  $C_2$  нуқтага нисбатан кўчирма ҳаракати натижасида ҳосил бўлувчи нисбий тезлик вектори  $\vec{v}_{C_4 C_2}$  ни звено 2 нинг бурчак тезлиги йўналиши бўйича  $90^\circ$  га буриш лозим (34- шакл  $\epsilon, \zeta$ ).

$\vec{a}_{C_4 C_2}^{\epsilon}$  —  $C_4$  нуқтанинг  $C_2$  нуқтага (звено 2 га) нисбатан нисбий (релятив) тезланиш векторидир. У звено 2 ўқ чизиги бўйлаб йўналган бўлади.  $\vec{a}_{C_5}$  — звено 5 га тегишли  $C_5$  нуқтанинг тезланиши вектори. Звено 4 ва 5 лар ўзаро айланма кинематик жуфт ҳосил қилганликларига баббали  $\vec{a}_{C_5} = \vec{a}_{C_4}$  бўлади.  $\vec{a}_{C_0}$  — звено 5 йўналтирувчисига тегишли қўғалмас нуқтанинг «тезланиш» вектори (унинг қиймати нолга тенг).  $\vec{a}_{C_4 C_0}^{\kappa}$  —  $C_5$  нуқтанинг  $C_0$  нуқтага нисбатан кориолис тезланиши вектори. Унинг қиймати ҳам нолга тенг (чунки звено 5 ҳаракатланмайди).  $\vec{a}_{C_5 C_0}^{\epsilon}$  —  $C_5$  нуқтанинг  $C_0$  нуқтага нисбатан илгариллама ҳаракати натижасида вужудга келувчи бўйлама (релятив) тезланиш вектори бўлиб, звено 5 ўқ чизиги бўйича йўналган бўлади. Тезланишлар планини қуришни қуйидаги тартибда давом эттирамиз (34- шакл,  $\zeta$ ). Тенгламалар системасига тегишли биринчи тенгламага асосан  $\vec{a}_{C_4}$  векторини ифодаловчи ( $\pi c_2$ ) кесманинг  $c_2$  нуқтасидан  $\vec{a}_{C_4 C_2}^{\kappa}$



векторни ифодаловчи ( $c_2 \kappa$ ) кесмани ўлчаб қўямиз. Унинг чизма қий-  
матини қуйидагича ҳисоблаймиз:

$$(c_2 \kappa) = \frac{a_{C_1 C_2}}{\mu_a} - 2 \cdot \frac{v_{BA} \cdot v_{C_1 C_2}}{l_{AB} \cdot \mu_a} = 2 \cdot \frac{(va) \cdot \mu_l \cdot \omega_1 \cdot (c_4 c_2) \cdot \mu_l \cdot \omega_1}{(AB) \cdot \mu_l \cdot \mu_l \cdot \omega_1^2} =$$

$$= 2 \frac{(va)}{(AB)} (c_4 c_2) = 2 \cdot \frac{22 \cdot 20}{108} = 8,14 \text{ мм.}$$

Ифодадаги ( $va$ ) = 22 мм, ( $c_4 c_2$ ) = 20 мм кесмалар тезлик планидан,  
( $AB$ ) = 108 мм схемадан ўлчаб олинган қийматлардир. Аниқланган  $\kappa$   
нуқтадан  $\vec{a}_{C_1 C_2}^r$  тезланиш векторининг таъсир чизигини звено 2 нинг  
ўқ чизигига параллел равишда ўтказамиз.

Тенгламалар системасининг иккинчи тенгламасига асосан, қутб  $\pi$   
дан  $\vec{a}_{C_0}$  векторни қўямиз. Унинг қиймати нолга тенг бўлганлиги са-  
бабли  $C_0$  нуқта қутб  $\pi$  да жойлашади.  $C_0$  нуқтадан, демак, қутб  $\pi$  дан  
бошлаб  $\vec{a}_{C_0 C_0}^k$  векторнинг чизма ифодасини қўямиз. Унинг ҳам қиймати  
нолга тенг. Шу сабабли  $\vec{a}_{C_0 C_0}^k$  векторнинг охирини ифодаловчи  $\kappa$  нуқ-  
та ҳам қутб  $\pi$  да жойлашади.  $\kappa$  нуқтадан, яъни  $\pi$  нуқтадан  $\vec{a}_{C_3 C_0}^r$  век-  
торнинг таъсир чизигини звено 5 ўқ чизигига параллел равишда ўт-  
казамиз ва унинг  $AB$  звенога параллел равишда ўтказилган  $\vec{a}_{C_3 C_0}^r$  век-  
торнинг таъсир чизиги билан кесишиш нуқтаси  $c_4$  ( $c_3$ ) тенгламалар  
системасининг график усулдаги ечимини билдиради, яъни  $c_4$  ( $c_3$ ) нуқ-  
тани қутб  $\pi$  билан туташтирувчи ( $\pi s_4$ ) = ( $\pi s_3$ ) кесма  $C_4$  ( $C_3$ ) нуқ-  
танинг абсолют тезланиш вектори  $a_{C_4}$  ( $a_{C_3}$ ) ни ифодалайди.

Тезланишларнинг ҳақиқий қийматларини ҳисоблаймиз:

$$a_B = (\pi \theta) \cdot \mu_a = 20 \cdot 9 = 180 \text{ м/с}^2,$$

$$a_{C_2} = (\pi c_2) \cdot \mu_a = 65 \cdot 9 = 58,5 \text{ м/с}^2,$$

$$a_{BA}^r = (n \theta) \cdot \mu_a = 21 \cdot 9 = 189 \text{ м/с}^2 \text{ ва ҳоказо.}$$

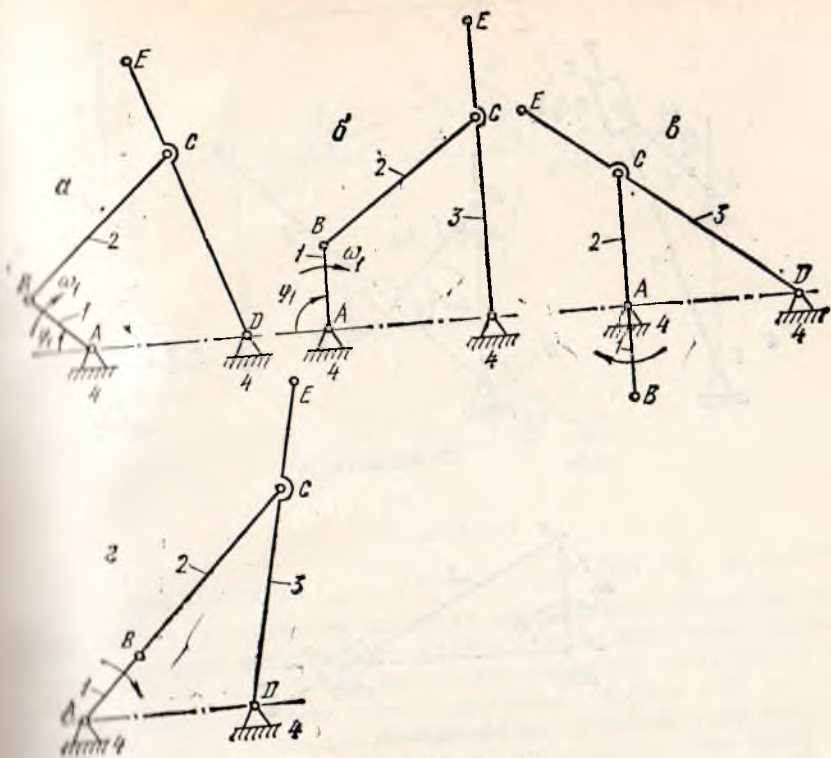
Звено 2 нинг бурчак тезланиши:

$$\epsilon_2 = \frac{a_{BA}^r}{l_{AB}} = \frac{189}{1,18} = 160,17 \text{ рад/с}^2.$$

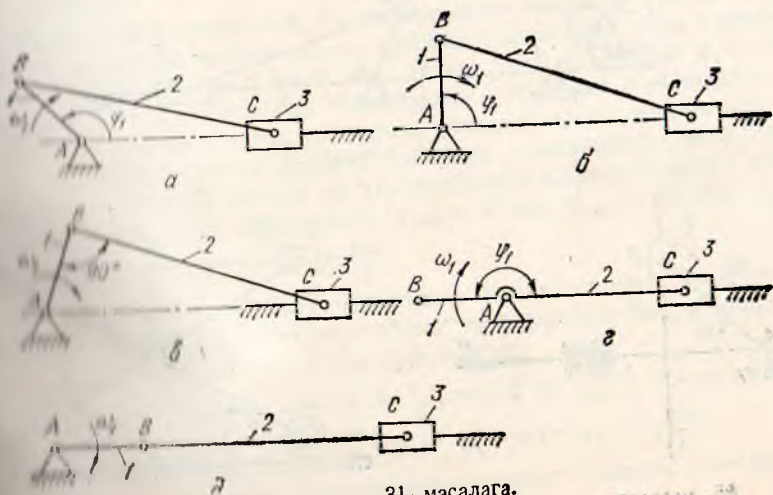
### 30 — 37- масалалар

(Масалалар механизмнинг кинематик схемасини чизиш, тезликлар  
ва тезланишлар планларини қуриш усули билан ечилади).

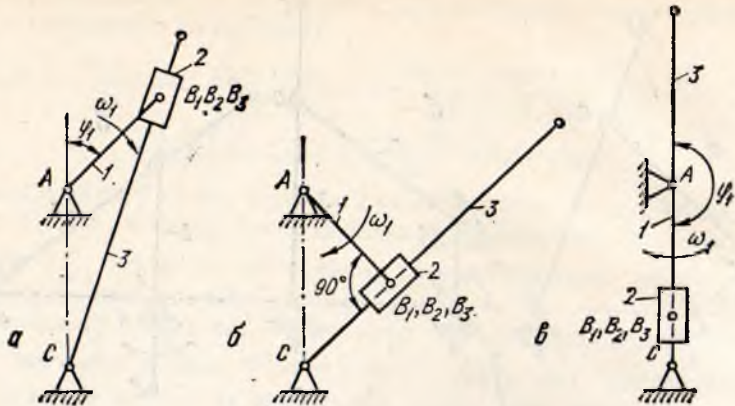
30. Қабул қилинган  $l_{AB} = 130$  мм,  $l_{BC} = l_{DC} = 250$  мм,  $l_{AD} = 200$   
мм,  $l_{DE} = 375$  мм,  $\omega_1 = 50 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$  қийматларга кўра кривошип-коромис-  
лоли механизмнинг тезлик ва тезланишлар планлари механизмнинг  
қуйидаги ҳолатлари учун қурилсин: а)  $\varphi_1 = 45^\circ$ , б)  $\varphi_1 = 90^\circ$ , в) коро-  
мисло 3 нинг энг четки чап ҳолати, г) коромисло 3 нинг энг четки  
ўнг ҳолати. Шунингдек,  $E$ ,  $C$  нуқталарнинг абсолют тезлик ва тезла-  
нишлари, звенолар 2 ва 3 нинг бурчак тезликлари ҳамда бурчак тез-  
ланишлари аниқлансин.



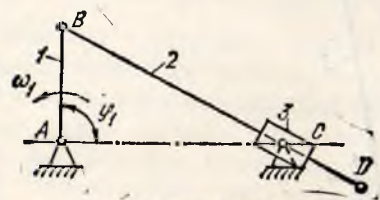
30- масалага.



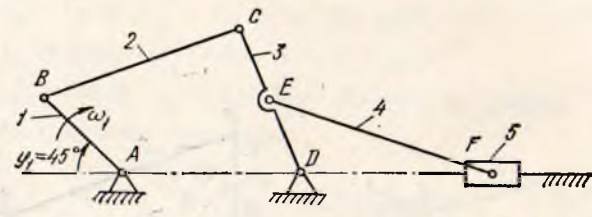
31- масалага.



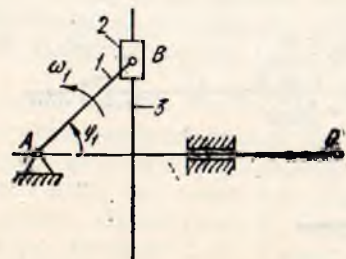
32- масалага.



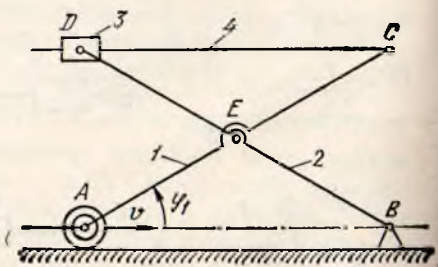
33- масалага.



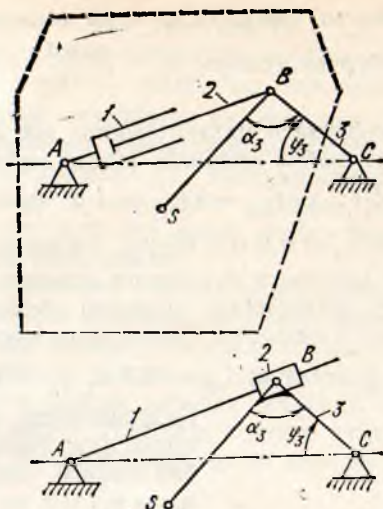
34- масалага.



35- масалага.



36- масалага.



37- масалага.

31. Қабул қилинган  $l_{AB} = 100$  мм,  $l_{BC} = 300$  мм.  $\omega_1 = 400 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$  қийматларга кўра кривошип-ползушли механизмнинг тезлик ва тезланишлар планлари механизмнинг қуйидаги ҳолатлари учун қурилсин: а)  $\varphi_1 = 135^\circ$ , б)  $\varphi_1 = 90^\circ$ , в) шатуннинг юқори энг четки ҳолати (бунда унинг кривошип билан ҳосил қиладиган бурчаги  $90^\circ$  га тенг), г)  $\varphi_1 = 0^\circ$  (шатун кривошипнинг давомида жойлашиб, улар бир тўғри чизикда ётади), е)  $\varphi_1 = 180^\circ$  (шатун ва кривошип бир-бири билан устма-уст тушиб, улар бир тўғри чизикда ётади). Шатун  $BC$  нинг бурчак тезлиги ва бурчак тезланишлари аниқлансин.

32. Берилган  $l_{AB} = 30$  мм,  $l_{AC} = 40$  мм,  $\omega_1 = 20 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$  қийматларга кўра Витворт механизмининг (кулисали механизмнинг) тезлик ва тезланишлар планлари механизмнинг қуйидаги ҳолатлари учун қурилсин: а)  $\varphi_1 = 45^\circ$ , б) кулиса 3 нинг энг четки ўнг ҳолати, в)  $\varphi_1 = 180^\circ$ . Кривошип 1 ва кулиса 3 бир-бири билан устма-уст жойлашади. Кулиса 3 нинг бурчак тезлик ва бурчак тезланишлари аниқлансин.

33. Ползуни тебранма ҳаракат қилувчи кривошипли механизм  $D$  нуқтасининг абсолют тезлик ва тезланишлари қуйидаги қабул қилинган қийматларга кўра аниқлансин:  $l_{AB} = 30$  мм;  $l_{AC} = 60$  мм;  $l_{BD} = 120$  мм;  $\varphi_1 = 150^\circ$ ;  $\omega_1 = 40 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

34. Тебранувчи конвейер механизми кореткасининг (ползун 5 га тегишли  $P$  нуқтасининг) абсолют тезлик ва тезланишлари қуйидаги қабул қилинган қийматларга кўра аниқлансин:

$$l_{AB} = 0,8 \text{ м}; l_{BC} = 1,6 \text{ м}; l_{CD} = 1,2 \text{ м}; l_{AD} = 1,4 \text{ м};$$

$$l_{DE} = 0,6 \text{ м}; l_{EF} = 1,8 \text{ м}; \varphi_1 = 45^\circ; \omega_1 = 2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

35. Синуус механизми  $C$  нуқтасининг абсолют тезлиги ва тезланишлари

қуйидаги қабул қилинган қийматларга кўра аниқлансин:  $l_{AB} = 30$  мм, кривошип  $AB$  нинг бурчак тезлиги  $\omega_1 = 20 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$  бўлиб, ўзгармасдир,  $\varphi_1 = 45^\circ$ .

36. Кўтариш платформаси механизмининг юк кўтариш тезлиги ва тезланишини қуйидаги қабул қилинган қийматларга кўра аниқлансин:

$$l_{AC} = 2l_{AE} = l_{BD} = 2l_{BE} = 4 \text{ м}, \quad \varphi_1 = 30^\circ.$$

$A$  нуқтанинг тезлиги  $v_A = 0,2$  м/с бўлиб, ўзгармасдир.

37. Пахта териш машинаси бункерини ағдариш механизми  $S$  нуқтасининг ( $S$  — бункер массасининг маркази) абсолют тезлиги ва тезланиши қуйидаги қабул қилинган қийматларга кўра аниқлансин:

$$l_{CB} = 0,5 \text{ м}; \quad l_{BS} = 0,7 \text{ м}; \quad l_{AC} = 1,3 \text{ м}; \quad \varphi_3 = 40^\circ; \quad \alpha_3 = 90^\circ.$$

Гидроцилиндр штогининг (звено 2) цилиндрга (звено 1) нисбатан нисбий тезлиги ўзгармас қиймат бўлиб,  $v_{21} = 0,1$  м/с га тенг.

Масалани ечиш учун кўрсатма.

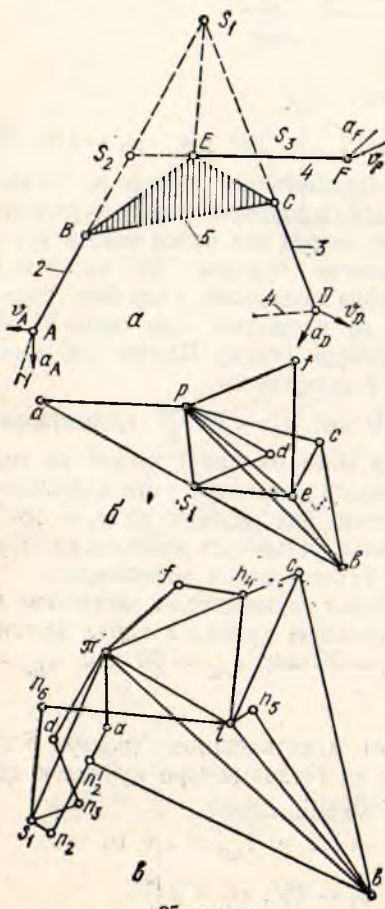
Механизмни кинематик текшириш қулай бўлиши учун унга эквивалент бўлган схема таянлаймиз. Тезланиш планини қуриш учун тузиладиган вектор тенгламалар системаси

$$\vec{a}_{B_3} = \vec{a}_{B_1} + \vec{a}_{B_2B_1} = \vec{a}_{B_1}^n + \vec{a}_{B_1}^\tau +$$

$$+ \vec{a}_{B_2B_1}^\kappa + \vec{a}_{B_2B_1}^r,$$

$$\vec{a}_{B_3} = \vec{a}_C + \vec{a}_{B_3C} = \vec{a}_C + \vec{a}_{B_3C}^n + \vec{a}_{B_3C}^\tau$$

даги  $\vec{a}_{B_2B_1}^\kappa = 0$  бўлади, чунки  $v_{B_2B_1} = \text{const}$ .



35-шакл.

### 8-§. Учинчи класс АССУР ГРУППАЛАРИ УЧУН ТЕЗЛИК ВА ТЕЗЛАНИШЛАРНИ АНИҚЛАШ

III класс Ассур группалари учун звено нуқталарининг тезлик ва тезланишларини қутбий планлар қуриш йўли билан аниқлашда алоҳида нуқталардан фойдаланилади. Бундай нуқталар Ассур нуқталари дейилади.

Таркибида 3 томонли ёпиқ контури бўлган группа (35-шакл, а) учун тезлик ва тезланишлар планини қуришни кўриб чиқамиз (35-шакл, б, в).

Група базис звено 5 дан ва унга  $B, C, E$  нуқталари айланма кинематик жуфтлар орқали боғланган тортқилар 2, 3, 4 дан ташкил топган. Група звенолари  $\mu$ , масштабда чизилган бўлиб, тортқиларнинг ташқи кинематик жуфтлари нуқталарнинг абсолют тезлик ва абсолют тезланишларининг қийматлари ҳамда вектор йўналишлари берилган бўлсин. 2 ва 3 тортқи ўқ чизикларини давом эттириб, уларнинг кесилиш нуқтаси  $S_1$  ни ҳосил қиламиз. Аниқланган  $S_1$  нуқта базис звено 5 га тааллуқли деб қараб, унинг тезлик ва тезланишини қутб плани ёрдамида аниқлаймиз.

1. Бунинг учун ихтиёрий танланган  $p$  нуқтага  $A, D, F$  нуқталарнинг тезлик масштабида ифодаланган тезлик векторларини ( $pa$ ), ( $pd$ ), ( $pf$ ) кесмалар тарзида қўямиз (35-шакл, б). Базис звено 5 га тегишли  $B, C, E$  нуқталарнинг тезлик ва тезланишларини аниқлаш учун дастлаб унга тегишли бўлган алоҳида нуқта  $S_1$  нинг тезлик ва тезланишини аниқлаш зарур.  $S_1$  нуқта тезлиги қуйидаги вектор тенгламалар системасидан фойдаланилган ҳолда аниқланади:

$$\begin{aligned}\vec{v}_{S_1} &= \vec{v}_B + \vec{v}_{S_1B}, \\ \vec{v}_{S_1} &= \vec{v}_C + \vec{v}_{S_1C}.\end{aligned}\quad (2.17)$$

$$\begin{aligned}\vec{v}_B &= \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}, \\ \vec{v}_C &= \vec{v}_D + \vec{v}_{CD}\end{aligned}\quad (2.17')$$

ёндалигини назарда тутиб (2.17) ва (2.17') тенгламаларни қуйидаги кўринишда умумлаштириб ёзамиз:

$$\begin{aligned}\vec{v}_{S_1} &= \vec{v}_A + \vec{v}_{BA} + \vec{v}_{S_1B} \\ \vec{v}_{S_1} &= \vec{v}_D + \vec{v}_{CD} + \vec{v}_{S_1C}\end{aligned}\quad (2.18)$$

тенгладан умумий чизик билан боғланган векторлар битта чизикда ётади, чунки  $\vec{v}_{BA}$  ва  $\vec{v}_{S_1B}$  векторлар  $AS_1$  чизикқа,  $\vec{v}_{CD}$  ва  $\vec{v}_{S_1C}$  векторлар  $DS_1$  чизикқа перпендикуляр йўналган. Шу сабабли уларнинг  $\vec{v}_{BA} + \vec{v}_{S_1B}$  йиғиндиси  $AS_1$  чизикқа  $\vec{v}_{CD} + \vec{v}_{S_1C}$  вектори  $DS_1$  чизикқа перпендикуляр йўналгандир.

(2.18) тенгламадан фойдаланиб, тезлик планидаги  $\vec{v}_A$  векторни ифодаловчи ( $pa$ ) кесманинг  $a$  нуқтасидан  $AS_1$  чизикқа перпендикуляр ўтказамиз. Шунингдек,  $\vec{v}_D$  векторни ифодаловчи ( $pd$ ) кесманинг  $d$  нуқтасидан  $DS_1$  чизикқа перпендикуляр ўтказамиз. Уларнинг кесилишувидан ҳосил бўлган  $s_1$  нуқта тенглама (2.18) нинг ечимини беради, яъни ( $ps_1$ ) кесма звено 5 га тегишли  $S_1$  нуқтанинг абсолют тезлигини ифодалайди.

$E$  нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун чизмадаги  $S$  ва  $E$  нуқталар ўзаро тўғри чизиқ орқали туташтирилади ва вектор тенгламалар системаси тузилади:

$$\begin{aligned}\vec{v}_E &= \vec{v}_{S_1} + \vec{v}_{ES_1} \\ \vec{v}_E &= \vec{v}_F + \vec{v}_{EF}.\end{aligned}\quad (2.19)$$

Тенгламалар системасини ечиш учун тезлик планидаги  $s_1$  ва  $f$  нуқталардан схемадаги  $S_1E$  ва  $FE$  нурларга перпендикуляр чизиқлар ўтказилади ва уларнинг кесишиш нуқтаси  $e$  тенгламалар системасининг график усулда ҳал қилинганини кўрсатади, яъни  $(pe)$  —  $E$  нуқтанинг абсолют тезлик вектори  $\vec{v}_E$  ни ифодалайди (35- шакл, б).  $B$  нуқтанинг тезлиги қуйидаги вектор тенгламалар системасидан фойдаланилган ҳолда аниқланади:

$$\begin{aligned}\vec{v}_B &= \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}, \\ \vec{v}_B &= \vec{v}_E + \vec{v}_{BE}.\end{aligned}\quad (2.20)$$

Бу тенгламалар системаси (2.19) ни ечиш учун тезлик планидаги  $\vec{v}_A$  векторини ифодаловчи  $(Pa)$  кесманинг охири  $a$  нуқтадан схемадаги  $AB$  чизиққа перпендикуляр ўтказилади. Шунингдек,  $\vec{v}_E$  векторини ифодаловчи  $(pe)$  кесманинг охири  $e$  нуқтадан схемадаги  $BE$  чизиққа перпендикуляр ўтказилади. Уларнинг кесишуви натижасида ҳосил бўлган  $v$  нуқтани қутб  $p$  билан туташтириб,  $B$  нуқтанинг абсолют тезлик вектори  $\vec{v}_B$  нинг чизмадаги ифодаси  $(pv)$  аниқланади.

$C$  нуқта тезлигини аниқлаш учун вектор тенгламалар системасидан ёки ўхшаш учбурчак қуриш усулидан фойдаланиш мумкин. Бунинг учун схемадаги учбурчак  $BEC$  га тезлик планида унга ўхшаш бўлган учбурчак  $ves$  қурилади (35- шакл, б).

Алоҳида нуқталар тортқи ўқлари давомининг кесишувидан ҳосил бўлиб, базис звено  $5$  га тегишлидир (35- шакл, а). Мисолимизда бундай нуқталар учта:  $S_1, S_2, S_3$ . Чизма чизишда қайси нуқта қулай бўлса, ўшанисидан фойдаланиш мумкин.

2. III класс Ассур группаси учун тезланишлар планини қуриш ҳам юқоридагидек, алоҳида нуқталардан фойдаланилган ҳолда бажарилади. Тезлик планини қуришда фойдаланилган алоҳида нуқта  $S_1$  дан тезланиш планини кўришда ҳам фойдаланамиз.

Тезланиш планини қуриш учун ихтиёрый танлаб олинган қутб  $p$  га  $A, D, F$  нуқталарнинг тезланиш векторлари  $\vec{a}_A, \vec{a}_D, \vec{a}_F$  ларни  $(pa), (pd), (pf)$  кесмалар тарзида қўямиз (35- шакл, в).

$S_1$  нуқта тезланиши қуйидаги вектор тенгламалар системасидан аниқланади:

$$\begin{aligned}\vec{a}_{S_1} &= \vec{a}_A + \vec{a}_{BA} + \vec{a}_{S_1B}, \\ \vec{a}_{S_1} &= \vec{a}_D + \vec{a}_{CD} + \vec{a}_{S_1C}.\end{aligned}\quad (2.21)$$

Тезланишларни нормал ва тангенциал ташкил этувчиларга ажратган ҳолда тенгламалар системаси (2.21) ни қуйидаги кўринишга келтириш мумкин:

$$\begin{aligned} \vec{a}_{S_1} &= \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{S_1B}^n + \vec{a}_{BA}^{\tau} + \vec{a}_{S_1B}^{\tau} = \vec{a}_A + \vec{a}_{S_1A}^n + \vec{a}_{S_1A}^{\tau}, \\ \vec{a}_{S_1} &= \vec{a}_D + \vec{a}_{CD}^n + \vec{a}_{S_1C}^n + \vec{a}_{CD}^{\tau} + \vec{a}_{S_1C}^{\tau} = \vec{a}_D + \vec{a}_{S_1D}^n + \vec{a}_{S_1D}^{\tau}. \end{aligned}$$

Тенгламалар системасидаги  $\vec{a}_{S_1A}^n$ ,  $\vec{a}_{S_1D}^n$  ҳамда  $\vec{a}_{S_1A}^{\tau}$ ,  $\vec{a}_{S_1D}^{\tau}$  векторлар ифодаловчи векторлардир. Чунки уларнинг ҳар бири таркибига кирадиган ҳар икки алоҳида векторнинг йўналиши ягона чизиқ  $S_1A$  ва  $S_1D$  га параллел ёки тик йўналгандир. Нормал тезланиш векторларининг қийматлари одатдагидек аниқланади:

$$a_{BA}^n = \frac{v_{BA}^2}{l_{AB}}; a_{S_1B}^n = \frac{v_{S_1B}^2}{l_{S_1B}}; a_{CD}^n = \frac{v_{CD}^2}{l_{CD}}; a_{S_1C}^n = \frac{v_{S_1C}^2}{l_{S_1C}}.$$

Тезланиш планида  $S_1$  нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун  $\vec{a}_A$  векторни ифодаловчи ( $\pi a$ ) кесма охири  $a$  нуқтага  $\vec{a}_{S_1A}^n = \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{S_1B}^n$  векторнинг чизма ифодаси  $(an_2) = (n_1^2) + (n_2^2 n_2)$  кесмани  $AS_1$  чизиққа параллел равишда  $S_1$  дан  $A$  га томон йўналишда қўямиз.

Сўнгра  $\vec{a}_D$  векторни ифодаловчи ( $\pi d$ ) кесманинг охири  $d$  нуқтадан

$\vec{a}_{S_1D}^n = \vec{a}_{S_1C}^n + \vec{a}_{CD}^n$  векторининг чизма ифодаси  $(dn_3) = (dn_3) + (n_3 n_3)$  кесмани  $DS_1$  чизиққа параллел равишда  $S_1$  дан  $D$  томонга йўналишда ўлчаб қўямиз. Белгиланган  $n_2$  нуқтадан натижаловчи тангенциал тезланишлар векторлари йиғиндиси

$\vec{a}_{S_1A}^{\tau} = \vec{a}_{BA}^{\tau} + \vec{a}_{S_1B}^{\tau}$  нинг таъсир чизиги  $AS$  га перпендикуляр қилиб ўтказилади. Сўнгра

$\vec{a}_{S_1D}^{\tau} = \vec{a}_{S_1C}^{\tau} + \vec{a}_{CD}^{\tau}$  нинг таъсир чизиги  $n_3$  нуқтадан  $DS_1$  чизиққа перпендикуляр қилиб ўтказилади. Ўтказилган перпендикуляр чизиқларнинг ўзаро кесишиш нуқтаси  $s_1$  ни қутб  $\pi$  билан туташтирувчи кесма ( $\pi s_1$ )  $s_1$  нуқтанинг абсолют тезланишини билдиради.  $E$  нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун қуйидаги вектор тенгламалар системасидан фойдаланамиз:

$$\begin{aligned} \vec{a}_E &= \vec{a}_{S_1} + \vec{a}_{ES_1}^n + \vec{a}_{ES_1}^{\tau}, \\ \vec{a}_E &= \vec{a}_F + \vec{a}_{EF}^n + \vec{a}_{EF}^{\tau}. \end{aligned}$$

$\vec{a}_{ES_1}^n$  ва  $\vec{a}_{EF}^n$  нормал тезланиш векторларининг масштабдаги чизма ифодаси бўлган  $(s_1 n_6)$  ва  $(fn_4)$  кесмалар тезланиш планидаги  $s_1$  ва  $f$  нуқталардан ўлчаб қўйилади.  $(s_1 n_6)$  кесма  $ES_1$  нурга параллел ва  $E$  нуқтадан  $S_1$  нуқта томонга йўналган бўлади. Шунингдек,  $(fn_4)$  кесма  $EF$  чизиққа параллел бўлиб,  $E$  нуқтадан  $F$  нуқта томонга йўналган бўлади.



Учинчи класс механизмларининг кинематикасини текширишда Ассур нукталаридан ёки бошқача айтганда алоҳида нукталардан фойдаланиш лозимлигини юқорида кўриб ўтган эдик. Группада базис звено 3 га тегишли бўлган алоҳида нукталар сони 3 та. Уларни қуйидагича аниқлаймиз (36-шакл, б).  $S_1$  нукта звено  $DC$  ўқ чизиги билан  $E$  нуктадан ўтувчи ползун йўналтирувчисига ўтказилган тик чизиқнинг кесишувидан ҳосил бўлади.  $S_2$  нукта звенолар 2 ва 5 нинг айланма кинематик жуфтларига тегишли бўлган  $B$  ва  $E$  нукталардан ўтувчи ҳамда шу звеноларнинг йўналтирувчиларига тик бўлган чизиқларнинг кесишувидан ҳосил бўлади.  $S_3$  нукта  $B$  нуктадан ўтувчи ва звено 2 нинг йўналтирувчисига тик бўлган чизиқ билан звено  $DC$  ўқ чизигининг кесишувидан ҳосил бўлади.

Механизмнинг кинематикасини текширишда биз ўзимиз учун қулай деб ҳисоблайдиган исталган алоҳида нуктадан фойдаланишимиз мумкин. Мисолимизда  $S_3$  нуктадан фойдаланамиз.

$S_1$  нуктанинг тезлиги қуйидаги вектор тенгламалардан фойдаланилган ҳолда аниқланади:

$$\begin{aligned}\vec{v}_{S_1} &= \vec{v}_{B_1} + \vec{v}_{S_1 B_1} = \vec{v}_{B_1} + \vec{v}_{B_2 B_1} + \vec{v}_{S_1 B_2} \\ \vec{v}_{S_1} &= \vec{v}_C + \vec{v}_{S_1 C} = \vec{v}_D + \vec{v}_{CD} + \vec{v}_{S_1 C}\end{aligned}$$

бу ерда  $\vec{v}_{B_2} = \vec{v}_{B_1}$  (чунки 1 ва 2 звенолар ўзаро айланма кинематик жуфт орқали боғлангандирлар);  $\vec{v}_{B_2 B_1}$  — кулиса 3 га тегишли  $B_2$  нуктанинг тош 2 га тегишли  $B_1$  нуктага нисбатан нисбий (бўйлама) тезлик вектори бўлиб, у звено 3 ўқи бўйича йўналган.  $\vec{v}_{S_1 B_2}$  — звено 3 га тегишли бўлган  $S_1$  нуктанинг шу звенога тегишли  $B_2$  нуктага нисбатан нисбий тезлик вектори бўлиб  $B_2 S_1$  нурга тик, яъни кулиса 3 ўқига параллел равишда йўналган.  $\vec{v}_D = 0$  бўлиб, қутбда ётади.  $\vec{v}_{CD}$  —  $C$  нуктанинг айланиш ўқидаги  $D$  нуктага нисбатан нисбий тезлик вектори бўлиб, звено  $CD$  га тик равишда йўналган бўлади.  $\vec{v}_{S_1 C}$  —  $S_1$  нуктанинг  $C$  нуктага нисбатан нисбий тезлиги бўлиб  $S_1 C$  нурга тик жойлашади.

Тенгламалар системасидаги тепасидан умумий вектор чизиги орқали боғланган тезлик векторлари битта чизиқда ётади, яъни  $\vec{v}_{B_2 B_1}$  ва  $\vec{v}_{S_1 B_2}$  векторлар звено 3 ўқ чизигига параллел жойлашади.  $\vec{v}_{CD}$  ва  $\vec{v}_{S_1 C}$  векторлар эса  $S_1 C$  нурга перпендикуляр йўналган чизиқда ётади.

Тезлик планидаги  $S_1$  нуктанинг ҳолатини аниқлаш учун тенгламалар системасининг биринчи тенгламасига кўра  $\vec{v}_{B_1}$  векторни ифодаловчи ( $p\theta_2$ ) кесманинг охири  $\theta_2$  нуктадан звено 3 га параллел чизиқ ўтказилади. Иккинчи тенглама шартига кўра,  $\vec{v}_D$  векторни ифодаловчи қутб  $p$  дан кинематик схемадаги  $S_1 C$  нурга тик чизиқ ўтказилади. Ўтказилган чизиқларнинг кесишиш нуктаси  $S_3$  ни қутб  $p$  билан туташти-

риш натижасида ҳосил бўлган ( $\rho_{S_3}$ ) кесма  $S_3$  нуқтанинг абсолют тезлик вектори  $\vec{v}_{S_3}$  ни ифодалайди.

$E_5$  нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун вектор тенгламалар системасини тузамиз:

$$\vec{v}_{E_5} = \vec{v}_{S_3} + \vec{v}_{E_5 S_3},$$

$$\vec{v}_{E_5} = \vec{v}_{E_5} + \vec{v}_{E_5 E_5},$$

бу ерда  $\vec{v}_{E_5 S_3}$  —  $E_5$  нуқтанинг  $S_3$  нуқтага нисбатан нисбий тезлик вектори бўлиб,  $E_5 S_3$  нурга тик жойлашади;  $\vec{v}_{E_5}$  қўзғалмас нуқтанинг «тезлик» вектори бўлиб, қутбда жойлашади;  $\vec{v}_{E_5 E_5}$  — звено 5 нинг қўзғалмас звено 6 га нисбатан нисбий тезлик вектори бўлиб,  $x-x$  чизиги бўйлаб йўналган бўлади.

$E_5$  нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун тезлик планидаги  $s_3$  нуқтадан, тенгламалар системасининг биринчи тенгламаси шартига кўра, кинематик схемадаги  $S_3 E$  тўғри чизиққа, тенгламалар системасининг иккинчи тенгламаси шартига кўра  $\rho$  қутбдан  $x-x$  йўналтирувчига параллел чизиқ ўтказилади. Ўтказилган чизиқларнинг кесишиш нуқтаси  $e$  нуқта  $E$  нинг тезлигини аниқлайди.

$B_3$  нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун вектор тенгламалар системаси қуйидагича ёзилади:

$$\vec{v}_{B_3} = \vec{v}_E + \vec{v}_{B_3 E},$$

$$\vec{v}_{B_3} = \vec{v}_{B_3} + \vec{v}_{B_3 B_3},$$

бу ерда  $\vec{v}_{B_3 E}$  нисбий тезлик вектори звено 3 га тик йўналган бўлиб,  $\vec{v}_{B_3 B_3}$  нисбий тезлик вектори звено 3 бўйлаб жойлашади. Тезлик планида  $B$  нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун, тенгламалар системасига асосан, тезлик планидаги  $e$  нуқтадан звено 3 га перпендикуляр чизиқ ва  $b_2$  нуқтадан звено 3 га параллел чизиқ ўтказамиз. Уларнинг кесишиш нуқтаси  $b_3$  ни қутб билан туташтирувчи ( $\rho_{B_3}$ ) кесма  $B_3$  нуқтанинг абсолют тезлик вектори  $\vec{v}_{B_3}$  ни ифодалайди.

$C$  нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун вектор тенгламалар системаси қуйидагича ёзилади:

$$\vec{v}_C = \vec{v}_E + \vec{v}_{CE},$$

$$\vec{v}_C = \vec{v}_D + \vec{v}_{CD}.$$

Тенглама ечимини ҳосил қилиш учун тезлик планидан аниқланган  $l$  нуқтадан  $\vec{v}_{CE}$  вектор таъсир чизигини, яъни звено 3 ўқиға перпендикуляр ўтказилади.  $\vec{v}_D = 0$  бўлганлиги сабабли, иккинчи тенгламага кўра, қутб  $\rho$  дан звено 4 га тик чизиқ ўтказилади. Ўтказилган чизиқларнинг кесишиш нуқтаси  $c$  тенгламалар системасининг ечимини белгилайди.

Ҳақиқий тезликларни аниқлаш учун тезлик планидаги кесмалар тезлик масштабига кўпайтирилади:

$$\begin{aligned}v_E &= (\rho e) \cdot \mu_v = 34.0, 12 = 4,56 \text{ м/с}; \\v_{B_3 B_1} &= (v_3 \theta_2) \cdot \mu_v = 21.0, 12 = 2,52 \text{ м/с}; \\v_C &= (\rho c) \cdot \mu_v = 12.0, 12 = 1,44 \text{ м/с}; \\v_{EC} &= (e c) \cdot \mu_v = 42.0, 12 = 5,04 \text{ м/с}.\end{aligned}$$

Звенолар 2 ва 3 нинг бурчак тезликлари:

$$\omega_2 = \omega_3 = \frac{v_{EC}}{l_{EC}} = \frac{5,04}{0,525} = 9,6 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Звено 4 нинг бурчак тезлиги:

$$\omega_4 = \frac{v_C}{l_{CD}} = \frac{1,44}{0,175} = 8,23 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

4. Механизмнинг тезланишлар планини қураимиз. Кривошип ўзгармас бурчак тезлик билан ҳаракатланади деб қараймиз.

У ҳолда  $B_1$  нуқтанинг тезланиши нормал тезланишдан иборат бўлади:

$$a_{B_1} = a_{BA}^n = \omega_{AB} \cdot l_{AB} = (41,86)^2 \cdot 0,1 = 175,2 \text{ м/с}^2.$$

$B_1$  нуқта тезланиш вектори  $a_{B_1}$  ни танланган тезланишлар қутби  $\pi$  нуқтадан бошлаб ( $\pi \theta_1$ ) = 40 мм кесма тарзида кривошипга параллел равишда ҳамда унинг  $B$  нуқтасидан айланиш маркази  $A$  га қараб йўналтирилган ҳолда қураимиз. Шунингдек,  $\vec{a}_{B_2} = \vec{a}_{B_1}$  бўлади (36-шакл, з).

Тезланиш масштаби:

$$\mu_a = \frac{a_{B_1}}{(\pi \theta_1)} = \frac{175 \text{ м/с}^2}{40 \text{ мм}} = 4,38 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}.$$

Алоҳида нуқта  $s_3$  нинг тезланишини аниқлаш учун вектор тенгламалар системаси тузилади:

$$\begin{aligned}\vec{a}_{S_3} &= \vec{a}_{B_3} + \vec{a}_{S_3 B_3} = \vec{a}_{B_2} + \vec{a}_{B_3 B_2} + \vec{a}_{S_3 B_3}, \\ \vec{a}_{S_3} &= \vec{a}_C + \vec{a}_{S_3 C} = \vec{a}_D + \vec{a}_{C_3 D} + \vec{a}_{S_3 C}.\end{aligned}$$

Тезланишларни ташкил этувчиларга ажратган ҳолда ҳадларни группалаб, тенгламалар системасини қайта ёзамиз:

$$\begin{aligned}\vec{a}_{S_3} &= \vec{a}_{B_2} + \vec{a}_{B_3 B_2}^{\kappa} + \vec{a}_{S_3 B_3}^n + \vec{a}_{S_3 B_3}^r + \vec{a}_{S_3 B_3}^{\tau}, \\ \vec{a}_{S_3} &= \vec{a}_D + \vec{a}_{C_3 D}^n + \vec{a}_{S_3 C}^n + \vec{a}_{C_3 D}^{\tau} + \vec{a}_{S_3 C}^{\tau}.\end{aligned}$$

Бу ерда  $\vec{a}_{B_3 B_2}^{\kappa}$  — Кориолис тезланиш вектори.  $\vec{a}_{S_3 B_3}^n$  —  $s_3$  нуқтанинг  $B_3$  нуқта атрофида айланма ҳаракати натижасида ҳосил бўлувчи нормал тезланиш вектори;  $\vec{a}_{C_3 D}^n$  —  $C$  нуқтанинг қўзғалмас  $D$  нуқта атрофида ай-

ланиши натижасида ҳосил бўладиган нормал тезланиш вектори;  $a_{S_3C}^{\rightarrow n}$  —  $S_3$  нуқтанинг  $C$  нуқта атрофида айланиши натижасида ҳосил бўладиган нормал тезланиш вектори. Уларнинг чизма қийматларини аниқлаймиз. Кориолис тезланишининг чизма қиймати:

$$(\beta_2 \kappa) = \frac{a_{B_3 B_2}^{\kappa}}{\mu_a} = \frac{2 \cdot \omega_3 \cdot v_{B_3 B_2}}{\mu_a} = \frac{2.9.6.2.52}{4.38} = 11 \text{ мм.}$$

$a_{S_3 B_3}^n$  — тезланишнинг чизма узунлиги:

$$(\kappa n_2) = \frac{a_{S_3 B_3}^n}{\mu_a} = \frac{v_{S_3 B_3}^2}{l_{S_3 B_3} \cdot \mu_a} = \frac{((s_3 \beta_3) \cdot \mu v)^2}{(S_3 B_3) \cdot \mu_e \cdot \mu_a} = \frac{(22.5 \cdot 0.12)^2}{57 \cdot 0.005 \cdot 4.38} = 5.84 \text{ мм.}$$

Бу ерда  $(s_3 \beta_3) = 22.5$  мм кесма тезлик планидан ўлчаб олинган нисбий тезликнинг чизма ифодаси;  $(S_3 B_3) = 57$  мм — кинематик схемадан ўлчаб олинган  $S_3$  ва  $B_3$  нуқталар орасидаги масофа.

Кориолис ва нормал тезланиш векторлари бир томонга йўналган. Уларнинг йиғинди қиймати:

$$(\beta_2 n_2) = (\beta_2 \kappa) + (\kappa n_2) = 11 + 5.84 = 16.84 \text{ мм.}$$

$C$  нуқтанинг  $D$  нуқтага нисбатан нормал тезланишининг чизмадаги ифодаси қуйидаги қийматга тенг:

$$\pi n_4 = \frac{a_{CD}^n}{\mu_a} = \frac{v_{CD}^2}{l_{CD} \cdot \mu_a} = \frac{((pc) \cdot \mu v)^2}{l_{CD} \cdot \mu_a} = \frac{(12 \cdot 0.12)^2}{0.175 \cdot 4.38} = 2.7 \text{ мм.}$$

$S_3$  нуқтанинг  $C$  нуқтага нисбатан нисбий нормал тезланишининг чизмадаги ифодасини аниқлаймиз:

$$(n_4 n_4^1) = \frac{a_{S_3 C}^n}{\mu_a} = \frac{v_{S_3 C}^2}{l_{S_3 C} \cdot \mu_a} = \frac{((s_3 c) \cdot \mu v)^2}{(s_3 c) \mu_e \cdot \mu_a} = \frac{(35 \cdot 0.12)^2}{90 \cdot 0.005 \cdot 4.38} = 8.9 \text{ мм.}$$

Юқоридаги формулалардаги кесмалар узунлиги  $(pc) = 12$  мм,  $(s_3 c) = 35$  мм бўлиб, улар тезлик планидан ўлчаб олинган қийматлардир.  $(S_3 C) = 90$  мм кинематик схемадан ўлчаб олинган  $S_3$  ва  $C$  нуқталар орасидаги масофа.

$a_{CD}^{\rightarrow n}$  вектор  $C$  дан  $D$  га қараб,  $a_{S_3 C}^{\rightarrow n}$  вектор  $S_3$  дан  $C$  га қараб йўналган бўлади. Уларнинг натижаловчиси  $a_{CD}^{\rightarrow n} + a_{S_3 C}^{\rightarrow n}$  йиғинди векторнинг модули эса ташкил этувчи векторлар чизма ифодаларининг айирмасидан аниқланади:

$$(\pi n_4^1) = (n_4 n_4^1) - (\pi n_4) = 8.9 - 2.7 = 6.2 \text{ мм.}$$

$S_3$  нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун:

а) тенгламалар системасининг биринчи тенгламаси шартига кўра

$a_{B_3 B_2}^{\rightarrow \kappa} + a_{S_3 B_3}^{\rightarrow n}$  йиғинди векторнинг чизма ифодаси  $\beta_2 n_2 = 16.84$  мм кесмани тезланишлар планидаги  $\beta_2$  нуқтадан ( $36 =$  шакл,  $г$ ) кинематик схемадаги  $S_3 B_{2a}$  ( $36 =$  шакл,  $б$ ) параллел ва  $S_3$  дан  $B$  томонга йўналган тарзда ўлчаб қўямиз. Кесма охири  $n_2$  нуқтадан  $a_{B_3 B_2}^{\rightarrow \kappa} + a_{S_3 B_3}^{\rightarrow n}$  йи-

ғипди векторнинг таъсир чизиғини — звено 3 га параллел бўлган чизиқни ўтказамиз;

б) тенгламалар системасининг иккинчи тенгламаси шартига кўра

$\vec{a}_{CD} + \vec{a}_{S_3C}$  йиғинди векторининг чизма ифодаси  $(\pi n') = 6, 2$  мм кесма-  
ни қутб  $\pi$  дан схемадаги  $S_3C$  га параллел ҳамда  $S_3$  дан  $C$  га йўналган

тарзда ўлчаб қўямиз. Кесма охири  $n_4^1$  нуқтадан  $\vec{a}_{CD} + \vec{a}_{S_3C}$  вектор-  
нинг таъсир чизиғини звено 4 га тик равишда ўтказамиз. Ўтказилган  
чизиқларнинг кесишиш нуқтаси  $S_3$  ни қутб  $\pi$  билан туташтирувчи  
( $\pi s_3$ ) кесма  $\vec{a}_{S_3}$  векторни ифодалайди.

$E$  нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун вектор тенгламалар сис-  
темасини тузамиз:

$$\begin{aligned}\vec{a}_{E_s} &= \vec{a}_{S_3} + \vec{a}_{E_s S_3} + \vec{a}_{E_s S_3}, \\ \vec{a}_{E_s} &= \vec{a}_{E_s} + \vec{a}_{E_s E_s}.\end{aligned}$$

бу ерда  $\vec{a}_{E_s S_3}$  — ползун 5 нинг кулисага тегишли  $S_3$  нуқтага нисбатан  
нисбий тезланиш векторининг нормал ташкил этувчиси бўлиб,  $\vec{a}_{E_s S_3}$   
унинг тангенциал ташкил этувчиси;  $\vec{a}_{E_s}$  — қўзғалмас нуқтанинг  
«тезланиши» вектори;  $\vec{a}_{E_s E_s}$  — ползун 5 нинг бўйлама (релятив) тезла-  
ниши вектори  $\vec{a}_{E_s S_3}$ . Тезланиш векторининг чизма қиймати:

$$(s_3 n_3^1) = \frac{a_{E_s S_3}^n}{\mu_a} = \frac{v_{ES}^2}{l_{ES} \cdot \mu_a} = \frac{(s_3 e)^2 \cdot \mu_a^2 v}{(ES_3) \cdot \mu_e \cdot \mu_a} = 6, 94 \text{ мм.}$$

Бу ерда  $(S_3 e)$  — тезликлар планидан ўлчаб олинган нисбий тезликнинг  
чизма ифодаси;  $(ES_3)$  — кинематик схемадан ўлчаб олинган  $E$  ва  $S_3$   
нуқталар орасидаги масофа.

Тенгламалар системасини график ҳал қилиш учун тезланишлар пла-  
нидаги (36-шакл,  $e$ )  $s_3$  нуқтадан  $\vec{a}_{E_s S_3}$  тезланишнинг чизма қиймати  
 $(s_3 n_3^1) = 6, 94$  мм кесмани кинематик схемадаги  $ES_3$  чизиғига параллел  
равишда  $E$  дан  $S_3$  га йўналган ҳолатда қурамиз. Сўнгра  $n_3^1$  нуқтадан  
 $\vec{a}_{E_s S_3}$  тангенциал вектор таъсир чизиғини  $ES_3$  чизиғига тик равишда  
ўтказамиз. Тенгламалар системасининг иккинчи тенгламаси шартига  
кўра қутб  $\pi$  дан  $x$  —  $x$  йўналтирувчига параллел чизиқ ўтказамиз. Ўт-  
казилган чизиқларнинг ўзаро кесишиш нуқтаси  $e$  тенгламалар сис-  
темасининг ечимини белгилайди.

$C$  нуқта тезланишини аниқлаш учун ўхшаш учбурчак қуриш усу-  
лидан фойдаланамиз. Бунинг учун кинематик схемадаги  $S_3 EC$  учбур-  
чакка айнан ўхшаш бўлган учбурчак тезланишлар планида ҳам қури-  
лади. 36-шакл,  $e$  га кўра  $\Delta S_3 EC \sim \Delta s_3 ec$ . 3 звенога тегишли  $B_3$   
нуқта тезланиши пропорционал кесмалар усулидан фойдаланиб аниқ-  
ланади:

$$(c v_3) = (ce) \cdot \frac{(CB_3)}{(CE)} = 61 \cdot \frac{69}{105} = 40 \text{ мм.}$$

Бу ерда ( $ce$ ) тезланишлар планидан,  $(CB_3)$ ,  $(CE)$  кинематик схемадан ўлчаб олинган кесмаларнинг узунликларини ифодалайди.

Тезланишлар планидаги  $B_3$  нуқтанинг тезланиш векторини аниқлаш учун ундаги ( $ce$ ) кесманинг  $c$  нуқтасидан бошлаб  $(cv_r) = 40$  мм кесмани ўлчаб қўямиз ва  $e_3$  нуқтанинг ўрнини белгилаймиз.  $e_3$  нуқтани қутб  $\pi$  билан туташтирувчи ( $\pi e_3$ ) кесма  $B_3$  нуқтанинг абсолют тезланиш вектори  $a_{B_3}$  ни билдиради.

Ўхшаш учбурчаклар қуриш усули билан аниқланган нуқталарнинг абсолют тезланишларини звено бўйича ва унга тик йўналган ташкил этувчиларга ажратиш орқали нисбий нормал ва нисбий тангенциал тезланишлар векторларини ҳосил қиламиз.

$C$  нуқтанинг  $E$  нуқтага нисбатан тезланишини нормал ва тангенциал ташкил этувчиларга ажратиш учун  $e$  нуқтадан звено  $3$  га параллел,  $C$  нуқтадан звено  $3$  га перпендикуляр чизиқлар ўтказилади. Уларнинг кесишиш нуқтаси  $n_3$  ташкил этувчи векторлар узунлигини белгилайди. Худди шу усул билан  $4$  звено  $C$  нуқтасининг нормал ва тангенциал тезланишларининг чизма ифодалари ( $\pi n_4$ ) ва  $(n_4c)$  ларни ҳосил қиламиз.

Тезланишларнинг ҳақиқий қийматларини аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} a_c &= (\pi c) \cdot \mu_a = 26 \cdot 4,38 = 113,88 \text{ м/с}^2; \\ a_E &= (\pi e) \cdot \mu_a = 41 \cdot 4,38 = 179,58 \text{ м/с}^2; \\ a_{B_3} &= (\pi e_3) \cdot \mu_a = 23 \cdot 4,38 = 100,74 \text{ м/с}^2. \end{aligned}$$

$3$  звено  $C$  нуқтасининг  $E$  нуқтага нисбатан нисбий тангенциал тезланиши:

$$a_{CE}^* = (n_3c) \cdot \mu_a = 60 \cdot 4,38 = 262,8 \text{ м/с}^2.$$

$4$  звено  $C$  нуқтасининг тангенциал тезланиши:

$$a_{CD}^* = (n_4c) \cdot \mu_a = 27 \cdot 4,38 = 118,26 \text{ м/с}^2.$$

Звеноларнинг бурчак тезланишлари:

$$\begin{aligned} \epsilon_3 &= \frac{a_{CE}^*}{l_{CE}} = \frac{262,8}{0,525} = 500,57 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; \\ \epsilon_4 &= \frac{a_{CD}^*}{l_{DC}} = \frac{118,26}{0,175} = 675,77 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}. \end{aligned}$$

Звенолар бурчак тезланишларининг йўналиши шу звеноларга тегишли нуқталарнинг ўзаро нисбий тангенциал тезланиш векторлари йўналишларига кўра аниқланади. Кинематик схемага кўра (3б-шакл, б) звено  $3$  ва звено  $4$  ларнинг бурчак тезликлари йўналиши уларнинг бурчак тезланишлари йўналишларига қарама-қаршидир. Демак, механизмнинг тасвирланган ҳолатида  $3$  ва  $4$ -звенолар ( $2$ -звено ҳам) секинланувчан бурчак тезлик билан ҳаракат қилади.

### 3-боб. ҚУЛАЧОҚЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИ КИНЕМАТИК ТЕКШИРИШ

#### 1-§. КИНЕМАТИК ТЕКШИРИШ УСУЛЛАРИ. АЛМАШТИРУВЧИ МЕХАНИЗМЛАРНИ ҲОСИЛ ҚИЛИШ

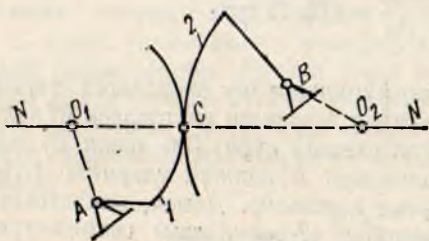
1. Кулачокли механизмларни кинематик текширишда график, графоаналитик, аналитик усуллардан фойдаланилади.

График усулдан фойдаланилганда кулачокнинг кинематик схемасига кўра турткичнинг ҳаракат диаграммалари ҳосил қилиниб, унинг ҳолати, тезлик ва тезланишлари қийматлари аниқланади.

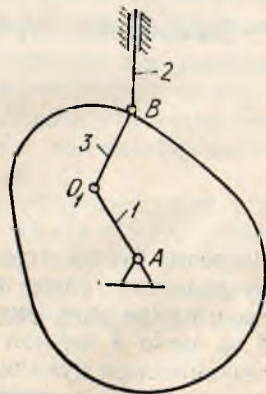
Турткичнинг тезлик ва тезланишларини қутбий тезлик ва қутбий тезланишлар планларини қуриб аниқлаш графоаналитик усул дейилади. Кулачокли механизмни графоаналитик усул билан текширишда унинг ҳақиқий ёки алмаштирувчи механизмнинг кинематик схемасидан фойдаланилади. Алмаштирувчи механизм ҳақиқий механизмга эквивалент бўлиб, унинг кинематик схемасидан фойдаланиб аниқландиган тезлик ва тезланиш қийматлари ҳақиқий кинематик схемага кўра аниқландиган тезлик ва тезланишлар қийматларига тенг бўлади.

Ҳақиқий механизмни звенolari ўзарo фақат қуйи кинематик жуфтлар орқали боғланган алмаштирувчи механизмга айлантирилса, кинематик текшириш усули маълум даражада енгиллашади.

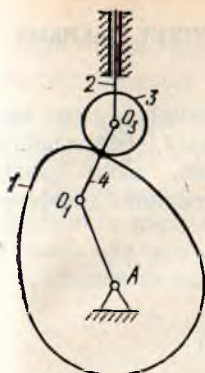
2. Алмаштирувчи механизм ҳосил қилиш усули билан танишиб чиқамиз: 1) механизмнинг ўзарo олий кинематик жуфт орқали боғланган звенolari ихтиёрий шаклдаги эгри чизиқлар бўлсин (37-шакл). Уларнинг ўзарo уриниш нуқтаси  $C$  га умумий нормал  $N-N$  ўтказилади ва унда ҳар бир звенога тегишли эгри сирт  $C$  нуқтасининг эгрилик марказлари  $O_1$  ва  $O_2$  лар белгиланади. Ҳосил бўлган нуқталарни айланма кинематик жуфтлар деб ҳисоблаб, уларни ўзарo ҳамда  $A$  ва  $B$  нуқталар билан тўғри чизиқлар орқали туташтирилса, ҳаракатланувчи звенolar  $AO_1$ ;  $O_1O_2$ ;  $O_2B$  лардан ташкил топган алмаштирувчи механизм ҳосил бўлади. Ҳақиқий механизмнинг ҳолати ўзгариши билан алмаштирувчи механизмнинг геометрик ўлчамлари ўзгариб ке-



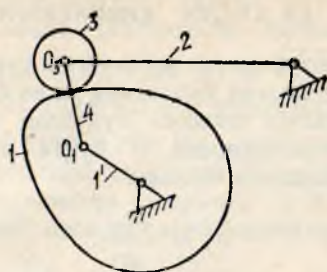
37-шакл.



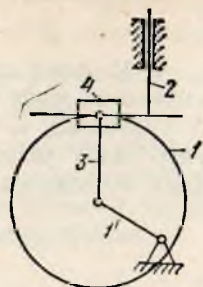
38-шакл.



39- шакл.



40- шакл.



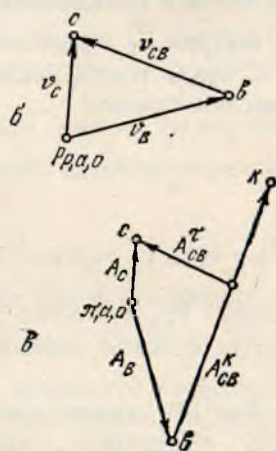
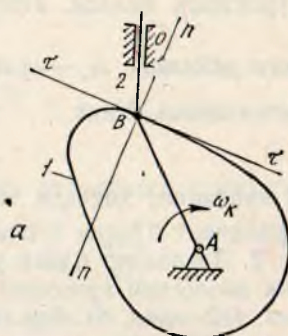
41- шакл.

тади. Чунки эгрилик марказлари  $O_1$  ва  $O_2$  нинг ҳолатлари ўзгаради;

2) агар ўзаро уринувчи элементлардан бири эгри чизиқ бўлиб, иккинчиси нуқта бўлса, унинг эгрилик маркази ўша нуқтанинг ўзида жойлашади. Бу ҳолни биз турткичи ўткир учли бўлиб, илгарилама-қайтма ҳаракатланувчи кулачокли механизм мисолида кўриб чиқамиз (38-шакл). Демак, алмаштирилган механизм қўзғалувчи эзенолар 1, 2 ва 3 дан ташкил топган кривошип-пўлзунли механизмнинг ўзига айланади.

39- ва 40-шаклларда турткичи ролик билан жиҳозланган кулачокли механизмлар учун алмаштирувчи механизм ҳосил қилиш иўллари кўрсатилган;

3) агар ўзаро уринувчи элементлардан бири эгри чизиқ бўлиб, иккинчиси тўғри чизиқ бўлса, унинг эгрилик маркази чексизликда ётади. У ҳолда тўғри чизиқнинг эгрилик маркази ўрнига шартли равишда илгарилама кинематик жуфт ҳосил қилувчи шартли звено 4 ни қабул қиламиз (41-шакл) 38, 39, 40, 41-шаклларда ҳосил қилинган алмаштирувчи механизмлар шарнир-ричагли механизмлар бўлиб, уларни кинематик текшириш усуллари II бобда келтирилган. Шу сабабли, биз кейинги параграфда кулачокли механизм кинематикасини унинг ҳақиқий кинематик схемасига кўра аниқлашни кўриб чиқамиз.



42- шакл.



2-§. ТЕЗЛИК ВА ТЕЗЛАНИШЛАРНИ АНИҚЛАШ. УЛАРНИНГ ҲАҚИҚИЙ  
ВА АНАЛОГ ҚИЙМАТЛАРИ

1. 42-шакл, *a* да тасвирланган кулачок ва турткичнинг ўзаро олий кинематик жуфт ҳосил қилган нуқтасини *B* ва *C* билан белгилайлик. *B* кулачокка, *C* турткичга тегишли нуқталар бўлиб, айти ҳолатда улар ўзаро устма-уст жойлашади. *B* нуқта тезлигининг дифференциал тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$v_B = \frac{dS_B}{dt}. \quad (3.1)$$

Тенглама (3.1) ни *dφ* га кўпайтириб бўлсак у:

$$v_B = \frac{dS_B}{dφ} \cdot \frac{dφ}{dt} = \frac{dS_B}{dφ} \cdot \omega_k \quad (3.2)$$

кўринишга келади. Тенглама (3.2) даги  $\frac{dS_B}{dφ}$  *B* нуқтанинг тезлик ана-  
логи дейилади.  $\omega_k$ — кулачокнинг бурчак тезлиги.  $\frac{dS_B}{dφ}$  ни *V<sub>B</sub>* билан  
белгилаймиз. Унда

$$v_B = V_B \cdot \omega_k. \quad (3.2')$$

*B* нуқтанинг ҳақиқий тезлиги *v<sub>B</sub>* тезлик аналогини билан ўзгармас ко-  
эффицент бўлган бурчак  $\omega_k$  орқали муносабатда бўлади.

2. Тезликлар плани учун танланган қутб *p* га *B* нуқтанинг тез-  
лик аналогини кривошип масштабида (*pφ*) кесма тарзида келтириб қўя-  
миз. (42-шакл, *b*). Бунда (*pφ*) кесма *AB* чизиққа тик равишда  $\omega_k$  бур-  
чак тезлиги йўналишида жойлашади ва ўзида *B* нуқта тезлиги анало-  
ги вектори  $\vec{V}_B$  ни ифодалайди.

*C* нуқта тезлик аналогини аниқлаш учун вектор тенгламалар сис-  
темасини тузамиз:

$$\begin{aligned} \vec{V}_c &= \vec{V}_B + \vec{V}_{CB}, \\ \vec{V}_c &= \vec{V}_o + \vec{V}_{Co}. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Бу ерда  $\vec{V}_c$  турткич 2 нинг тезлик аналогини  $\frac{ds_c}{dφ}$  ни ифодаловчи  
вектор;  $\vec{V}_{CB}$  турткичга тегишли *C* нуқтанинг кулачокка тегишли *B*  
нуқтага нисбатан нисбий тезлик аналогини векторидир. *У* кулачокнинг  
*B* нуқтасига ўтказилган уринма *t—t* чизиғи бўйлаб жойлашади;  $\vec{V}_o$   
турткич йўналтирувчисига тегишли бўлган *O* нуқтанинг «тезлик ана-  
логи» вектори бўлиб, унинг қиймати нолга тенг,  $\vec{V}_{Co}$  турткичнинг ўз  
йўналтирувчисига нисбатан нисбий тезлик аналогини вектори бўлиб, *У*  
турткич ўқи бўйлаб жойлашади.

Тезликлар планида *c* нуқтанинг ҳолатини аниқлаш учун тенгла-  
малар системаси (3.3) нинг биринчи тенгламасига асосан (*pφ*) кесма

охири  $v$  нуқтадан  $\vec{V}_{CB}$  векторнинг таъсир чизигини  $t-t$  чизигига параллел равишда ўтказамиз. Тенгламалар системаси (3.3) нинг иккинчи тенгламаси шартига кўра қутб  $p$  га  $\vec{V}_O$  векторни қўямиз. Унинг қиймати нолга тенг бўлгани учун  $O$  нуқта қутбда ётади.

$O$  нуқтадан, яъни қутб  $p$  дан  $\vec{V}_{Co}$  векторнинг таъсир чизигини турткича параллел равишда ўтказамиз. Ўтказилган чизиқларнинг кесишиш нуқтаси  $s$  тенгламалар системаси (3.3) нинг ечимини беради.

Тезлик аналогининг масштаб коэффициентини аниқлаймиз:

$$\mu_{ds} = \frac{ds_B}{d\varphi} = \frac{l_{AB} \cdot d\varphi}{(p\theta)} = \frac{(AB) \cdot \mu_l}{(p\theta)} = \mu_l.$$

Тезлик аналоги масштаби тезликлар плани кривошип масштабида қурилганда  $((p\theta) = (AB)$  бўлганда) узунлик масштабига тенг бўлади.

$$\mu_{ds} = \mu_l. \quad (3.4)$$

Ҳақиқий тезлик масштабини аниқлаймиз:

$$\mu_v = \frac{v_B}{(p\theta)} = \frac{l_{AB} \cdot \omega_k}{(p\theta)} = \frac{(AB) \mu_l \cdot \omega_k}{(p\theta)} = \mu_e \cdot \omega_k,$$

яъни:  $\mu_v = \mu_l \cdot \omega_k.$  (3.5)

3.  $B$  нуқта тезланишининг дифференциал тенгламаси қуйдагича бўлади:

$$a_B = \frac{dv_B}{dt} = \frac{d(V_B \omega_k)}{dt} = \frac{dV_B}{dt} \omega_k + V_B \cdot \frac{d\omega_k}{dt}.$$

$\omega_k = \text{const}$  бўлгани учун  $\frac{d\omega_k}{dt} \cdot V_B = 0$  бўлади.

Бундан:

$$a_B = \frac{dV_B}{dt} \cdot \omega_k = \frac{dV_B}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} \cdot \omega_k = \frac{dV_B}{d\varphi} \cdot \omega_k^2.$$

$\frac{dV_B}{d\varphi} = \frac{d^2 s_B}{d\varphi^2}$  — тезланиш аналоги дейилади, уни  $A_B$  билан белгилаб, ҳақиқий тезланиш билан тезланиш аналоги орасидаги муносабатни ёзамиз:

$$a = A_B \cdot \omega_k^2 = \frac{d^2 s_B}{d\varphi^2} \cdot \omega_k^2. \quad (3.6)$$

$B$  нуқтанинг тезланиши нормал тезланиш бўлиб, у қуйдаги формулага кўра аниқланади:

$$a_B = a_{BA}^n = l_{AB} \cdot \omega_k^2. \quad (3.7)$$

(3.7) ни (3.6) билан таққосласак, бош звенога тегишли  $B$  нуқта нормал тезланиш аналоги шу нуқтадан айланиш марказигача бўлган узунликка тенг бўлишини кўрамиз:

$$\frac{d^2 s_B}{d\varphi^2} = A_B = l_{AB}.$$

Тезланишлар планини кривошип масштабида кўрамиз. Бунинг учун

$\frac{d^2 s_B}{d\varphi^2}$  нинг чизма қиймати ( $\mu\theta$ ) ни ( $AB$ ) га тенг қилиб олган ҳолда кутб  $\pi$  га қўямиз. Бунда ( $\mu\theta$ ) кесма ( $AB$ ) кесмага параллел равишда  $B$  дан  $A$  га йўналган ҳолда қурилади (42-шакл,  $\theta$ ). Тезланиш аналогига масштаб коэффициентини ҳисоблаймиз:

$$\mu_A = \mu_{d^2 s} = \frac{l_{AB}}{(\pi a)} = \frac{(AB) \mu_l}{(\pi a)} = \mu_l.$$

Тезланиш аналогига масштаби узунлик масштабига тенгдир:

$$\mu_A = \mu_l.$$

$C$  нуқта тезланиши қуйидаги вектор тенгламалар системасига кўра аниқланади:

$$\begin{aligned} \vec{A}_C &= \vec{A}_B + \vec{A}_{CB}^k + \vec{A}_{CB}^n + \vec{A}_{CB}^t, \\ \vec{A}_C &= \vec{A}_O + \vec{A}_{CO}. \end{aligned} \quad (3.8)$$

$C$  нуқтанинг  $B$  нуқтага нисбатан Кориолис тезланиш аналогининг модуль қиймати қуйидаги формуладан аниқланади:

$$A_{CB}^k = 2 \Omega_1 \cdot V_{CB} = 2 \cdot \Omega_1 (c\theta) \cdot \mu \frac{ds}{d\varphi}.$$

Бу ерда  $\Omega_1$  кулачокнинг бурчак тезлик аналогига дейилади. Унинг қиймати 1 га тенг:

$$\Omega_1 = \frac{d\varphi_1}{d\varphi} = 1.$$

Кориолис тезланиши вектори  $\vec{A}_{CB}^k$  нинг чизма қиймати ( $\theta k$ ) ни аниқлаймиз:

$$(\theta k) = \frac{A_{CB}^k}{\mu \frac{d^2 s}{d\varphi^2}} = \frac{2 \cdot 1 \cdot (c\theta) \cdot \mu \frac{ds}{d\varphi}}{\mu \frac{d^2 s}{d\varphi^2}} = 2 \cdot (c\theta), \quad (3.9)$$

яъни Кориолис тезланишининг чизма қиймати нисбий тезлик вектори чизма қийматини икки марта узайтирилганига тенг бўлади.

Кориолис тезланиши векторининг йўналишини аниқлаш учун нисбий тезлик аналогига вектори  $\vec{V}_{CB}$  ни кулачок бурчак тезлиги  $\omega_k$  йўналиши бўйича  $90^\circ$  га буриш лозим. Демак, у кулачокнинг  $C$  нуқтасига ўтказилган уринма  $t-t$  чизиққа тик бўлган  $n-n$  чизиғида ётади ва юқори томонга йўналган бўлади. (42-шакл,  $\theta$ ).

$A_{CB}^n$  —  $C$  нуқтанинг  $B$  нуқтага нисбатан нормал тезланиш аналогига вектори бўлиб, унинг модуль қиймати қуйидаги формуладан аниқланади:

$$A_{CB}^n = \frac{(V_{CB})^2}{l_{CC}} = \frac{(c\theta)^2 \cdot \mu_V^2}{(CC) \cdot \mu_l} = \frac{(c\theta)^2}{(CC)} \cdot \mu_l.$$

Формуладаги  $V_{CB}$  нисбий тезлик аналогини,  $(c\theta)$  унинг чизма қийматини ифодалайди;  $l_{CC}$   $C$  нуқтадан эгрилик марказигача бўлган масофа  $\vec{A}_{CB}^n$  векторнинг чизмадаги қиймати  $(\kappa n)$  ни аниқлаймиз:

$$(\kappa n) = \frac{A_{CB}^n}{\frac{\mu_{d^2 s}}{d \varphi^2}} = \frac{(\vec{c\theta})^2}{(CC)} \cdot \frac{\mu_l}{\frac{\mu_{d^2 s}}{d \varphi^2}} = \frac{(c\theta)^2}{(CC)} \quad (3.10)$$

Нормал тезланишнинг чизма қийматини аниқлаш учун нисбий тезлик чизма қийматининг квадратига оширилган ўлчамини эгрилик радиусининг чизма қийматига бўлиш керак. Нормал тезланиш векторлари доимо айланиш маркази томон йўналган бўлади. Шу сабабли  $\vec{A}_{CB}^n$  векторнинг йўналиши  $B$  нуқтадан ўтган нормал  $n$  —  $n$  чизиғи бўйлаб жойлашади ва у эгрилик маркази  $C$  га қараб йўналади.

$\vec{A}_{CB}^r$   $C$  нуқтанинг  $B$  нуқтага нисбатан нисбий тангенциал тезланиш векторидир. У  $t-t$  чизиқ бўйлаб жойлашади. Қиймати ҳозирча номаълум.  $A_0$  — қўзғалмас нуқта «тезланиш» аналог векторидир. У қутб  $\pi$  да ётади.

$\vec{A}_{CO}$  — турткич  $2$  нинг ўз йўналтирувчисига нисбатан тезланиш аналог векторидир. У турткич ўқи бўйлаб йўналган бўлади.

Тезланишлар планини қуриш учун вектор тенгламалар системаси (3.8) нинг биринчи тенгласига асосан  $\vec{A}_B$  векторни ифодаловчи  $(\pi\theta)$  кесма охири  $\theta$  нуқтадан  $\vec{A}_{CB}^r$  векторни ифодаловчи  $(\theta\kappa)$  кесмани қўямиз. (42-шакл,  $\theta$ )  $\kappa$  нуқтадан  $\vec{A}_{CB}^n$  векторни ифодаловчи  $(\kappa n)$  кесмани  $(\theta\kappa)$  кесманинг ўзида жойлаштириб ундаги  $n$  нуқтани аниқлаймиз.  $n$  нуқтадан  $\vec{A}_{CB}^r$  нинг таъсир чизиғини ўтказамиз.

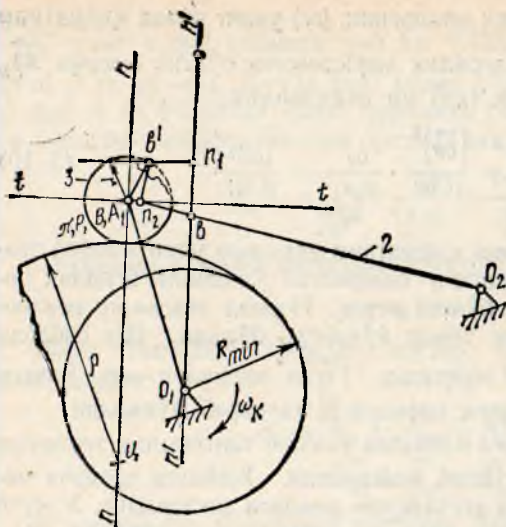
Тенгламалар системаси (3.8) нинг иккинчи тенгласи шартига биноан қутб  $\pi$  га  $\vec{A}_0$  векторини қўямиз. Демак,  $\vec{A}_{CO}$  векторнинг таъсир чизиғини қутб  $\pi$  дан турткич ўқига параллел равишда ўтказамиз. Ўтказилган чизиқларнинг кесишиш нуқтаси  $s$  ни қутб  $\pi$  билан туташтирувчи  $\pi s$  кесма  $C$  нуқтанинг тезланиш аналог вектори  $\vec{A}_C$  ни билдиради.

Қурилган тезликлар аналогни ёки тезланишлар аналогни планлари ҳақиқий тезлик ва ҳақиқий тезланиш планлари ҳам бўлади. Тезлик аналогни ва тезланиш аналогни планлари узунлик масштабида қурилган планлар ҳисобланади, яъни:

$$\frac{\mu_{d^2 s}}{d \varphi^2} = \frac{\mu_{ds}}{d \varphi} = \mu_l \quad (3.11)$$

$C$  нуқта тезланишининг аналог қиймати

$$A_c = \frac{d^2 s_c}{d \varphi^2} = (\pi s) \cdot \frac{\mu_{d^2 s}}{d \varphi^2}$$



43- шакл.

Ҳақиқий тезланиш масштаби:

$$\begin{aligned} \mu_a &= \frac{a_{BA}^n}{(\pi a)} = \frac{\omega^2 \cdot l_{OA}}{(\pi a)} = \\ &= \frac{\omega^2 (OA) \mu_e}{(\pi a)} = \mu_l \cdot \omega^2, \end{aligned}$$

ёки  $\mu_a = \mu_l \cdot \omega$  (3.12)

**Мисол.** Қуйида берилган қийматларга кўра кулачокли механизм кинематик текширилсин (43- шакл).

$l_{O_1 O_2} = 67$  мм;  $l_{O_2 B} = 77$  мм;  $l_{O_1 B} = 41$  мм;  $r_{ро1} = 9$  мм;  $R_{\min} = 25$  мм. Кулачок профилнинг ролик билан уриниш нуқтаси эгриланиш маркази  $\mathcal{C}$  нуқтанинг ҳолати  $l_{O_1 \mathcal{C}} = 20$  мм;  $l_{B \mathcal{C}} = 56$  мм  $\omega_k = 20$  рад/с = const.

**Ечиш.** 1. Узунлик масштаби  $\mu_l = 1 \frac{\text{мм}}{\text{мм}} = 0,001$  м/мм қабул қилиб

кулачок—1, ролик—3, турткич—2 ларнинг айланиш ўқлари  $O_1, B, O_2$  ларни белгилаймиз. Улар орасидаги масофаларнинг чизма қийматлари

$$(O_1 O_2) = \frac{l_{O_1 O_2}}{\mu_l} = 67 \text{ мм}; (O_2 B) = 77 \text{ мм}, (O_1 B) = 41 \text{ мм}.$$

$\mathcal{C}$  нуқтанинг ўрнини  $(O_1 \mathcal{C}) = 20$  мм,  $(B \mathcal{C}) = 56$  мм кесма узунликларига кўра аниқлаймиз.  $B$  нуқтадан ролик айланасини  $r = 9$  мм қилиб ўтказамиз.  $\mathcal{C}$  нуқтани марказ қилиб роликка уринма тарзида кулачок профилнинг кинематик текширишга алоқадор қисмини радиуси  $\rho = 47$  мм бўлган ёй бўлаги шаклида чизамиз.

$$\rho = (B \mathcal{C}) - r = 56 - 9 = 47 \text{ мм бўлади}.$$

2. Механизмнинг  $90^\circ$  га бурилган тезликлар плавини қуйидаги вектор тенгламалар системасига асосан қураимиз:

$$\vec{u}_B = \vec{u}_A + \vec{u}_{BA},$$

$$\vec{u}_B = \vec{u}_{O_2} + \vec{u}_{BO_2}.$$

Бу ерда  $\vec{u}_B$  турткич 2  $B$  нуқтаси тезлигининг  $90^\circ$  га бурилган вектори.

$\vec{u}_A$  кулачок назарий профилига тегишли, айти ҳолатда турткичнинг  $B$  нуқтаси билан устма-уст тушувчи  $A$  нуқтанинг  $90^\circ$  га бурилган тезлик вектори. У  $A$  дан  $O$  томонга йўналган бўлади.

$\vec{u}_{BA}$  турткичга тегишли  $B$  нуқтанинг кулачок назарий профилига тегишли  $A$  нуқтага нисбий тезлигининг  $90^\circ$  га бурилган вектори. У кулачок назарий эгри чизиғи  $A$  нуқтасига ўтказилган нормал бўйлаб жойлашади.

$\vec{u}_{O_2}$  —  $O_2$  нуқтанинг тезлик вектори бўлиб қиймати нолга тенг.

$\vec{u}_{BO_2}$  —  $B$  нуқтанинг  $O_2$  нуқтага нисбий тезлигининг  $90^\circ$  га бурилган тезлиги вектори. У турткич 2 бўйлаб жойлашади. Бурилган тезликлар плавини қуриш учун қутб  $p$  ни тўғридан-тўғри механизмнинг  $B$  нуқтасига жойлаймиз ва кривошип масштабидан фойдаланамиз. Бунда кулачокка тегишли  $A$  нуқта тезлигининг чизма ифодаси  $(OA)$  га тенг қилиб олинади.

Вектор тенгламалар системасининг биринчи тенгламаси шартига кўра  $\vec{u}_{A_1}$  ни ифодаловчи  $(pa)$  кесмани  $(O, A)$  кесма устига жойлаймиз. Сўнгра  $a$  нуқтадан  $\vec{u}_{BA}$  нинг таъсир чизиғини  $A$  нуқтадан ўтувчи нормалга параллель равишда ўтказамиз.

Тенгламалар системаси иккинчи шартига кўра  $\vec{u}_{O_2} = 0$  бўлгани учун  $\vec{u}_{BO_2}$  таъсир чизиғини қутб  $p$  дан звено  $BO_2$  га параллель равишда ўтказамиз ва ўтказилган чизиқлар кесишув нуқтаси  $v$  ни ҳосил қиламиз. Ҳосил бўлган  $(pv)$  кесма  $B$  нуқтанинг  $90^\circ$  бурилган тезлиги вектори  $\vec{u}_B$  ни ифодалайди.

Кулачок  $A$  нуқтасининг ҳақиқий тезлиги:

$$v_A = l_{O_1 A} \cdot \omega_k = (O_1 A) \cdot \mu_l \cdot \omega_k.$$

Тезлик масштаби:

$$\mu_v = \frac{v_A}{(pa)} = \frac{(O_1 A) \cdot \mu_l \cdot \omega_k}{(pa)} = \mu_l \cdot \omega_k = 0,001 \cdot 20 = 0,02 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}}.$$

$B$  нуқта тезлигининг ҳақиқий қиймати:

$$v_B = (pv) \cdot \mu_v = 13 \cdot 0,02 = 0,26 \text{ м/с}.$$

Турткичнинг бурчак тезлиги:

$$\omega_2 = \frac{v_B}{l_{O_2 B}} = \frac{0,26}{0,077} = 3,38 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

3. Механизмнинг тезланишлар плавини қураимиз. Ролик ўқи —  $B$  нуқтанинг тезланиш аналоги вектори  $\vec{A}_B$  қуйидаги вектор тенгламалар системасига кўра аниқланади:

$$\vec{A}_B = \vec{A}_A + \vec{A}_{BA}^k + \vec{A}_{BA}^n + \vec{A}_{BA}^t.$$

$$\vec{A}_B = \vec{A}_{O_2} + \vec{A}_{BO_2}^n + \vec{A}_{BO_2}^t.$$

Бу ерда  $\vec{A}_{BA}^k$   $B$  нуқтанинг  $A$  нуқтасига нисбий Кориолис тезланиши аналогининг вектори. Унинг чизма қиймати  $(\vec{ak}) = 2(va) = 2 \cdot 36 = 72$  мм бўлиб (қаранг: 3, 9), у бурилган тезлик вектори  $\vec{u}_{BA}$  йўналиши бўйича жойлашади,  $(va) = 36$  мм кесма тезлик планидан ўлчаб олинади.  $\vec{A}_{BA}^n$  —  $B$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбий ҳаракатидаги нормал тезланиш аналогининг вектори бўлиб, унинг чизма қиймати

$$(kn) = \frac{(av)^2}{(BC)} = \frac{36^2}{56} = 23,14 \text{ мм бўлади,}$$

у  $n-n$  чизиғи бўйича  $A$  нуқтадан  $C$  нуқтага қараб йўналади.  $\vec{A}_{BA}^t$   $B$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан тангенциал тезланиш аналогининг вектори бўлиб,  $A$  нуқтага ўтказилган уринма  $t-t$  чизиғи бўйлаб жойлашади.

$\vec{A}_{O_2}$  —  $O_2$  нуқтанинг тезланиши вектори. Қиймати нолга тенг.  $\vec{A}_{BO_2}^n$  —  $B$  нуқтанинг  $O_2$  нуқтага нисбатан нормал тезланиш аналогининг вектори бўлиб  $B$  нуқтадан  $O_2$  нуқтага қараб йўналади.

Формула (3. 10) га асосан унинг чизма қиймати

$$(\pi n_2) = \frac{(pv)^2}{(O_2 B)} = \frac{13^2}{77} = 2,2 \text{ мм.}$$

$\vec{A}_{BO_2}^t$   $B$  нуқтанинг  $O_2$  нуқтага нисбатан тангенциал тезланиш аналогининг вектори бўлиб, турткич 2 га тик жойлашади, қиймати ҳозирча номаълум.

Тезланишлар планини қуйидаги тартибда қурамыз. Тезланишлар плани учун қутб  $\pi$  ни ролик маркази бўлган  $B$  нуқтага жойлаймиз (43-шакл). Тенгламалар системасининг биринчи тенгламасига кўра  $A$  нуқтанинг тезланиш аналогининг чизма ифодаси  $(\pi a)$  ни  $O_1 A$  га тенг қилиб  $\pi$  нуқтадан ўлчаб қўямиз.  $(\pi a)$  кесманинг охири бўлган  $a$  нуқта кинематик схеманинг  $O_1$  нуқтасида жойлашади. Чунки  $\omega_k = \text{const}$  бўлгани учун  $A$  нуқта тезланиши фақат нормал тезланишдан иборат бўлади.

$a$  нуқтадан  $\vec{A}_{BA}^k$  векторнинг чизма ифодаси  $(ak) = 2(av) = 72$  мм кесмани ўлчаб қўямиз. Унинг йўналиши  $\vec{u}_{BA}$  вектор йўналиши билан мос тушади.  $\vec{A}_{BA}^n$  векторнинг чизма ифодаси  $(kn) = 23,4$  мм кесмани  $k$  нуқтадан бошлаб  $ak$  чизиғи бўйича тескари тартибда ўлчаб қўямиз.  $\vec{A}_{BA}^t$  векторнинг таъсир чизиғини  $n_1$  нуқтадан  $t-t$  чизиғига параллель равишда ( $kn_1$  чизиққа тик равишда) ўтказамиз.

Тенгламалар системасининг иккинчи тенгламаси шартига кўра қутб  $\pi$  га  $\vec{A}_{C_2}$  векторнинг чизма ифодасини қўямиз. Унинг қиймати нолга тенг бўлгани учун  $O_2$  нуқта ҳам  $\pi$  нуқтада жойлашади.  $O_2$  нуқтадан, демак,  $\pi$  дан  $O_2$  нуқтага йўналган тарзда  $\vec{A}_{BO_2}^n$  векторнинг чизма

қийматини  $(\pi n_2) = 2,2$  мм кесмани ўрнатамиз.  $n_2$  нуқтадан звено 2 га тик равишда  $\vec{A}_{EO_2}^r$  векторнинг таъсир чизигини ўтказамиз. Ўтказилган чизикларнинг кесилув нуқтаси  $\theta'$  тенгламалар системасининг ечимини билдиради. Биз тезлик ва тезланиш планларини кривошип масштабида қурганимиз сабабли тезлик ва тезланиш аналоглари масштаби узунлик масштабига тенг бўлади: (қаранг 3. 11)

$$\frac{\mu_d v_s}{d \psi^2} = \frac{\mu_{ds}}{d \varphi} = \mu_l = 0,001 \text{ м/мм.}$$

Ҳақиқий тезланиш масштаби (3. 12) га кўра:

$$\mu_a = \mu_l \omega_1^2 = 0,001 \cdot 20^2 = 0,4 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}} \text{ бўлади.}$$

Турткич учи тўла тезланишнинг модуль қиймати:

$$a_B = (\pi \theta') \mu_a = 9 \cdot 0,4 = 3,6 \text{ м/с}^2.$$

Турткич учи  $B$  нуқтанинг тангенциал тезланиши:

$$a_{BO_2}^r = (n_2 \theta') \cdot \mu_a = 8 \cdot 0,4 = 3,2 \text{ м/с}^2.$$

Турткичнинг бурчак тезланиши:

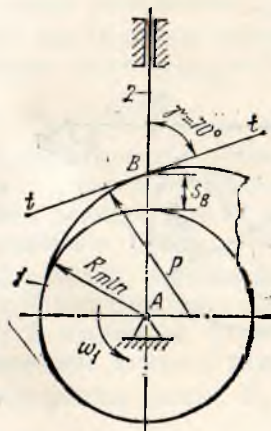
$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BO_2}^r}{l_{BO_2}} = \frac{3,2}{0,077} = 41,56 \text{ рад/с}^2.$$

### 38 — 47- масалалар

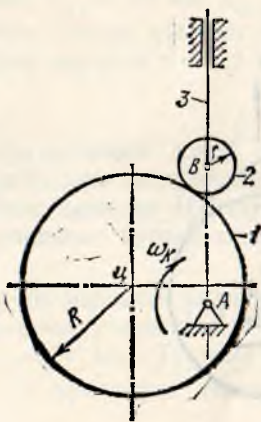
(Масалалар кулачокли механизм ҳолатини, тезлик ва тезланишлар планларини қуриш йўли билан ечилади.)

38. Қуйидаги берилган қийматларга кўра марказий кулачокли механизм турткичининг тезлик ва тезланишлари аниқлансин.

Кулачокнинг минимал радиуси  $R_{min} = 21$  мм. Турткичнинг қўтарилган йўли  $S_B = 4$  мм. Турткичнинг кулачок  $B$  нуқтасига ўтказил-

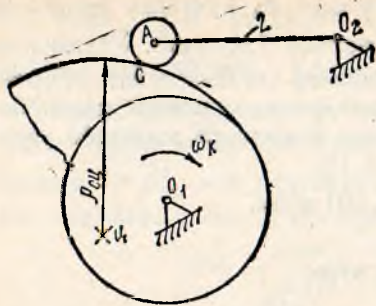


38- масалага.

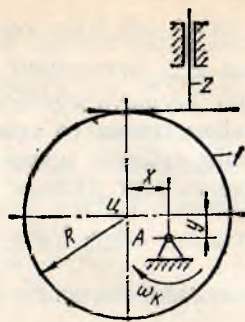


39- масалага.

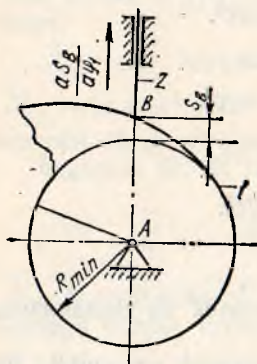




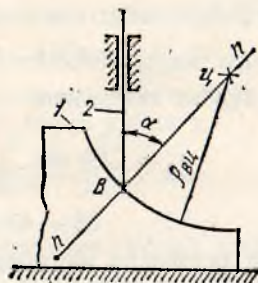
40- масалага.



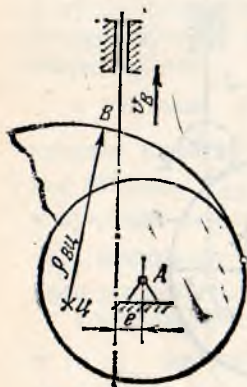
41- масалага.



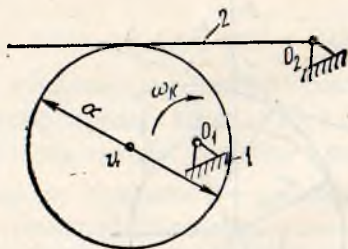
42- масалага.



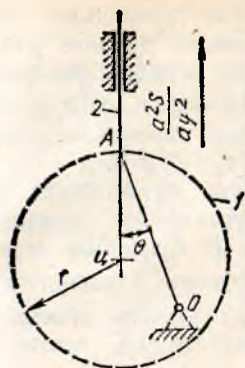
43- масалага.



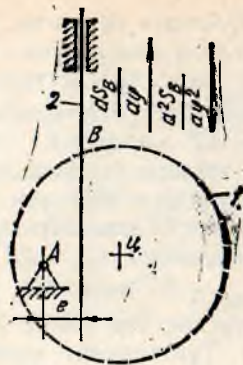
44- масалага.



45- масалага.



46- масалага.



47- масалага.

ган уринма ҳосил қилган бурчаги  $\gamma = 70^\circ$ . Кулачок сирти  $B$  нуқта-  
сининг эгрилик маркази  $C$  кулачок айланиш ўқи бўлган  $A$  нуқтадан  
турткич ўқига ўтказилган перпендикулярда ётади. Кулачокнинг бур-  
чак тезлиги  $\omega_K = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

39. Қуйида берилган қийматларга кўра кулачоги доира шаклида  
бўлган марказий кулачокли механизм турткичининг тезлик ва тезла-  
нишлари аниқлансин.

Кулачокнинг радиуси  $R = 22$  мм. Роликнинг радиуси  $r = 5$  мм.  
Кулачокнинг доира маркази  $C$  ва айланиш ўқлари орасидаги масофа  
 $l_{AC} = 15$  мм,  $\omega_K = 20 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

Кулачок ва ролик марказлари орасидаги масофа  $l_{AB} = 27$  мм.

40. Қуйида берилган қийматларга кўра турткич учи  $A$  нуқтаси-  
нинг тезлиги ва тезланиши, турткич 2 нинг бурчак тезлиги ва бур-  
чак тезланиши аниқлансин.  $l_{O_1O_2} = 50$  мм,  $l_{O_1A} = 30$  мм,  $l_{O_2A} = 42$  мм.  
 $R_{\text{min}} = 22$  мм. Кулачок сиртининг ролик билан уриниш нуқтаси  $C$   
нинг эгрилик радиуси  $\rho_{CC} = 34$  мм, ролик радиуси  $r = 4,5$  мм,  $l_{O_1C} =$   
 $= 11$  мм,  $\omega_K = 50 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

41. Қуйида берилган қийматларга кўра кулачоги доира шаклидаги  
механизм турткичининг тезлик ва тезланишлари аниқлансин.

Кулачок радиуси  $R = 22$  мм. Кулачок маркази  $C$  нуқтанинг ко-  
ординаталари  $x = 11$  мм,  $y = 4$  мм. Кулачокнинг бурчак тезлиги  $\omega_K =$   
 $= 20$  рад/с бўлиб, ўзгармасдир.

42. Қуйидаги берилган қийматларга кўра марказий кулачокли меха-  
низмнинг  $B$  нуқтасидан ўтувчи аниқ нормал ўтказилсин.

Кулачокнинг минимал радиуси  $R_{\text{min}} = 23$  мм. Турткич  $B$  нуқта-  
сининг кўтарилиш ҳолати:  $S_B = 4$  мм.  $B$  нуқтанинг тезлик аналоги

$$\frac{ds_B}{dt} = 9 \text{ мм.}$$

43. Қўйидаги берилган қийматларга кўра турткичининг тезлик ва тезланишлари аниқлансин. Кулачок профилининг турткич учи  $B$  нуқта билан ҳосил қилган уриниш нуқтасининг эгрилик радиуси  $\rho_{BC} = 30$  мм бўлиб,  $BC$  чизиқнинг турткич ўқи билан ҳосил қилган бурчаги  $\alpha = 45^\circ$  ни ташкил этади. Илгарилама ҳаракат қилувчи кулачокнинг тезлиги ўзгармас бўлиб, қиймати  $v_1 = 0,5$  м/с.

44. Қўйидаги берилган қийматларга кўра кулачокнинг ўзгармас қийматга эга бўлган бурчак тезлиги ва турткичининг чизиқли тезланиши аниқлансин.  $l_{AB} = 28$  мм,  $e = 5$  мм.  $B$  нуқтанинг эгрилик радиуси  $\rho_{BC} = 30$  мм бўлиб, кулачок  $B$  нуқтасига ўтказилган нормал  $n-n$  турткич ўқи билан  $30^\circ$  бурчак ҳосил қилади (босим бурчаги  $\alpha = 30^\circ$ ). Турткичининг ҳаракат тезлиги  $1$  м/с бўлиб, тезлик вектори юқорига йўналган.

45. Кулачоги доира шаклида бўлган механизм турткичининг бурчак тезлиги ва бурчак тезланиши қўйидаги берилганларга кўра аниқлансин.  $l_{O_1C} = 15$  мм,  $l_{O_1O_2} = 50$  мм,  $l_{CO_2} = 50$  мм. Кулачок диаметри  $d = 40$  мм. Кулачокнинг бурчак тезлиги  $\omega_K = 20 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$  бўлиб, ўзгармасдир.

46. Қўйидаги берилган қийматларга кўра доира шаклидаги кулачокнинг радиуси  $r$  аниқлансин.  $\theta = 30^\circ$ . Турткичининг тезланиш аналогиси вектори юқорига йўналган бўлиб, қиймати  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = 5$  мм,  $l_{OA} = 30$  мм. Доира маркази турткич ўқ чизиғида жойлашган.

47. Қўйидаги берилган қийматларга кўра доира шаклидаги кулачокнинг диаметри аниқлансин. Экцентритет  $e = 10$  мм. Кулачок ва ролик марказлари орасидаги масофа  $l_{AB} = 40$  мм. Турткичининг тезлик аналогиси  $\frac{dS_B}{d\varphi} = 0,02$  м. Турткичининг тезланиш аналогиси  $\frac{d^2S_B}{d\varphi^2} = 0,005$  м.

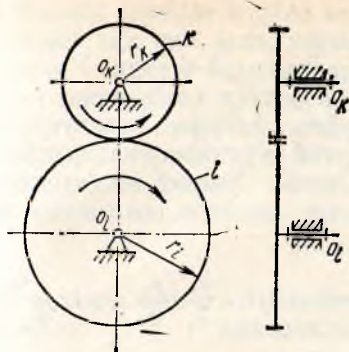
#### 4-боб. МУРАҚҚАБ ТИШЛИ ҒИЛДИРАҚЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИ КИНЕМАТИК ТЕКШИРИШ

##### 1-§. ЎқЛАРИ ҚЎЗҒАЛМАС БЎЛГАН ТИШЛИ УЗАТМАЛАРНИ КИНЕМАТИК ТЕКШИРИШ

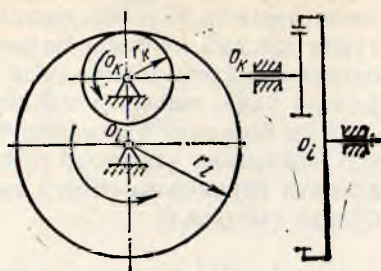
1. Бир босқичли ёки оддий узатма деб бир жуфт тишли ғилдиракнинг илашмасига айтилади. Бундай узатмалар ташқи (44-шакл) ва ички (45-шакл) илашишли узатмаларга бўлинади.

$K$  звено бурчак тезлиги  $\omega_K$  нинг (айланишлар сони  $n_K$  нинг)  $i$ -звено бурчак тезлиги  $\omega_i$  га (айланишлар сони  $n_i$  га) нисбати  $K$  звенонинг  $i$ -звенога узатиш нисбати дейилади. У қўйидагича ёзилади:

$$u_{Ki} = \frac{\omega_K}{\omega_i} = \frac{n_K}{n_i}$$



44- шакл.



45- шакл.

Ташқи илашмада (44-шакл) ғилдираклар турли томонга айланганлиги сабабли узатиш нисбатининг ишораси манфий бўлади:

$$u_{ki} = \frac{\omega_k}{\omega_i} = \frac{n_k}{n_i} = -\frac{r_i}{r_k} = -\frac{z_i}{z_k}.$$

Ички илашмада (45-шакл) ғилдираклар бир хил томонга айланганлиги сабабли узатиш нисбатининг ишораси мусбат бўлади.

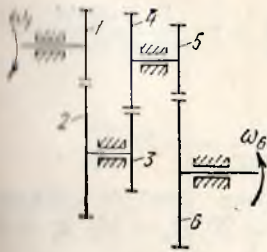
$$u_{ki} = \frac{\omega_k}{\omega_i} = \frac{n_k}{n_i} = \frac{r_i}{r_k} = \frac{z_i}{z_k}.$$

бу ерда  $r_k, r_i$  ғилдираклар бошланғич айланаларининг радиуслари  $z_k, z_i$  уларнинг тишлари сони.

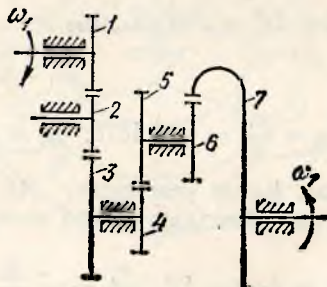
2. Қўп босқичли узатмалар бир босқичли узатмаларнинг кетма-кет боғланишидан ҳосил бўлади. Уларнинг узатиш нисбати узатма таркибига кирувчи бир босқичли узатмаларнинг узатиш нисбатлари қийматларини ўзаро кўпайтириб аниқланади (46, 47-шакллар):

$$u_{1n} = (-1)^q \cdot u_{12} \cdot u_{2'3} \cdot \dots \cdot u_{(n-1)n}.$$

Бунда  $q$  бир босқичли ташқи илашмалар сони. Қўп босқичли узатмада узатиш нисбатининг ишораси ундаги ташқи илашмалар сонининг



46- шакл.



47- шакл.

43. Қуйидаги берилган қийматларга кўра турткичнинг тезлик ва тезланишлари аниқлансин. Кулачок профилининг турткич учи  $B$  нуқта билан ҳосил қилган уриниш нуқтасининг эгрилик радиуси  $\rho_{BC} = 30$  мм бўлиб,  $BC$  чизиқнинг турткич ўқи билан ҳосил қилган бурчаги  $\alpha = 45^\circ$  ни ташкил этади. Илгарилама ҳаракат қилувчи кулачокнинг тезлиги ўзгармас бўлиб, қиймати  $v_1 = 0,5$  м/с.

44. Қуйидаги берилган қийматларга кўра кулачокнинг ўзгармас қийматга эга бўлган бурчак тезлиги ва турткичнинг чизиқли тезланиши аниқлансин.  $l_{AB} = 28$  мм,  $e = 5$  мм.  $B$  нуқтанинг эгрилик радиуси  $\rho_{BC} = 30$  мм бўлиб, кулачок  $B$  нуқтасига ўтказилган нормал  $n-n$  турткич ўқи билан  $30^\circ$  бурчак ҳосил қилади (босим бурчаги  $\alpha = 30^\circ$ ). Турткичнинг ҳаракат тезлиги  $1$  м/с бўлиб, тезлик вектори юқорига йўналган.

45. Кулачоги доира шаклида бўлган механизм турткичининг бурчак тезлиги ва бурчак тезланиши қуйидаги берилганларга кўра аниқлансин.  $l_{O_1C} = 15$  мм,  $l_{O_1O_2} = 50$  мм,  $l_{CO_2} = 50$  мм. Кулачок диаметри  $d = 40$  мм. Кулачокнинг бурчак тезлиги  $\omega_K = 20 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$  бўлиб, ўзгармасдир.

46. Қуйидаги берилган қийматларга кўра доира шаклидаги кулачокнинг радиуси  $r$  аниқлансин.  $\theta = 30^\circ$ . Турткичнинг тезланиш аналоги вектори юқорига йўналган бўлиб, қиймати  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = 5$  мм,  $l_{OA} = 30$  мм. Доира маркази турткич ўқ чизиғида жойлашган.

47. Қуйидаги берилган қийматларга кўра доира шаклидаги кулачокнинг диаметри аниқлансин. Эксцентритет  $e = 10$  мм. Кулачок ва ролик марказлари орасидаги масофа  $l_{AB} = 40$  мм. Турткичнинг тезлик аналоги  $\frac{dS_B}{d\varphi} = 0,02$  м. Турткичнинг тезланиш аналоги  $\frac{d^2S_B}{d\varphi^2} = 0,005$  м.

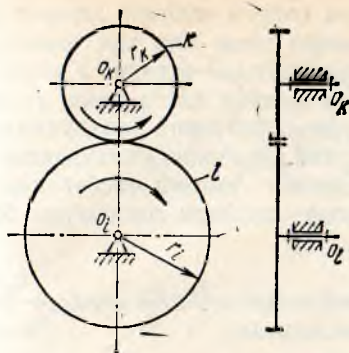
#### 4-боб. МУРАҚҚАБ ТИШЛИ ҒИЛДИРАҚЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИ КИНЕМАТИК ТЕҚШИРИШ

##### 1-§. УҚЛАРИ ҚЎЗҒАЛМАС БЎЛГАН ТИШЛИ УЗАТМАЛАРНИ КИНЕМАТИК ТЕҚШИРИШ

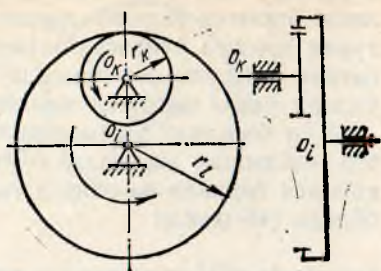
1. Бир босқичли ёки оддий узатма деб бир жуфт тишли ғилдиракнинг илашмасига айтилади. Бундай узатмалар ташқи (44-шакл) ва ички (45-шакл) илашишли узатмаларга бўлинади.

$K$  звено бурчак тезлиги  $\omega_K$  нинг (айланишлар сони  $n_K$  нинг)  $i$ -звено бурчак тезлиги  $\omega_i$  га (айланишлар сони  $n_i$  га) нисбати  $K$  звенонинг  $i$ -звенога узатиш нисбати дейилади. У қуйидагича ёзилади:

$$u_{Ki} = \frac{\omega_K}{\omega_i} = \frac{n_K}{n_i}$$



44- шакл.



45- шакл.

Ташқи илашмада (44- шакл) ғилдираклар турли томонга айланганлиги сабабли узатиш нисбатининг ишораси манфий бўлади:

$$u_{KL} = \frac{\omega_K}{\omega_L} = \frac{n_K}{n_L} = -\frac{r_L}{r_K} = -\frac{z_L}{z_K}$$

Ички илашмада (45-шакл) ғилдираклар бир хил томонга айланганлиги сабабли узатиш нисбатининг ишораси мусбат бўлади.

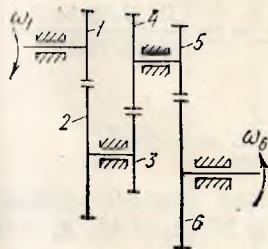
$$u_{KL} = \frac{\omega_K}{\omega_L} = \frac{n_K}{n_L} = \frac{r_L}{r_K} = \frac{z_L}{z_K}$$

Бу ерда  $r_K, r_L$  ғилдираклар бошланғич айланаларининг радиуслари  $z_K, z_L$  уларнинг тишлари сони.

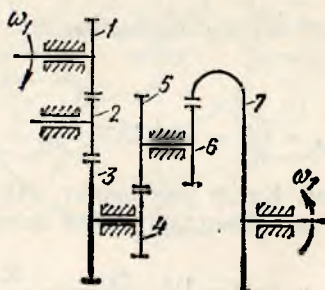
2. Кўп босқичли узатмалар бир босқичли узатмаларнинг кетма-кет боғланишидан ҳосил бўлади. Уларнинг узатиш нисбати узатма таркибига кирувчи бир босқичли узатмаларнинг узатиш нисбатлари қийматларини ўзаро кўпайтириб аниқланади (46, 47-шакллар):

$$u_{1n} = (-1)^q \cdot u_{12} \cdot u_{23} \cdot \dots \cdot u_{(n-1)n}$$

Бунда  $q$  бир босқичли ташқи илашмалар сони. Кўп босқичли узатмада узатиш нисбатининг ишораси ундаги ташқи илашмалар сонининг



46- шакл.



47- шакл.

жуфт ёки тоқлигига боғлиқ бўлади ва охири валнинг ҳаракат йўналиши биринчи валнинг ҳаракат йўналиши билан бир хил томонга ёки турли томонга йўналганлигини аниқлашга ёрдам беради. Узатиш нисбатини аниқлаш формуласида ишорани ҳисобга олиш фақат ғилдирак ўқлари ўзаро параллел жойлашган узатмаларгагина тааллуқлидир.

Кўп босқичли узатмаларнинг хусусий кўриниши ғилдираклари қатор жойлашган узатмалар бўлиб, уларнинг узатиш нисбатининг сон қиймати биринчи ва охири ғилдираклар тишлари сонигагина боғлиқ бўлади (48-шакл):

$$u_{1n} = (-1)^q \cdot u_{12} \cdot u_{23} \cdot \dots \cdot u_{(n-1)n} = (-1)^q \cdot \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_3}{z_2} \cdot \dots \cdot \frac{z_n}{z_{(n-1)}} =$$

$$= (-1)^q \cdot \frac{z_n}{z_1}.$$

Оралиқ ғилдираклар тишларининг сон қийматлари узатиш нисбатининг абсолют сон қийматиغا таъсир этмайди. Бундай узатмалар охири валнинг зарур бўлган йўналишини белгилаш учун қўлланилади. Баъзида етакловчи ва етакланувчи валлар ораси бир-биридан узоқда жойлашганда ҳам бундай узатмадан фойдаланиш мумкин.

1-мисол. Қуйидаги келтирилган қийматларга кўра кўп босқичли узатманинг (46-шакл) узатиш нисбати ва охири валнинг айланишлар сони аниқлансин:

$$z_1 = 17, z_2 = 34, z_3 = 18, z_4 = 24, z_5 = 16, z_6 = 36, n_1 = 150 \frac{\text{айл}}{\text{мин.}}$$

Ечиш:

$$u_{16} = (-1)^3 u_{12} \cdot u_{24} \cdot u_{56} = - \frac{z_2 \cdot z_4 \cdot z_6}{z_1 \cdot z_3 \cdot z_5} = - \frac{34 \cdot 24 \cdot 36}{17 \cdot 18 \cdot 16} = -6.$$

$$u_{16} = \frac{n_1}{n_6} = -6, n_6 = \frac{n_1}{-6} = - \frac{150}{6} = -25 \frac{\text{айл}}{\text{мин.}}$$

2-мисол. Қуйидаги келтирилган қийматларга кўра кўп босқичли узатманинг (47-шакл) узатиш нисбати ва охири валнинг айланишлар сони аниқлансин.  $z_1 = 18, z_2 = 15, z_3 = 27, z_4 = 16, z_5 = 22, z_6 = 18,$

$$z_7 = 54, n_1 = 148,5 \frac{\text{айл}}{\text{мин.}}$$

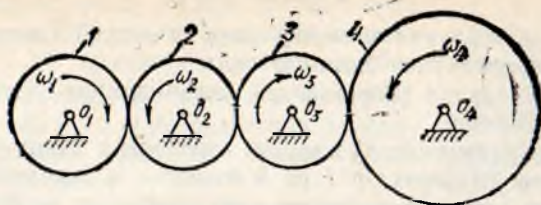
$$u_{17} = (-1)^3 u_{12} \cdot u_{23} \cdot u_{45} \cdot u_{67} = - \frac{z_2 \cdot z_3 \cdot z_5 \cdot z_7}{z_1 \cdot z_2 \cdot z_4 \cdot z_6} = - \frac{15 \cdot 27 \cdot 22 \cdot 54}{18 \cdot 15 \cdot 16 \cdot 18} =$$

$$= -6,1875.$$

$$u_{17} = \frac{n_1}{n_7} = -6,1875, n_7 = \frac{n_1}{u_{17}} = \frac{148,5}{-6,1825} = -24 \frac{\text{айл}}{\text{мин.}}$$

3-мисол. Қатор узатманинг (48-шакл) узатиш нисбати қуйидаги келтирилган қийматларга кўра аниқлансин:  $z_1 = 20, z_2 = 18, z_3 = 16, z_4 = 40.$

$$\text{Ечиш. } u_{14} = (-1)^3 \cdot \frac{z_4}{z_1} = - \frac{40}{20} = -2.$$

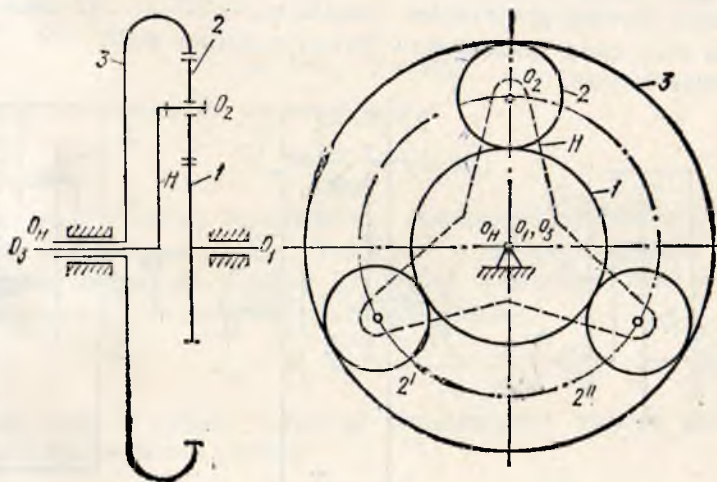


48- шакл.

## 2- §. ЎҚЛАРИ ҲАРАКАТЛАНУВЧИ ТИШЛИ ҒИЛДИРАКЛИ МЕХАНИЗМЛАР (ЭПИЦИКЛИК МЕХАНИЗМЛАР)

1. Бундай механизмлар қўзғалувчанлик даражасининг сон қийма-тига кўра дифференциал ёки планетар механизмларга бўлинади. Планетар механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси  $W = 1$  бўлиб, асосан, етакловчи валнинг айланма ҳаракатини маълум бир узатиш нисбатига кўра етакланувчи валга узатиб беради. Дифференциал механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси  $W > 1$  бўлиб, турли звенолар айланма ҳаракатини қўшиб, бирор звенога узатиш ёки бирор звено айланма ҳаракатини турли звеноларга тақсимлаб узатиш учун хизмат қилади. 49-шаклда тасвирланган дифференциал механизмда марказий ғилдирақлар 1 ва 3 водило  $H$  ягона қўзғалмас геометрик ўқ  $O_1, O_3, O_4$  атрофида айланма ҳаракат қилади. Сателлит деб аталувчи ғилдирак 2 нинг ҳаракати мураккаб бўлади. У ўз ўқи  $O_2$  атрофида айланма ҳаракат қилиб,  $O_2$  ўқнинг ўзи ҳам водило билан бирга марказий  $O_4$  ўқи атрофида айланма ҳаракатда бўлади.

2. Тишли узатмаларнинг қўзғалувчанлик даражасини қуйидаги формулага асосан аниқлаш қулай:



49- шакл.



$$W = n - p + s, \quad (4.1)$$

бу ерда  $n$  — қўзғалувчи звенолар сони,  $p$  — олий кинематик жуфтлар сони,  $s$  — такрорланувчи звенолар сони.

**Мисол.** 49-шаклда тасвирланган механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси аниқлансин.

**Ечиш.** Механизмнинг қўзғалувчи звенолари сони олтига ( $n = 6$ ). Улар марказий филдираклар 1 ва 3, водило —  $n$ , сателлит 2, 2', 2'' лардир. Ҳар бир сателлит иккитадан олий кинематик жуфтлар сони олтига ( $P = 6$ ). Такрорланувчи звенолар сони иккита. Улар сателлит 2' ва 2'' лардир. Чунки уларнинг геометрик ўлчамлари бошқа звенолар билан боғланиши бўйича сателлит 2 ни айнан такрорлаб, кинематик параметрларнинг ҳосил бўлишида улар ҳеч қандай қўшимча роль ўйнамайди. Демак, механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси формула (4.1) га асосан:

$$W = n - p + s = 6 - 6 + 2 = 2.$$

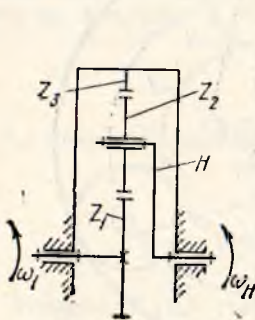
Демак, 49-шаклда тасвирланган механизм дифференциал механизм бўлиб етакчи звенолар сони 2 га тенг. Дифференциал механизмнинг қўзғалувчи звенолари сонини камайтириш билан етакловчи звеноси ягона бўлган планетар механизм ҳосил қилинади. 49-шаклда тасвирланган механизмнинг бирор қўзғалувчи звеносини, айтишлик, филдирак 3 ни қўзғалмас қилиб қотирсак, у ҳолда  $n = 5$  га тенг бўлиб, механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси формула (4.1) га асосан:

$$W = 5 - 6 + 2 = 1 \text{ бўлади.}$$

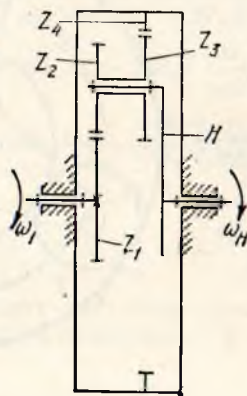
### 3- §. ПЛАНЕТАР РЕДУКТОРЛАРНИНГ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ

Филдиракларнинг ўқлари параллел жойлашган планетар механизмларнинг қуйидаги асосий турлари мавжуд.

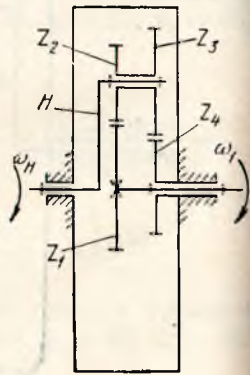
1. Бир қатор илашмали планетар механизм (Жемс редуктори, 50- шакл). Бундай редукторлар амалда  $u_{пл} = 2,3 \dots 12$  оралиғидаги узатиш нисбатини таъминлайди. Бунда уларнинг ФИК  $0,9 \dots 0,95$  оралиғида бўлади.



50- шакл.



51- шакл.

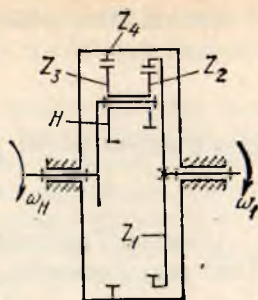


52- шакл.

2. Икки қаторли битта ташқи, битта ички илашмали редуктор (51-шакл). Бундай механизмларни  $u_{г.л} = 7 \dots 25$  оралиқдаги узатиш нисбатини таъминлашда ишлатиш мақсадга мувофиқ. Уларнинг ФИК  $0,85 \dots 0,92$  оралиғида бўлади.

3. Икки қаторли иккитадан ташқи илашмали редуктор (52-шакл).

4. Икки қаторли иккитадан ички илашмали редуктор (53-шакл) 3- ва 4- пунктларда таърифланган редукторлар Давид редукторлари дейилади. Улардан катта куч ишлатилмайдиган ҳолларда ҳамда катта узатиш нисбатини таъминлаш мақсадида фойдаланилади. Улардаги узатиш нисбати  $u_{г.л} = 100 \dots 5000$  оралиғида бўлиб ФИК  $0,1$  дан (10% дан) кам бўлади.



53- шакл.

#### 4-§. ПЛАНЕТАР МЕХАНИЗМЛАРНИ АНАЛИТИК УСУЛДА ТЕКШИРИШ (ВИЛЛИС ФОРМУЛАСИ)

Планетар механизмнинг (51-шакл) гилдираклари тишлари сони  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  ва уларнинг модули  $m$  маълум бўлса, системага қиймат жиҳатидан водилонинг бурчак тезлигига тенг бўлган, йўналиши бўйича унга қарама-қарши бўлган бурчак тезлик берсак, у ҳолда водило ҳаракатдан тўхтайди ва қуйидаги муносабат ўринли бўлади:

$$u_{14}^H = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_4 - \omega_H}$$

$\omega_4 = 0$  эканлигини эътиборга олсак, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\omega_1 - \omega_H = -u_{14}^H \cdot \omega_H$$

бундан

$$\omega_1 = \omega_H (1 - u_{14}^H)$$

Планетар механизмнинг узатиш нисбати:

$$u_{пл} = \frac{\omega_1}{\omega_H} = 1 - u_{14}^H, \quad (4.2)$$

бу ерда  $u_{14}^H$  — планетар механизмни  $H$  водилоси тўхтатилгандаги ҳамда ҳаракат гилдирак 1 дан гилдирак 4 га узатилгандаги узатиш нисбатини билдиради. Бироқ бу ўқлар қўзғалмас икки босқичли узатма узатиш нисбатининг ўзгинаси. Демак,

$$u_{14}^H = u_{12}^H \cdot u_{34}^H = -\frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \quad (4.3)$$

(4.3) ни (4.2) га қўйсак, планетар механизмнинг узатиш нисбатини аниқлаш формуласини оламиз:

$$u_{пл} = 1 - \left( -\frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \right) = 1 + \frac{Z_2 \cdot Z_4}{Z_1 \cdot Z_3} \quad (4.4)$$

50-шаклда тасвирланган Жемс редуктори учун узатиш нисбатини аниқлаш формуласи қуйидаги кўринишда бўлади:

$$u_{пл} = 1 - u_{13}^H = 1 + \frac{z_3}{z_1}. \quad (4.5)$$

Давид редукторлари учун (52-ва 53-шакллар)

$$u_{пл} = 1 - u_{14}^H = 1 - \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}. \quad (4.6)$$

1-мисол. Гилдирак тишлар сони  $z_1 = 20$ ,  $z_2 = 40$ ,  $z_3 = 100$  бўлган Жемс редукторининг узатиш нисбати аниқлансин (50-шакл).

Ечиш. Формула (4.5) га асосан  $u_{пл} = 1 - u_{13}^H = 1 + \frac{z_3}{z_1} = 1 + \frac{100}{20} = 6$ .

2-мисол. Гилдирак тишлари сони  $z_1 = 18$ ,  $z_2 = 72$ ,  $z_3 = 30$ ,  $z_4 = 120$  бўлган икки қаторли битта ташқи, битта ички илашмали редукторнинг (51-шакл) узатиш нисбати аниқлансин. Гилдирак I нинг минутига айланишлар сонини  $n_1 = 340$  деб қабул қилиб, водилонинг ва сателлитнинг айланишлар сони аниқлансин.

Ечиш. Формула (4.4) га кўра механизмнинг узатиш нисбати:

$$u_{пл} = 1 + \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = 1 + \frac{72 \cdot 120}{18 \cdot 30} = 1 + 16 = 17$$

$u_{пл} = \frac{n_1}{n_n} = 17$  га кўра водилонинг айланишлар сони  $n_n = \frac{n_1}{u_{пл}} = \frac{340}{17} = 20$  айл/мин.

Сателлитнинг айланишлар сонини аниқлаш учун марказий гилдиракнинг сателлитга ёки водилонинг сателлитга узатиш нисбати ифодасидан фойдаланамиз.

Гилдирак I нинг сателлитга узатиш нисбати  $u_{1c} = \frac{n_1}{n_c}$  сурат ва махражини  $n_n$  га бўлсак:

$$u_{1c} = \frac{n_1/n_n}{n_c/n_n} = \frac{u_{пл}}{u_{сн}} = \frac{1 - u_{14}^H}{1 - u_{34}^H} = \frac{1 + \frac{z_2 \cdot z_1}{z_1 \cdot z_2}}{1 - \frac{z_4}{z_3}} = \frac{1 + \frac{72 \cdot 120}{18 \cdot 30}}{1 - \frac{120}{30}} = \frac{1 + 16}{1 - 4} = \frac{17}{-3} = -5,66 \dots$$

Сателлитнинг бурчак тезлиги:

$$n_c = \frac{n_1}{u_{1c}} = \frac{340}{-5,66 \dots} = -60 \text{ айл/мин.}$$

Ҳосил қилинган натижанинг тўғрилигини текшириш учун водилонинг сателлитга узатиш нисбатидан фойдаланиб, сателлитнинг айланишлар сонини аниқлаймиз.

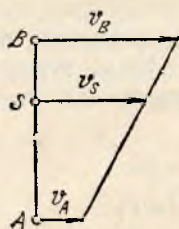
$$u_{сн} = \frac{1}{u_{сн}} = \frac{1}{1 - u_{34}^H} = \frac{1}{1 - \frac{z_4}{z_3}} = \frac{1}{1 - \frac{120}{30}} = -0,3333,$$

бундан

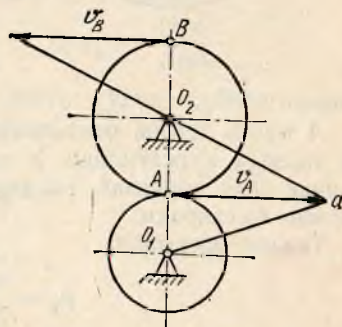
$$n_c = \frac{n_n}{u_{сн}} = \frac{20}{-0,3333 \dots} = -60 \text{ айл/мин.}$$

5- §. ПЛАНЕТАР МЕХАНИЗМЛАРНИ ГРАФИҚ УСУЛДА ТЕКШИРИШ  
(СМИРНОВ УСУЛИ)

1. Бирор қўзғалмас ўқ атропоида айланма ҳаракат қилувчи звенога тегишли нуқталарнинг чизиқли тезликлари шу нуқталардан айланмиш марказигача бўлган масофага пропорционал равишда, тўғри чизиқли қонуният билан ўзгариб боради. Юқорида айтилганларга кўра, звенога тегишли икки нуқтанинг тезлик векторлари қурилган бўлса, векторлар учларини тўғри чизиқ билан туташтириб, қолган нуқталарнинг тезликларини осонгина аниқлаш мумкин (54- шакл).



54- шакл.



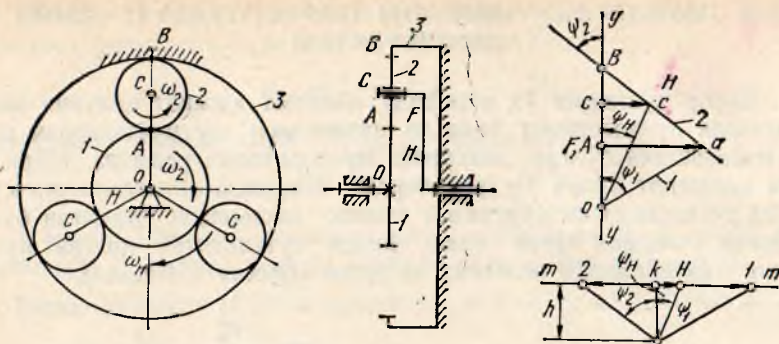
55- шакл.

Звенога тегишли икки нуқта тезлиги векторининг охирларини туташтирувчи чизиқ тезликнинг тақсимланиш чизиғи ёки тезлик тасвири дейилади. Шунга кўра, қўзғалмас ўқ атропоида айланма ҳаракат қилувчи тишли гилдиракнинг тезлик тасвирини ҳосил қилиш учун айланиш марказидан  $R$  масофада ётувчи бирор нуқтанинг тезлик векторини аниқлаш кифоя, чунки айланиш марказининг тезлиги ўз-ўзидан маълум, у нолга тенг.

Бир жуфт гилдирак илашмасида иккала гилдиракка тегишли нуқталарнинг тезликлари бир хил қийматга эга бўлишидан фойдаланиб, илашиш нуқтасининг тезлик вектори учини иккинчи гилдиракка тегишли, тезлиги нолга тенг бўлган нуқта билан тўғри чизиқ орқали туташтириб, иккинчи звено учун тезликнинг тасвири ҳосил қилинади (55- шакл). Мураккаброқ механизмлар учун тезлик тасвирини қуриш шу усулда давом эттирилади.

2. Планетар механизм кинематикасини тезлик тасвири ёрдамида график усул билан текшириш яққол ва осон усул бўлиб, у чизиқли ва бурчак тезликлар тасвирларини қуришга асосланган.

Бунинг учун механизм схемаси  $\mu_1$  масштабда қурилади (56- шакл, а ва б) ҳамда ундаги характерли нуқталар—гилдиракларнинг айланмиш марказлари, уларнинг ўзаро илашувчи нуқталари  $O, A, C, B$  билан белгиланади ва схема ён томонидан тик чизиқ ўтказилиб, унга характерли  $O, A, C, B$  нуқталар параллел равишда кўчириб келтирилади (56- шакл, в).



56- шакл.

А нукта тезлик векторининг чизмадаги қийматини бирор ( $Aa$ ) кесма тарзида кўрсатилади. У ҳолда ҳосил бўлган тўғри бурчакли учбурчак  $OАa$  марказий ғилдирак учун тезликнинг тақсимланиш тасвирини билдиради.

Тезлик масштаби:

$$\mu_v = \frac{v_A}{(Aa)} = \frac{\omega_1 l_{OA}}{(Aa)} \text{ [м/с].}$$

Звено 3 қўзғалмас эканлиги ҳисобга олинса,  $y-y$  чизигидаги  $B$  нукта сателлитнинг тезлиги нолга тенг бўлган нуктасидир. Шу сабабли  $a$  ва  $B$  ни туташтириш натижасида ҳосил бўлган учбурчак  $BAa$  сателлит учун тезликнинг тақсимланиш тасвири бўлади. Мана шу тасвирдаги ( $Cc$ ) кесма сателлит марказининг ва  $u$  билан айланма кинематик жуфт ҳосил қилувчи водилога тегишли  $C$  нуктанинг ҳам тезлик векторини кўрсатади. Бинобарин, водило учун тезликнинг тақсимланиши чизигини ҳосил қилиш учун ундаги  $C$  ва  $O$  нукталарга тегишли тезлик векторларининг учларини туташтирувчи  $Os$  нуруни ўтказишимиз керак бўлади.  $\Delta COc$ —водилонинг тезлик тасвиридир.

Схемадаги марказий ғилдирак, сателлит ёки водилога тегишли исталган нуктанинг тезлик қийматини аниқлаш керак бўлса, шу нуктанинг  $y-y$  ўқидаги проекциясидан горизонтал чизиқ ўтказамиз. Шу чизиқдаги бирор звено тезлигининг тақсимланиш учбурчагидаги бўлаги аниқланаётган нукта тезлигининг чизма ифодасини билдиради.

Механизм звеноларининг бурчак тезликларини, узатиш нисбатини аниқлаш учун бурчак тезлик тасвиридан фойдаланиш мумкин. Бурчак тезлик тасвири чизиқли тезлик тасвиридан фойдаланган ҳолда қурилади.

Марказий ғилдирак, сателлит ва водилолар тезликлари тақсимланиш чизиқларининг  $y-y$  ўқи билан ҳосил қилган бурчаклари мос равишда  $\psi_1, \psi_2, \psi_H$  билан белгиланган бўлсин (56-шакл, в).

$$\Delta AOa \text{ дан: } \omega_1 = \frac{v_A}{l_{OA}} = \frac{(Aa) \mu_v}{(OA) \mu_l} = \text{tg } \psi_1 \cdot \frac{\mu_v}{\mu_l};$$

$$\Delta AaB \text{ дан: } \omega_2 = \frac{v_A}{l_{AB}} = \frac{(Aa) \cdot \mu_v}{(AB) \cdot \mu_l} = \operatorname{tg} \psi_2 \cdot \frac{\mu_v}{\mu_l};$$

$$\Delta CcO \text{ дан: } \omega_n = \frac{v_c}{l_{OC}} = \frac{(Cc) \cdot \mu_v}{(OC) \cdot \mu_l} = \operatorname{tg} \psi_n \cdot \frac{\mu_v}{\mu_l}.$$

Бурчак тезликларни чизмада тасвирлаш учун бирор горизонтал чизиқ  $m-m$  да  $K$  нуқтани танлаб, шу нуқтадан  $m-m$  чизиғига перпендикуляр йўналишда пастки томонга ( $KP$ ) кесмани қўямиз ва  $P$  нуқтадан  $\psi_1, \psi_2, \psi_3$  бурчаклар остида нурлар ўтказамиз ҳамда шу нурларнинг горизонтал  $m-m$  чизиғи билан кесишиш нуқталарини мос равишда  $1, 2, H$  билан белгилаймиз (56-шакл,  $z$ ), у ҳолда

$$\operatorname{tg} \psi_1 = \frac{(K1)}{(KP)}; \quad \operatorname{tg} \psi_2 = \frac{(K2)}{(KP)}; \quad \operatorname{tg} \psi_n = \frac{(KH)}{(KP)}$$

бўлади. Буларни юқоридаги ифодалар ўрнига қўйиб, қуйидагиларни ҳосил қиламиз:

$$\omega_1 = (K1) \frac{\mu_v}{(KP) \cdot \mu_l};$$

$$\omega_2 = (K2) \frac{\mu_v}{(KP) \cdot \mu_l};$$

$$\omega_n = (KH) \frac{\mu_v}{(KP) \cdot \mu_l}.$$

Бунда ( $K1$ ), ( $K2$ ), ( $KH$ ) лар звенолар бурчак тезликларининг чизма ифодалари бўлиб, бурчак тезлик масштаби

$$\mu_\omega = \frac{\mu_v}{(KP) \cdot \mu_l} \frac{\text{рад}}{\text{с} \cdot \text{мм}} \quad \text{бўлади.}$$

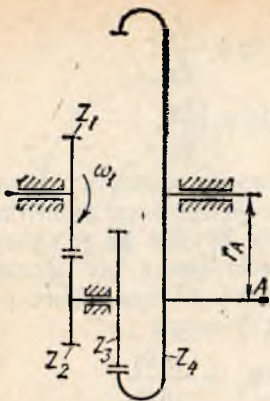
$\vec{K1}, \vec{K2}$  векторларнинг  $K$  нуқтадан турли томонга йўналганлиги гилдирак  $1$  ва  $2$  ларнинг бурчак тезликлари турли томонга йўналганлигини билдиради. Бурчак тезлик тасвиридан фойдаланилганда механизм тузатиш нисбати қуйидагича топилади:

$$u_{1n} = \frac{\omega_1}{\omega_n} = \frac{(K1)}{(KH)}.$$

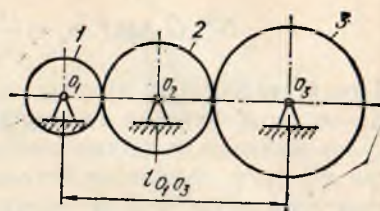
#### 48 — 53- масалалар

(Тишли гилдиракли механизмларнинг кинематик схемасини чизиш талаб қилинганда гилдиракларнинг бошланғич айланалари радиуслари формула  $r_i = \frac{mz_i}{2}$  га кўра аниқланади. Бу ерда  $z_i$  — гилдирак тишлари сони;  $m$  — бошланғич айлана бўйича тиш модули.  $m = \frac{P}{\pi}$  бўлиб,  $P$  — бошланғич айлана бўйича ўлчанадиган тиш қадами.)

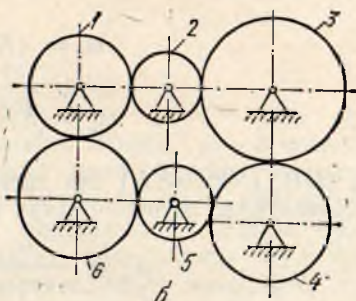
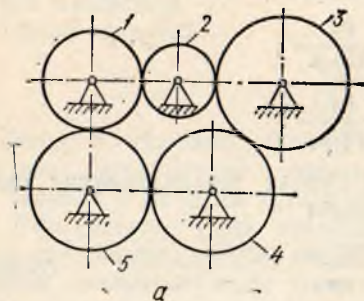
48. Қуйида берилган қийматларга кўра  $A$  нуқтанинг тезлиги аниқлансин.  $z_1 = 24, z_2 = 18, z_3 = 30, z_4 = 72, r_A = 0,21\text{м}, \omega_1 = 20 \text{ рад/с}$ .



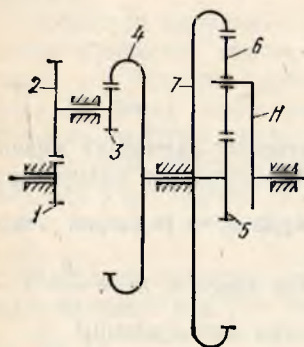
48- масалага.



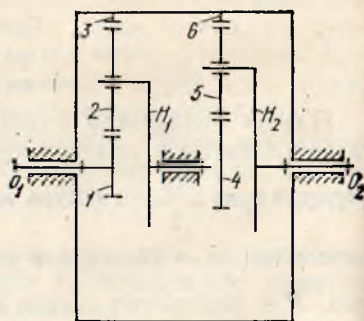
49- масалага.



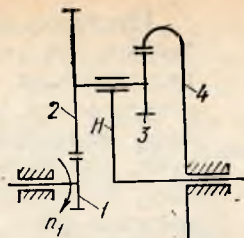
50- масалага.



51- масалага.



52- масалага.



53- масалага.

49. Гилдираклари қатор жойлашган узатманинг узатиш нисбатини ҳамда биринчи ва охири гилдираклар ўқлари орасидаги масофа  $l_{0,0}$ , иш қуйидаги берилганларга кўра аниқланг.

Ҳамма гилдираклар учун модуль  $m = 5$ ,  $z_1 = 17$ ,  $z_2 = 24$ ,  $z_3 = 34$ .

50. Ёпиқ контурли гилдираклари қатор жойлашган узатмаларнинг қўзғалувчанлик даражасини формулалар (1.1) ва (4.1) га асосан ҳисобланг. Гилдираклари сони жуфт бўлган бундай узатмаларнинг қўзғалувчанлик даражаси нима сабабли 1 га тенг бўлади. Сабабини исботлаб изоҳланг.

51. Қуйидаги берилган қийматларга кўра редукторнинг умумий узатиш нисбати  $u_{1,n}$  ни аниқланг.  $z_1 = 10$ ,  $z_2 = 40$ ,  $z_3 = 12$ ,  $z_4 = 60$ ,  $z_5 = 18$ ,  $z_6 = 54$ ,  $z_7 = 126$ .

52. Қуйидаги берилган қийматларга кўра редукторнинг узатиш нисбати  $u_{1,n_2}$  ни аниқланг.  $z_1 = 18$ ,  $z_2 = 36$ ,  $z_3 = 30$ ,  $z_4 = 30$ ,  $z_5 = 30$ ,  $z_6 = 90$ .

53. Қуйидаги берилган қийматларга кўра икки қаторли битта ташқи, битта ички илашмали планетар редукторнинг узатиш нисбати ҳамда унинг водилоси ва сателлитнинг бурчак тезликлари аниқлансин.

$z_1 = 18$ ,  $z_2 = 54$ ,  $z_3 = 24$ ,  $z_4 = 96$ ,  $n_1 = 650$  айл/мин.

## 5- боб. МЕХАНИЗМЛАРНИ КУЧЛАР ТАЪСИРИДА ТЕКШИРИШ

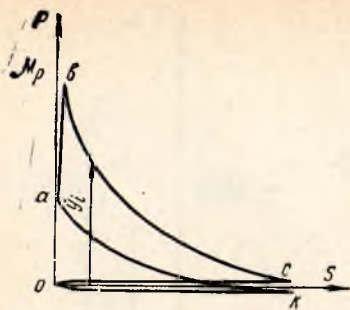
### 1- §. МЕХАНИЗМГА ТАЪСИР ЭТУВЧИ КУЧЛАР

Механизмни кучлар таъсирида текширишда унга таъсир этувчи ҳамма ташқи кучларнинг қийматлари ва йўналишлари аниқланган бўлиши ёки уларнинг сон қийматини аниқлаш усуллари кўрсатилган бўлиши керак.

Механизмга таъсир этувчи кучларга қуйидагилар киради.

1. Ҳаракатлантирувчи кучлар ёки моментлар. Механизмни ҳаракатга келтирувчи, уни бирор иш бажаришга мажбур этувчи куч ёки момент бирор энергия манбаи ёки ташқи таъсирдан вужудга келади. Ҳаракатлантирувчи куч вектори билан шу куч қўйилиш нуқтасининг тезлик вектори орасидаги бурчак доимо  $90^\circ$  дан кам бўлади. Ҳаракатлантирувчи моментнинг йўналиши эса шу момент таъсир этаётган аснонинг йўналиши билан бир хил бўлади.





57- шакл.

машинанинг механик характеристикасини ифодаловчи индикатор диаграммадан фойдаланиб аниқланади. 57- шаклда карбюраторли двигателлар учун индикатор диаграмма тасвирланган бўлиб, ундаги ордината ўқи  $P$  цилиндрдаги босимни, абсцисса ўқи  $s$  поршеннинг юқори чекка нуқтадан масофасини ифодалайди.

Индикатор диаграммасидаги  $a-b-c$  чизиғи ёниш тактидаги,  $c-o$  чизиғи чиқариш тактидаги,  $o-k$  чизиғи сўриш тактидаги,  $k-a$  чизиғи сиқиш тактидаги босимнинг ўзгариш қонуниятини ифодалайди.

Босимнинг ўзгариш чизиғигача бўлган ордината босим қийматини ифодалайди.

Механизмнинг текширилаётган ҳолати учун поршенга таъсир этувчи босим натижасида ҳосил бўлувчи кучнинг қиймати қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$F_{\text{куч}} = (y_i) \cdot \mu_p \cdot S_{\text{юзa}}$$

бу ерда  $(y_i)$  — босимнинг чизмадаги қиймати,  $\mu_p$  — босим масштаби,  $S_{\text{юзa}}$  — поршень юзаси.

**2. Фойдали қаршилик кучлари.** Механизм ҳаракатланиш жараёнида лойиҳада назарда тутилган ҳамма қаршилик кучларини енгиши керак бўлади. Фойдали қаршилик кучлари механизмнинг иш бажарувчи звеносига қўйилган бўлиб, шу звено тезлик вектори ва куч вектори орасидаги бурчак  $90^\circ$  дан ортиқ бўлади. Бунда ҳаракатга тўсқинлик содир бўлади, яъни манфий иш бажарилади. Қирқиш станокларида қирқилувчи деталнинг кескичга қаршилиги, насосларда суюқлик ёки газнинг поршенга таъсир кучи ва ҳоказолар фойдали қаршилик кучига мисол бўла олади. Лойиҳада фойдали қаршилик кучининг механизм ҳолатига боғлиқ бўлган циклограммаси берилган бўлади.

**3. Зарарли қаршилик кучлари** механизм ҳаракатига тўсқинлик қилиб, унинг фойдали иш коэффициентини камайтиришга сабаб бўлади.

Бу кучлар асосан ташқи муҳит таъсири, кинематик жуфтлардаги ишқаланиш кучлари бўлиб, куч ва тезлик векторлари ўзаро қарама-қарши йўналган бўлади, бинобарин, улар бажарган иш ҳам манфийдир.

4. Огирлик кучлари доимо ер марказига йўналган бўлиб, огирлик кучлари векторлари билан шу куч таъсир этувчи нуқта тезлиги вектори орасидаги бурчак  $0^\circ$  дан  $180^\circ$  гача бўлган қийматни ташкил этиши мумкин. Шу бурчакнинг ўткир ёки ўтмас бўлишига қараб, огирлик кучлари ҳаракатлантирувчи ёки қаршилик кучлари қаторига кириши мумкин. Бу кучнинг бажарган иши юқоридаги мулоҳазаларга кўра мусбат ёки манфий бўлади.

5. **Инерция кучлари** доимо массалар маркази тезланишига қарама-қарши йўналади. Инерция кучлари векторлари билан шу куч қўйилган нуқта тезлиги орасидаги бурчак  $0^\circ$  дан  $180^\circ$  гача ўзгариши, бинобарин, инерция кучлари мусбат ёки манфий иш бажариши мумкин. Юқоридаги мулоҳазаларга кўра инерция кучлари м ханизм учун ҳам ҳаракатлантирувчи, ҳам қаршилик кучи бўла олади. Ҳозирги тезюрар машиналарда инерция кучлари жуда катта қийматга эга. Шунинг учун ҳам механизمنى лойиҳалаш ва текширишда инерция кучларини ҳисобга олмасдан бўлмайди.

6. **Реакция кучлари** кинематик жуфтларда звеноларнинг бир-бирига таъсир кучи бўлиб, бу кучларни аниқлаш механизми кучлар таъсирида ҳисоблашнинг асосий масалаларидан биридир.

Айланма кинематик жуфтларда реакция кучларининг қўйилиш нуқталари маълум, қийматлари ва йўналиши номаълумдир (58- шакл):

$$R_{12} = -R_{21}$$



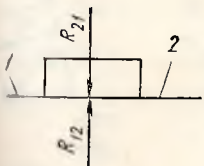
58- шакл.

Илгарилама кинематик жуфтларда реакция кучларининг йўналиши маълум бўлиб, у звенони йўнатирувчи сиртга перпендикулярдир. Кучнинг қўйилиш нуқтаси эса номаълум (59- шакл).

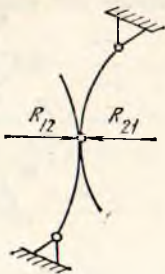
Олий кинематик жуфтларда реакция кучлари уриниш нуқталаридан ўтувчи нормал чизиқда ётади (60- шакл).

## 2- §. МЕХАНИЗМ ЗВЕНОЛАРИДАГИ ИНЕРЦИЯ КУЧЛАРИНИ АНИҚЛАШ

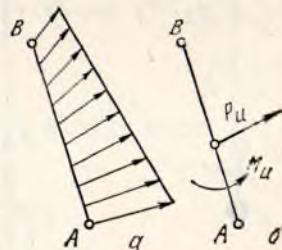
Механизм звеноси моддий нуқталар системасидан иборат бўлганлиги сабабли ҳаракат жараёнида звенога тегишли нуқталарнинг тезланишлари ҳар хил йўналишда бўлиши мумкин. Бинобарин, звенодаги



59- шакл.



60- шакл.



61- шакл.

моддий нуқталарга таъсир этувчи инерция кучларининг қийматлари ҳам ҳар хил бўлади. Моддий жисмга таъсир этувчи ҳар қандай кучлар системасини битта бош куч ва унинг бош моменти билан алмаштириш мумкин бўлгани каби, звено нуқталарига таъсир этувчи инерция кучларини шу звено массалари марказига таъсир этувчи ягона бош инерция кучи ва звенонинг бурчак тезланиши сабабли вужудга келувчи бош инерция моментиغا алмаштириш мумкин бўлади.

61- шакл, *a* да звено моддий нуқталарига қўйилган инерция кучларининг тақсимланиш эпюраси, 61- шакл, *b* да уларни ягона бош инерция куч ва бош инерция моменти билан алмаштириш кўрсатилган.

Инерция кучининг бош вектори  $P_u$  звено оғирлик марказига қўйилган бўлиб, қиймат жиҳатидан звено массаси  $m$  билан массалар маркази тезланиши  $a_s$  нинг кўпайтмасига тенг ва йўналиши унга қарама-қарши:

$$P_u = -m \cdot a_s.$$

Инерция кучи бош момент  $M_u$  ининг қиймати звенонинг оғирлик марказидан ўтувчи ўққа нисбатан олинган инерция моменти  $J_s$  нинг бурчак тезланиши  $\epsilon$  га кўпайтмасига тенг бўлиб, йўналиши унга тескари:

$$M_u = -J_s \cdot \epsilon.$$

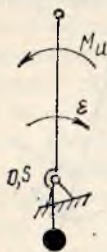
Механизм ҳаракати жараёнида звеноларда вужудга келадиган инерция кучлари ва унинг моментлари ҳам қиймат жиҳатидан, ҳам йўналиши жиҳатидан ўзгариб туради. Звеноларнинг турлича ҳаракатида уларда вужудга келадиган бош инерция кучлари ва бош инерция моменти аниқлашни ва уларни ягона патижаловчи инерция кучи билан алмаштириш усулларини кўриб чиқамиз.

1. Звено тўғри чизикли илгарилама ҳаракатда бўлганда унда фақат инерция кучи вужудга келади:

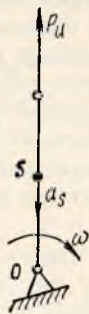
$$P_u = -ma.$$

2. Мувозанатланган кривошип:

а) ўзгармас бурчак тезлик ( $\omega = \text{const}$ ) билан ҳаракатланганда, унда ҳеч қандай инерция кучи ёки унинг моменти вужудга келмайди;



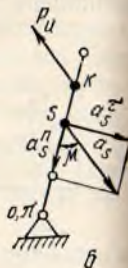
62- шакл.



63- шакл.



64- шакл.



б) ўзгарувчан бурчак тезлик билан ҳаракатланса (62- шакл), унда фақат инерция кучининг моменти  $M_u$  вужудга келади:

$$M_u = -J\varepsilon.$$

3. Мувозанатланмаган кривошип:

а) ўзгармас бурчак тезлик билан ( $\omega = \text{const}$ ) ҳаракатланса (63- шакл), унда фақат инерция кучи  $P_u$  вужудга келади:

$$P_u = -m\alpha_s^n;$$

б) ўзгарувчан бурчак тезлик билан ҳаракатланганда (64- шакл, а) унга ҳам инерция кучи, ҳам инерция кучининг моменти таъсир қилади:

$$P_u = -m\alpha_s,$$

$$M_u = -J_s \cdot \varepsilon$$

Оғирлик маркази айланиш маркази билан устма-уст тушмаганда ва звено ўзгарувчан бурчак тезлик билан ҳаракатланганда, юқорида кўрганимиздек, унда ҳам инерция кучи, ҳам инерция кучининг моменти пайдо бўлади. Ҳисоблашни осонлаштириш мақсадида уларнинг ҳар иккаласини звенонинг бошқа бир нуқтасига қўйилган натижаловчи ягона инерция кучи билан алмаштириш мумкин. Бунинг учун инерция кучининг моментини ўзаро  $h$  масофада ётувчи қийматлари  $P_u$  га тенг бўлган жуфт куч билан алмаштираемиз (64- шакл, а), яъни:

$$M_u = -J_s \cdot \varepsilon = -P_u \cdot h, \quad (5.1)$$

бу ерда  $h = \frac{M_u}{P_u}$  бўлиши назарда тутилади.

Натижада инерция кучи  $P_u$  нуқта  $K$  га кўчадики, у звенога таъсир ётувчи инерция моменти  $M_u$  ва  $S$  нуқтага қўйилган инерция кучи  $P_u$  га ўзининг бажарадиган ишига кўра эквивалентдир.

$K$  нуқта звенодаги барча инерция кучларининг натижаловчисини қўйилган нуқтадир.  $K$  нуқтага қўйилган инерция кучи натижаловчи инерция кучи,  $K$  нуқтанинг ўзи зарб нуқтаси дейилади. Зарб нуқтасини аниқлаш лойиҳалашда ҳисобга олиниши зарур бўлган куч ва моментни битта куч билан алмаштиришга имкон бериб, масалани ечишни енгиллаштиради. Техникада звенонинг зарб нуқтасига қўйилган инерция кучлари фойдали иш бажарадиган ҳодисалар кўп учрайди.

$$64\text{- шакл, б га кўра } \varepsilon = \frac{a_s^r}{l_{\pi s}} = \frac{a_s \sin \mu}{l_{\pi s}} \quad \text{бўлади.}$$

$P_u = -m\alpha_s$ ;  $n = l_{sk} \cdot \sin \mu$ ;  $J_s = m\rho^2$  эканлигини ҳисобга олсак: формула (5.1) қуйидаги кўринишга келади:

$$m\rho^2 \frac{a_s \sin \mu}{l_{\pi s}} = m \cdot a_s \cdot l_{sk} \cdot \sin \mu. \quad (5.2)$$

Формула (5.2) га кўра звено зарб нуқтаси  $K$  нинг оғирлик маркази  $S$  дан ҳосил қилган масофасини аниқлаймиз:

$$l_{SK} = \frac{\rho^2}{l_{\pi s}} = \frac{J}{m \cdot l_{\pi s}} \quad (5.3)$$

Агар чизма масштаби ҳисобга олинса, формула (5.3) ҳисоблаш учун қулай бўлган қуйидаги кўринишга келади:

$$(SK) = \frac{J}{m(\pi s) \cdot \mu_l^2} \quad (5.3)$$

бу ерда  $(SK)$ ,  $(\pi s)$  — чизмадан олинган ўлчамлар.  $\mu_l$  — узунлик масштаби.

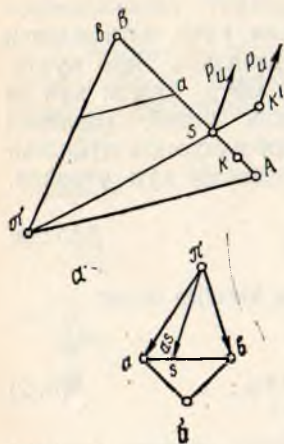
4. Мураккаб ҳаракатланувчи звено шатуннинг бош инерция кучини ва бош инерция моментини аниқлаш ва зарб нуқтасини белгилаш мувозанатланмаган кривошипни текширганимиздек бажарилади. Масаланинг бир оз мураккаблиги шундан иборатки, кривошип звеноси учун тезланиш, тезлик марказларининг ҳолати бир нуқтада ётса, шатун звеноси учун уларнинг ҳолатлари чизма текислигининг турли нуқталарида ётади. Илгариларда ўзгарувчан ҳаракат натижасида вужудга келадиган ва звено оғирлик марказига қўйилган инерция кучи  $P_u$  ва бурчак тезликнинг ўзгариши натижасида вужудга келадиган инерция кучининг momenti  $M_u$  ларни зарб нуқтасига қўйилган натижаловчи инерция кучи билан алмаштириш қуйидагича амалга оширилади. Шатун звеносига тегишли тезланишлар марказини (тезланиш қиймати нолга тенг бўлган нуқтани) тезланишлар планидан фойдаланилган ҳолда, ўхшаш учбурчак қуриш усулидан фойдаланиб аниқлаймиз (65-шакл). Сўнгра шатуннинг тезланиш маркази  $\pi$  ни массалар маркази  $S$  билан туташтириб,  $S$  нуқтанинг давомида  $(SK')$  масофада  $K'$  нуқта белгиланади ва инерция кучи  $P_u$  параллел равишда  $S$  нуқтадан  $K'$  нуқтага кўчирилади.

$(SK')$  масофа формула (5.3') га кўра аниқланади:

$$(SK') = \frac{J_s}{m(\pi s) \cdot \mu_l^2}$$

бу ерда,  $J_s$  — шатуннинг ўз оғирлик маркази  $S$  нуқтага нисбатан олинган инерция momenti,  $m$  — шатуннинг массаси,  $(\pi s)$  — шатуннинг тезланиш марказидан унинг оғирлик марказигача бўлган чизма узунлиги;  $(SK')$  — оғирлик маркази  $S$  нуқтадан  $K'$  нуқтасигача бўлган ва  $\pi s$  чизигининг давомида ётувчи масофа,  $\mu_l$  — чизма масштаби.

$K'$  нуқтага кўчирилган инерция кучи  $P_u$  нинг таъсир чизиги билан шатуннинг кесишув нуқтаси  $K$  зарб нуқтаси бўлади.



65-шакл

### 3-§. МЕХАНИЗМЛАРНИ КУЧЛАР ТАЪСИРИДА ҲИСОБЛАШ КИНЕМАТИК ЖУФТЛАРДА КУЧЛАРНИ АНИҚЛАШ УСУЛИ

1. Механизмни кучлар таъсирида ҳисоблаш кинематик жуфтлардаги таянч кучларини, шунингдек, номаълум ташқи куч ёки моментларни аниқлашдан иборат.

Кучлар таъсирида ҳисоблашни кинематик жуфтлардаги ишқаланишни ҳисобга олиб ёки ҳисобга олмасдан баъжариш мумкин. Кучлар таъсирида ҳисоблаш—механизм деталларини мустаҳкамлаш шартига кўра ҳисоблашда ва механик фойдали иш коэффициентини аниқлаш учун зарурдир. Механик ФИҚ ни аниқлаш мақсадида механизмни кучлар таъсирида ҳисоблаш учун, албатта, кинематик жуфтлардаги ишқаланишни назарга олиш зарур. Одатда, механизм деталларини мустаҳкамликка ҳисоблашда кинематик жуфтлардаги кучлар қийматларининг цикл давомидаги ўзгаришини билиш керак. Курс лойиҳасида эса энг катта қийматларга эга бўлган ташқи кучлар таъсиридаги механизмнинг битта ёки иккита ҳолати кучлар таъсирида ҳисобланади.

Кучлар таъсирида ҳисоблаш учун қуйидагилар берилган бўлади:

- 1) механизм звеноларининг узунлик ўлчамлари, бош звено координатаси;
- 2) бутун цикл давомида механизмга таъсир этувчи ташқи кучнинг ўзгариш диаграммаси;
- 3) звено оғирликлари;
- 4) оғирлик марказларига нисбатан олинган звеноларнинг инерция моментлари;
- 5) келтириш звеносининг ҳаракат қонуни.

2. Звеноларнинг бир-бирига таъсир кучларини иккита индексли  $R_{ik}$  ҳарфи билан белгиланади. Индексдаги биринчи сон, шу звенога куч билан таъсир этувчи бошқа звенонинг тартиб номерини, иккинчи сон — куч қўйиладиган звенонинг тартиб номерини кўрсатади, масалан,  $R_{12}$  — I звенонинг 2 звенога таъсир кучи.

Кучлар таъсирида ҳисоблаш Ньютон қонунига асосланган Даламбер принципини қўллаш натижасида амалга оширилади. Даламбер принципига кўра механизмга таъсир этувчи ҳамма кучлар қаторида звеноларнинг тезланиши таъсирида вужудга келувчи инерция кучлари ҳам ҳисобга олинса, механизмни мувозанат ҳолатда деб қараш мумкин. Бунда механизмга таъсир этувчи номаълум кучларни—реакция кучларини аниқлаш учун статика қонидаси қўлланиши мумкин бўлади.

Бундай усул билан масала ечишда ягона звено ёки звеноларнинг Ассур группалари алоҳида ажратиб олинади. Ҳар бир звенога таъсир этувчи ташқи куч ва моментлар, оғирлик кучлари, инерция кучлари ва унинг моментлари қўйилади. Шунингдек, группадан (звенодан) ажралиб қолган боғланишлар ўрнига (кинематик жуфтлар ўрнига) ташқи реакция кучлари қўйилади. Сўнгра системанинг динамик мувозанат шартига кўра Даламбер принципи татбиқ қилиниб, мувозанат тенгламаси ёзилади.

Мувозанат тенгламасининг шартига кўра системага таъсир этувчи ҳамма кучларнинг бош вектори ёки ҳамма моментларнинг бош моменти қиймати нолга тенг бўлиши зарур.

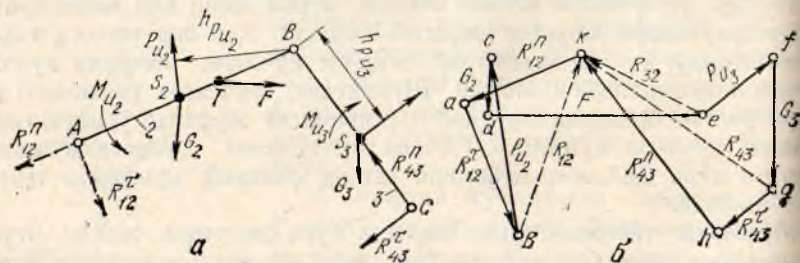
Шуни эсда тутиш керакки, моментлар тенгламасида уларнинг ишоралари ҳисобга олинади.

Куч ва моментлар таъсиридаги алоҳида звено учун куч қўпбурчагини қуриш усули билан кинематик жуфтлардаги реакция кучларини аниқлашда тенглама таркибига кирувчи номаълум кучларнинг таъсир чизиғи маълум бўлса, уларнинг сони иккитадан ошмаслиги шарт. Агар реакция кучининг таъсир чизиғи олдиндан аниқланмаган бўлса, тенгламадаги номаълумлар сони биттадан ошмаслиги лозим. Шу сабабли тенглама таркибида иккита номаълум куч бўлса, уларни звенога параллел йўналган нормал ва унга перпендикуляр бўлган тангенциал ташкил этувчиларга ажратиб олинади ва тангенциал ташкил этувчи кучнинг қиймати ҳамда қайси томонга йўналганлиги моментлар тенгламасидан фойдаланиб аниқланади.

Бу ҳол текширилиши лозим бўлган звенога таъсир этувчи реакция кучларини аниқлаш учун унга боғланган бошқа звенонинг мувозанат шартидан ҳам фойдаланишга олиб келади. Шу сабабли механизмни кучлар таъсирида текширишда механизмлар Ассур группаларига ажратилиб текширилиши анча қулай. Чунки, тенгламада ифодаланган номаълум кучлар ташкил этувчиларга ажратилганда уларнинг тангенциал ташкил этувчилари шу группадаги звенонинг мувозанат шартидан аниқланади.

#### 4-§. АЙЛАНМА КИНЕМАТИК ЖУФТЛИ ИККИНЧИ КЛАСС АССУР ГРУППАСИ УЧУН КИНЕМАТИК ЖУФТЛАРДАГИ РЕАКЦИЯ КУЧЛАРИНИ АНИҚЛАШ

Группага тегишли звенолар 2 ва 3 га қўйидаги ташқи кучлар таъсир қиладилар деб фараз қиламиз (66-шакл, а):  $G_2$ ,  $G_3$  — звеноларнинг оғирлик кучлари; улар звенолар массаларининг марказлари  $S_2$  ва  $S_3$  нуқталарга қўйилган бўлади;  $P_{u_2}$  ва  $P_{u_3}$  — звеноларнинг илгариланган ҳаракат натижасида вужудга келадиган инерция кучлари, улар ҳам массаларнинг марказлари  $S_2$  ва  $S_3$  га мос равишда қўйилган бўлади;  $M_{u_2}$ ,  $M_{u_3}$  — звеноларнинг бурчак тезланиш билан айланма ҳаракати натижасида вужудга келадиган инерция кучларининг моментлари;  $F$  — звено 2 нинг  $T$  нуқтасига қўйилган ташқи куч,  $R_{12}^n$ ,  $R_{12}^t$  — звено 1 нинг звено 2 га реакция кучининг звено 2 бўйлаб йўналган нор-



66-шакл.

мил ҳамда звено 2 га тик йўналган тангенциал ташкил этувчилари, уларнинг қийматлари ва ҳақиқий йўналишлари номаълум;  $R_{43}^n, R_{43}^t$  звено 4 нинг звено 3 га нисбатан реакция кучининг звено 3 бўйлаб йўналган нормал ва звено 3 га тик йўналган тангенциал ташкил этувчилари, уларнинг қийматлари ва ҳақиқий йўналишлари ҳам ҳозирча номаълум.

Группага таъсир этувчи кучларнинг Даламбер принципига асосланган мувозанат шартини вектор тенглама кўринишида ёзамиз. Тенглама тузганда номаълум кучнинг нормал ва тангенциал ташкил этувчилари ёнма-ён ёзилиши керак. Шунингдек, номаълум кучлардан бири тенгламанинг олдига, иккинчиси охирига ёзилади.

$$\vec{R}_{12}^n + \vec{R}_{12}^t + \vec{P}_{u_2} + \vec{G}_2 + \vec{F} + \vec{P}_{u_1} + \vec{G}_3 + \vec{R}_{43}^t + \vec{R}_{43}^n = 0. \quad (5.4)$$

Таъсир чизиги маълум бўлиб, қиймати ва вектор йўналиши номаълум бўлган  $R_{12}^t$  ва  $R_{43}^t$  кучларнинг қийматлари ва вектор йўналишлари тенгламани тузишдан олдинроқ, Даламбер принципига кўра аниқлаб олинган бўлади, яъни звеноларга таъсир этувчи кучлардан ва моментлардан звенонинг бирор нуқтасига нисбатан олинган бош момент нолга тенг бўлиши керак.  $\sum M_{pi} = 0$  шарти ҳар бир звено учун алоҳида тузилади. Звено 2 га таъсир этувчи кучлардан ва  $M_2$  моментдан  $B$  нуқтага нисбатан олинган моментлар йиғиндиси нолга тенг:

$$-R_{12}^t \cdot l_{AB} + P_{u_2} \cdot h_{Pu_2} - G_2 \cdot h_{G_2} - F \cdot h_F - M_{u_2} = 0, \quad (5.5)$$

тенгламада  $h_{Pu_2}, h_{G_2}, h_F$  лар — куч елкалари.

Звено 3 га таъсир этувчи кучлардан ва  $M_3$  моментдан  $B$  нуқтага нисбатан олинган моментларнинг йиғиндиси ҳам нолга тенг:

$$R_{43}^t \cdot l_{BC} - P_{u_3} \cdot h_{Pu_3} + G_3 \cdot h_{G_3} + M_{u_3} = 0. \quad (5.6)$$

Тенглама (5.5) га асосан

$$R_{12}^t = \frac{P_{u_2} \cdot h_{Pu_2} - G_2 \cdot h_{G_2} - F \cdot h_F - M_{u_2}}{l_{AB}}. \quad (5.7)$$

Тенглама (5.6) га асосан:

$$R_{43}^t = \frac{P_{u_3} \cdot h_{Pu_3} - G_3 \cdot h_{G_3} - M_{u_3}}{l_{BC}}.$$

Аниқланган  $R_{12}^t, R_{43}^t$  ларнинг ишоралари манфий бўлса уларнинг бири томондан дастлабки белгиланган йўналишлари ҳақиқий йўналишларига қарама-қарши, яъни хато бўлганлигини билдиради.  $R_{12}^n$  ва  $R_{43}^n$  кучларнинг қийматлари ва қайси томонга йўналганликларини аниқлаш учун тенглама (5.4) га асосан куч кўпбурчаги қурилади. Куч кўпбурчанинги қуришда дастлаб қиймати маълум бўлган кучларнинг чизма ўлчуликларини ихтиёрий куч масштаби  $\mu_p \left[ \frac{\text{Н}}{\text{мм}} \right]$  га кўра аниқлаб олилади, яъни:

$$\left( \vec{R}_{12}^t \right) = \frac{R_{12}^t}{\mu_p} [\text{мм}]; \quad \left( \vec{P}_{u_2} \right) = \frac{P_{u_2}}{\mu_p} [\text{мм}]$$

в. ҳ.



Куч кўпбурчаги қуйидагича қурилади. Ихтиёрий танланган бирор  $a$  нуқтадан (66-шакл, б) тенглама (5.4) даги кучларнинг кетма-кет жойлашув тартибига кўра чизма қийматлари аниқ бўлган куч векторлари занжири  $\vec{R}_{12}^r + \vec{P}_{u_2} + \vec{G}_2 + \vec{F} + \vec{P}_{u_2} + \vec{G}_2 + \vec{R}_{43}^r$  ни ифодаловчи синиқ чизиқлар занжири ( $a - b - c - d - e - f - g - h$ ) ни қурамиз. Сўнгра  $\vec{R}_{12}^r$  векторнинг бошланиш нуқтаси  $a$  дан звено 2 га параллел равишда  $\vec{R}_{12}^n$  векторнинг таъсир чизигини,  $\vec{R}_{43}^r$  векторнинг охири бўлган  $h$  нуқтадан звено 3 га параллел равишда  $\vec{R}_{43}^n$  векторнинг таъсир чизигини ўтказамиз. Уларнинг кесишиш нуқтаси  $K$  тенгламалар системасининг ечимини беради, яъни  $(Ka) - \vec{R}_{12}^n$  векторни,  $(hK) - \vec{R}_{43}^n$  векторни ифодалайди.  $\vec{R}_{12}^r$  ва  $\vec{R}_{12}^n$  векторларнинг йиғиндиси бўлган  $\vec{R}_{12}$  ни  $(Kb)$  кесма  $\vec{R}_{43}^r$  ва  $\vec{R}_{43}^n$  векторларнинг йиғиндиси бўлган  $\vec{R}_{43}$  векторни  $(gK)$  кесма ифодалайди (66-шакл, б), улар пунктир чизиқлар билан кўрсатилган. Аниқланган реакция кучларининг ҳақиқий қийматлари куч планидаги кесма узунликларини масштабга кўпайтириб аниқланади:

$$R_{12} = (Kb) \cdot \mu_p [H]; \quad R_{43} = (gK) \cdot \mu_p [H].$$

В шарнирдаги реакция кучини аниқлаш учун группадаги звенолардан бирини (звено 3 ни) ҳаёлан олиб ташлаб, иккинчиси учун кучларнинг мувозанат шартини ёзамиз:

$$\vec{R}_{12} + \vec{P}_{u_2} + \vec{G}_2 + \vec{F} + \vec{R}_{32}. \quad (5.8)$$

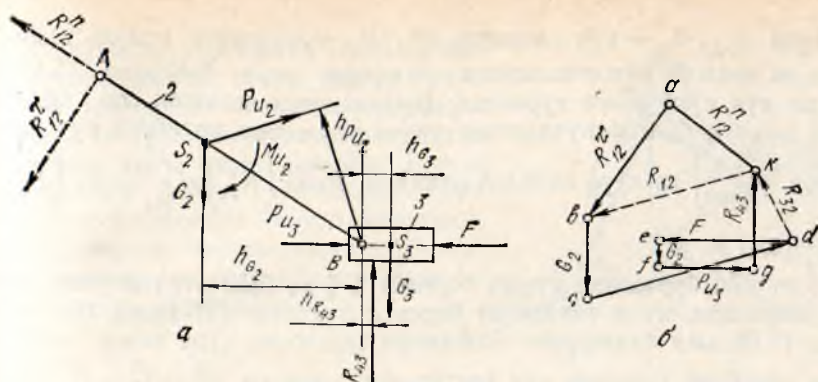
Тенгламадаги  $R_{32}$  ҳам вектор йўналиши, ҳам қиймати номаълум бўлган, группадан ажратиб олинган зве 3 нинг звено 2 га тўлиқ реакция кучи. Тенглама (5.8) га асосан  $\vec{R}_{12}$  векторнинг бошланиши  $k$  нуқта билан  $F$  векторнинг охирини ифодаловчи  $e$  нуқтани ўзаро туташтириб, реакция кучи  $\vec{R}_{32}$  векторни тасвирловчи кесмани ҳосил қиламиз.  $e$  нуқтадан  $K$  нуқтага қараб йўналган бўлади. Унинг ҳақиқий қиймати қуйидагича аниқланади;

$$R_{32} = (eK) \cdot \mu_p [H].$$

Звено 2 нинг звено 3 га реакция кучи  $\vec{R}_{23} = -\vec{R}_{32}$  бўлади, яъни  $\vec{R}_{23}$  векторнинг йўналишини аниқлаш учун  $\vec{R}_{32}$  векторнинг йўналишини қарама-қарши томонга ўзгартириш kifоя.

#### 5-§. ИЛГАРИЛАМА ВА АЙЛАНМА КИНЕМАТИК ЖУФТЛИ ИККИНЧИ КЛАСС АССУР ГРУППАСИ УЧУН КИНЕМАТИК ЖУФТЛАРДАГИ РЕАКЦИЯ КУЧЛАРИНИ АНИҚЛАШ

Группага тегишли звенолар 2 ва 3 га (67-шакл, а) қуйидаги ташқи кучлар таъсир қилаётган бўлсин:  $G_2$  ва  $G_3$  — звеноларнинг оғирлик кучлари, улар звенолар массаларининг маркази  $S_2$  ва  $S_3$  нуқталарига



67- шакл.

қўйилган бўлади.  $P_{u_2}$ ,  $P_{u_3}$  — илгариланган ҳаракат натижасида звеноларда вужудга келадиган инерция кучлари, улар ҳам массалар маркази  $S_2$ ,  $S_3$  нуқталарга қўйилган бўлади.  $M_{u_2}$  — звено 2 нинг бурчак тезлашиш билан айланма ҳаракат қилиши натижасида вужудга келадиган инерция кучининг momenti;  $F$  — звено 3 га таъсир этувчи ҳаракатлантирувчи куч,  $\vec{R}_{12}^n$ ,  $\vec{R}_{12}^t$  — звено 1 нинг звено 2 га реакция кучининг звено 2 бўйлаб йўналган нормал ва звено 2 га тик йўналган тангенциал ташкил этувчилари, уларнинг қийматлари ва ҳақиқий йўналишлари номаълум,  $R_{43}$  — ползун йўналтирувчисининг ползунга реакция кучи бўлиб, унинг таъсир чизиги йўналтирувчи сиртга тик жойлашади. Бу кучнинг қўйилиш нуқтаси ва қайси томонга йўналганлиги номаълум. Қўраётган мисолимизда ползун илгариланган ҳаракатланаётганлиги сабабли масаланинг ҳал қилиниши бирмунча осонроқ бўлади.

Группага таъсир этувчи кучларнинг Даламбер принципи асосланган мувозанат шартини вектор тенглама кўринишида ёзамиз. Группани таъсир этувчи ҳамма кучлар жумласига инерция кучини ҳам қўшимиз. Даламбер принципига кўра бу кучлардан тузилган куч кўпбурчлиги ёпиқ бўлиши керак. Қиймати ва вектор йўналиши номаълум кучлар тенгламанинг олдига ва охирига ёзилади.

$$\vec{R}_{12}^n + \vec{R}_{12}^t + \vec{G}_2 + \vec{P}_{u_2} + \vec{F} + \vec{G}_3 + \vec{P}_{u_3} + \vec{R}_{43} = 0. \quad (5.9)$$

$R_{12}^t$  кучининг қиймати ва вектор йўналишини тенгламани тузишдан олдинроқ Даламбер принципи асосан аниқлаб олинган бўлади. Бундан звено 2 га таъсир этувчи ҳамма кучлардан ва  $M_{u_2}$  моментдан  $B$  шартига нисбатан олинган моментлар йиғиндиси нолга тенг бўлади:

$$-R_{12}^t \cdot l_{AB} + P_{u_2} \cdot h_{P_{u_2}} - G_2 \cdot h_{G_2} + M_{u_2} = 0.$$

Бундан:

$$R_{12}^t = \frac{P_{u_2} \cdot h_{P_{u_2}} - G_2 \cdot h_{G_2} + M_{u_2}}{l_{AB}}$$

бу ерда  $h_{P_{u_2}}, h_{G_3}$  — куч елкалари.  $R_{12}^n, R_{43}$  кучларнинг модуль қийматлари ва вектор йўналишларини аниқлаш учун тенглама (5.9) га асосан куч кўпбурчаги қурилади. Бунинг учун аввалроқ сон қийматлари маълум бўлган кучларнинг чизма ўлчамлари ихтиёрий куч масштаби  $\mu_p \left[ \frac{H}{MM} \right]$  га кўра аниқлаб олинади, яъни:  $\left( \vec{R}_{12}^v \right) = \frac{R_{12}^v}{\mu_p} [MM]; \left( \vec{P}_{u_1} \right) = \frac{P_{u_1}}{\mu_p} [MM]$  в. х.

Куч кўп бурчагини қуриш тартиби 4-§ да баён этилганидек амалга оширилади, яъни танланган бирор  $a$  нуқтадан (67-шакл, б) тенглама (5.9) даги кучларнинг жойлашув тартибига кўра чизма қийматлари ҳисоблаб топилган куч векторлари занжири  $\vec{R}_{12}^v + \vec{G}_2 + \vec{P}_{u_2} + F + \vec{G}_3 + \vec{P}_{u_1}$  ни ифодаловчи чизиқлар занжири  $(a - e - c - d - e - f - g)$  ни қурамыз. Сўнгра  $\vec{R}_{12}^v$  векторнинг бошланиш нуқтаси  $a$  дан звено 2 га параллел равишда  $\vec{R}_{12}^n$  векторнинг таъсир чизигини,  $\vec{P}_{u_2}$  векторнинг охири бўлган  $g$  нуқтадан ползун йўналтирувчисига тик равишда  $\vec{R}_{43}$  векторнинг таъсир чизигини ўтказамиз. Уларнинг кесишиш нуқтаси  $\kappa$  тенгламалар системасининг ечимини беради, яъни  $(\kappa a) - R_{12}^n$  векторни,  $(g \kappa) - R_{43}$  векторни ифодалайди.  $\vec{R}_{12}^n$  ва  $\vec{R}_{12}^v$  векторларнинг йиғиндиси бўлган  $\vec{R}_{12}$  ни  $(\kappa e)$  кесма ифодалайди (67-шакл, б)  $\vec{R}_{12}$  ва  $\vec{R}_{43}$  реакция кучларининг модуль қийматлари масштаб коэффициентидан фойдаланиб аниқланади:

$$R_{12} = (\kappa e) \cdot \mu_p [H], \quad R_{43} = (g \kappa) \cdot \mu_p [H].$$

В шарнирдаги реакция кучини аниқлаш учун бирор звенонинг, айтайлик, звено 2 нинг мувозанат шартни ёзилади:

$$\vec{R}_{12} + \vec{G}_2 + \vec{P}_{u_2} + \vec{R}_{32}. \quad (5.10)$$

Тенгламадаги  $\vec{R}_{32}$  ҳам вектор йўналиши, ҳам модуль қиймати номаълум бўлган звено 3 нинг звено 2 га тўлиқ реакция кучидир. Тенглама (5.10) га кўра  $\vec{R}_{12}$  векторнинг бошланиши  $\kappa$  нуқта билан  $\vec{P}_{u_2}$  векторнинг охирини ифодаловчи  $d$  нуқтани ўзаро туташтириб,  $\vec{R}_{22}$  векторни ифодаловчи  $(d \kappa)$  кесмани ҳосил қиламиз (67-шакл, б). У  $d$  нуқтадан  $\kappa$  нуқтага қараб йўналган бўлади. Қиймати эса қуйидагича аниқланади:

$$R_{22} = (d \kappa) \cdot \mu_p [H].$$

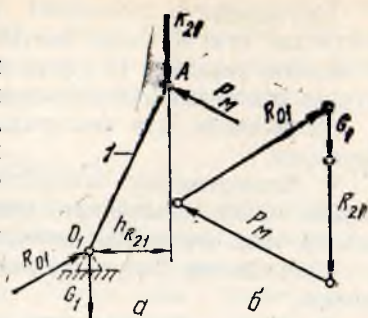
Реакция кучи  $R_{43}$  нинг қўйилиш нуқтасини аниқлаш учун ползуннинг мувозанат шартини ёзамиз:

$$R_{43} \cdot h_{R_{43}} - G_3 \cdot h_{G_3} = 0,$$

бундан

$$h_{R_{43}} = \frac{G_3}{R_{43}} \cdot h_{G_3}.$$

Механизмда учрайдиган II класс Ассур группаларининг бошқа турлари учун кучлар таъсирида ҳисоблаш усуллари юқорида келтирилган усуллардан принцип жиҳатидан катта фарқ қилмайди. Бошқа кўринишдаги Ассур группаларини куч таъсирида ҳисоблашда юқорида келтирилган усуллардан фойдаланилди. Шу сабабли қолган Ассур группалари учун бу усул алоҳида кўрсатилмади.



68- шакл.

#### 6-§. АЙЛАНМА ҲАРАКАТ ҚИЛУВЧИ ЕТАКЛОВЧИ ЗВЕНО КИНЕМАТИК ЖУФТЛАРИДАГИ РЕАКЦИЯ КУЧЛАРИНИ АНИҚЛАШ

Етакчи звенога таъсир этувчи кучлар (68-шакл, а):  $R_{21}$  — шатуннинг кривошипга таъсир кучи;  $G_1$  — звенонинг оғирлик кучи;  $R_{01}$  — қўзғалмас звенонинг кривошипга таъсир кучи.

Кривошипнинг оғирлик маркази айланиш марказида бўлганлиги (кривошип оғирлиги посанги ёрдамида  $O_1$  ўққа нисбатан мувозанатланган бўлади) ва кривошипнинг бурчак тезлиги ўзгармас деб қаралганлиги сабабли бош звенога инерция кучлари ва инерция кучи моменти таъсир этмайди деб оламиз. Юқорида кўрсатилган кучлар натижасида кривошип мувозанатланмайди. Шу сабабли звенонинг мувозанат шarti ёзилганда звенога таъсир этувчи мувозанатловчи момент ёки звенонинг бирор нуқтасига ихтиёрий йўналишда қўйиладиган мувозанатловчи куч ҳисобга олинади.

Дарҳақиқат, механизмга таъсир этувчи ҳамма кучларнинг мумкин бўлган силжишдан бажарган ишлари мувозанатловчи кучнинг мумкин бўлган силжишдаги бажарган ишларига тенгдир. Мувозанатловчи момент ёки мувозанатловчи куч бош звенога механизм звеноларига таъсир этувчи ҳамма кучлардан келтирилган моментга ёки кучга тенг бўлади. Демак, звенонинг мувозанат шартини ёзишдан олдин мувозанатловчи кучнинг қиймати топилади. Мувозанатловчи кучнинг қиймати, одатда, кривошипга перпендикуляр равишда унинг  $A$  нуқтасига қўйилган деб қараб, аниқланади:

$$\sum M_{P_i} = R_{21} \cdot h_{R_{21}} - P_M \cdot l_{OA} = 0,$$

бундан

$$P_M = R_{21} \cdot \frac{h_{R_{21}}}{l_{OA}},$$

бу ерда  $h_{R_{21}}$ ,  $l_{OA}$  — куч елкалари.

Таянч реакция кучларини аниқлаш учун кривошипга таъсир этувчи кучларининг мувозанат шarti ёзилади:

$$\vec{G}_1 + \vec{R}_{21} + \vec{P}_M + \vec{R}_{01} = 0. \quad (5.11)$$

Тенгламадаги таянчнинг кривошипга реакция кучи  $R_{01}$  қиймат жиҳатдан ҳам, йўналиш жиҳатдан ҳам номълум. Унинг қиймати ва йўналиши тенглама (5.11) га кўра ўзаро кетма-кет туташган маълум кучлар векторининг ёнувчисидан аниқланади (68-шакл, б).

Механизмни куч таъсирида ҳисоблаш қуйидаги тартибда олиб борилади.

1. Механизмнинг кинематик схемаси чизилади. Механизмга таъсир этувчи ташқи кучларнинг қийматлари ҳамда уларнинг звеноларга таъсир этиш нуқталари аниқланади.

2. Механизм Ассур группаларига ажратилади. Етакчи звено белги-ланади.

3. Статик аниқланадиган система бўлган ҳар бир группа куч таъсирида алоҳида-алоҳида ҳисобланади. Механизмни куч таъсирида ҳисоблаш бош звенодан боғланиш тартиби бўйича энг узоқда жойлашган группадан бошланиб, бош звенонинг ўзини куч таъсирида ҳисоблаш билан тугалланади.

### 7-§. МУВОЗАНАТЛОВЧИ КУЧНИ ЖУКОВСКИЙ УСУЛИ БИЛАН АНИҚЛАШ

1. Баъзи ҳолларда фақат мувозанатловчи кучни ёки мувозанатловчи моментни аниқлаш талаб қилинганда механизмни кинетостатик ҳисоблаб ўтирмасдан, уларни тўғридан-тўғри Жуковский усулидан фойдаланиб аниқлаш маъқулдир. Бу усул мумкин бўлган силжишлар принципига асосланган бўлиб, бу принципга асосан идеал механизм звеноларига таъсир этувчи ҳамма ташқи кучларнинг, жумладан инерция кучлари ва мувозанатловчи кучнинг механизм звеноларининг мумкин бўлган силжишидаги бажарган ишлари йиғиндиси нолга тенг бўлади, яъни

$$\sum_i^{n-1} P_i \delta S_i \cos \alpha_i + P_M \cdot \delta S_M \cdot \cos \alpha_M = 0. \quad (5.12)$$

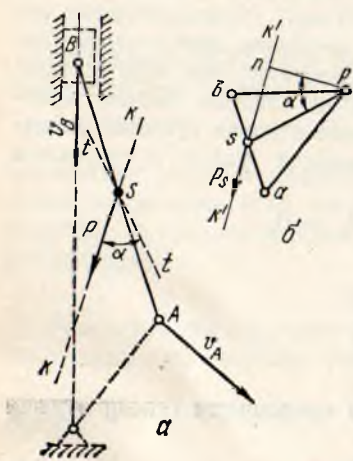
Тенгламани  $\delta t$  га бўлиб, ҳамма кучларнинг ҳосил қилган қуввати нолга тенглиги шартини ҳосил қиламиз:

$$N_M + \sum_i^{n-1} N_i = 0, \quad (5.13)$$

бу ерда,  $N_M$  — мувозанатловчи кучнинг қуввати,  $\sum_i^{n-1} N_i$  — механизм звеноларига қўйилган

мувозанатловчи кучдан бошқа ҳамма ташқи кучлар қувватларининг йиғиндиси.

2. Механизмнинг исталган звеносига қўйилган кучнинг қувватини аниқлаш учун ҳақиқий йўналишлари  $90^\circ$  га бурилган тезликлар планидан фойдаланиш мумкин. Мисол учун  $AB$  звенонинг (69-шакл, а)  $S$  нуқта-сига таъсир этаётган  $P$  кучнинг қувватини аниқлайлик. Бунинг учун звенонинг бурил-



69- шакл.

ган тезликлар планини қурамыз (69-шакл, б). Ўхшашлик усулидан фойдаланиб,  $S$  нуқтанинг  $90^\circ$  га бурилган тезлик вектори охири бўлган  $s$  нуқтани ( $P_i$  куч қўйиладиган нуқтани) планда аниқлаймиз. Тезлик планида  $S$  нуқтадан  $P$  кучнинг таъсир чизиғи  $\kappa - \kappa$  га параллел бўлган  $\kappa' - \kappa'$  чизиқ ўтказиб, унда  $P_i$  кучни қўямиз ва шу кучдан қутб  $p$  га нисбатан момент оламиз:

$$M_p = P \cdot h_p = P \cdot (\rho S) \cos \alpha'. \quad (5.14)$$

Бу момент  $P$  кучнинг қувватига пропорционал эканлигини қуйидагича исботлаш мумкин.  $S$  нуқтадан тезликлар планидаги  $\rho S$  чизиққа тик  $t - t$  чизиғини ўтказамиз ва  $S$  нуқта тезлик векторининг ҳақиқий таъсир чизиғини ҳосил қиламиз. Унинг  $P$  куч билан ҳосил қилган бурчаги  $\alpha = \alpha'$  бўлади, чунки бу бурчакларнинг ён томонлари ўзаро тик жойлашган чизиқлардир, яъни  $pn \perp \kappa - \kappa$  чизиғига,  $ps \perp t - t$  чизиғига.

$P$  куч қувватининг ифодаси:

$$N = P \cdot v_s \cdot \cos \alpha = P \cdot (ps) \cos \alpha' \cdot \mu v, \quad (5.15)$$

бунда  $(ps)$  — тезликлар планидан олинган кесма,  $\alpha = \alpha'$  — куч ва тезлик векторлари орасидаги бурчак. Формула (5.14) ва (5.15) га кўра:

$$N = M_p \cdot \mu_v = P \cdot h_p \cdot \mu_v. \quad (5.16)$$

(5.16) ни (5.13) га қўйиб қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$P_m \cdot h_m = \sum_{i=1}^n P_i h_i = 0,$$

бундан

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_i h_i}{h_m}. \quad (5.17)$$

3. Мувоzanатловчи кучни Жуковский усули билан аниқлаш оддий ва универсал усул бўлиб, унинг ёрдамида:

а) кинематик жуфтлардаги кучларни аниқлаб ўтирмасдан, мувоzanатловчи куч тўғридан-тўғри аниқланади;

б) механизм ҳаракатини унга қўйилган кучларга кўра текширишда келтирилган куч ёки моментлар аниқланади.

Мувоzanатловчи кучни аниқлаш учун:

1) механизмнинг бурилган тезликлар плани қурилади;

2) планда ўхшашлик қондасига биноан ташқи кучларнинг қўйилиш нуқталари аниқланади;

3) кучларни параллел равишда тезликлар планидаги мос нуқталарига кўчириб келтирилади;

4) бурилган тезликлар планини таянч нуқтаси қутб  $p$  да бўлган ричак деб билиб, унинг мувоzanат тенгламаси тузилади. Тузилган тенгламага кўра мувоzanатловчи куч  $P_m$  нинг қиймати аниқланади.

Шу парасани таъкидлаб ўтиш лозимки, агар механизмга ташқи момент қўйилган бўлса, уни кривошипга келтириш лозим. Келтирилган

момент қувватининг тенглиги формуласи  $N_{M_i} = N_{\text{кел}}$  га асосан аниқланади, яъни  $M_{\text{кел}} = M_i \frac{\omega_i}{\omega_1}$ . Бу формуланинг фойдаланиш учун қулай кўриниши агар тезликлар плани келтириш звеноси бўлмиш кривошип масштабида қурилган бўлса, қуйидагича бўлади:

$$M_{\text{кел}} = M_i \frac{(ва)}{(AB)},$$

бу ерда  $(ва)$  — тезликлар планидан,  $(AB)$  — кинематик схемадан ўлчаб олинган кесмаларнинг узунликлари (6-боб, 1-§ га қаранг).

**Мисол.** Цилиндрлари  $V$  — симон жойлашган ЗИЛ типидagi автомобиль ички ёнув двигатели механизми қуйидаги кўрсатилган параметрларнинг қийматларига кўра кинетостатик тадқиқ қилинсин (70-шакл, а).  $\beta = 45^\circ$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\varphi = 90^\circ$ ,  $l_{OA} = 0,125$  м,  $l_{AB} = 0,375$  м,  $l_{AS_2} = l_{AS_4} = 0,125$  м. Кривошипнинг бурчак тезлиги  $\omega_1 = 300 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

Шатун 2 ва 4 нинг оғирликлари  $G_2 = G_4 = 19,62$  н бўлиб, оғирлик марказларига нисбатан инерция моментлари  $I_{S_2} = I_{S_4} = 0,0475$  кгм<sup>2</sup>. Поршень 3 ва 5 нинг оғирликлари  $G_3 = G_5 = 9,81$  н. Поршень 5 га қўйилган, ёнган газ босимидан вужудга келувчи ҳаракатлантирувчи куч  $P_5 = 25000$  Н. Поршень 3 га қўйилган бензин ва ҳаво аралашмасининг сиқилишидан вужудга келувчи қаршилик кучи  $P_3 = 5000$  Н. Мувозанатланувчи момент звено 1 га қўйилган.

**Ечиш.** 1. Механизмга таъсир этувчи инерция кучларини аниқлаймиз. Бунинг учун механизмнинг кинематик схемасини  $\mu_1 = 0,005 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$  узунлик масштабида қурамиз (70-шакл, а). Сўнгра тезликлар планини қуриб, ундан фойдаланган ҳолда тезланишлар планини қурамиз (70-шакл б, в). Мисолда кўрсатилган узунлик ўлчамларига кўра цилиндрлари  $V$ -симон жойлашган двигатель механизмининг қутбий тезлик ва қутбий тезланиш планларини қуриш 2-боб, 7-§ даги биринчи мисолда кўрсатилган.

1) шатун 2 нинг оғирлик марказига қўйилган инерция кучи:

$$P_{u_2} = -m_2 a_{s_2} = -\frac{G_2}{g} \cdot (\pi s_2) \cdot \mu a = -\frac{19,62}{9,81} \cdot 20,5 \cdot 450 = -18450 \text{ Н; унинг}$$

вектори  $\vec{P}_{u_2}$  тезланиш вектори  $\vec{a}_{s_2}$  га қарама-қарши йўналади.

Шатун 2 нинг бурчак тезланиш билан айланма ҳаракати натижа-сида вужудга келадиган инерция кучининг momenti қуйидаги формула билан аниқланади:

$$M_{u_2} = -I_{s_2} \cdot \epsilon_2,$$

бу ерда  $\epsilon_2$  — шатуннинг бурчак тезланиши.

Бироқ масалани ечишни осонлаштириш учун  $\vec{P}_{u_2}$  инерция кучи векторини  $S_2$  нуқтадан  $K_2$  нуқтага йўналишини ўзгартирмаган ҳолда кўчира-миз, яъни инерция кучи  $P_{u_2}$  ва унинг momenti  $M_{u_2}$  ни зарб нуқтаси  $K_2$  га қўйилган натижаловчи  $P_{u_2}$  билан алмаштирамиз.  $K_2$  нуқтадан

Ўтувчи  $\vec{P}_{u_2}$  вектор шатун текислигидаги  $K_2^1$  нуқтадан ҳам ўтади,  $K_2'$  нуқтанинг  $S_2$  нуқтадан масофасини аниқлаймиз.

Формула (5.3') га кўра:

$$(S_2K_2') = \frac{I_{S_2}}{m \cdot (\overline{\pi} S_2) \cdot \mu_1^2} = \frac{0,0475}{2,95 \cdot (0,005)^2} = 10 \text{ мм.}$$

( $\pi' S_2$ ) — шатун 2 нинг оний тезланиш маркази  $\pi'$  нуқтадан  $S_2$  нуқтагача бўлган чизмадаги масофа, ( $S_2K_2'$ ) —  $\pi' S_2$  чизиқнинг давомидаги масофа  $K_2$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан чизмадаги ҳолати ( $AK_2$ ) = 12 мм,

2) шатун 4 нинг оғирлик маркази  $S_4$  нуқтага қўйилган инерция кучи:

$$P_{u_4} = -m_4 a_{S_4} = -\frac{G_4}{g} \cdot (\pi S_4) \cdot \mu_a = -\frac{19,62}{9,81} 20,5 \cdot 450 = -18450 \text{ Н.}$$

Демак, мисолимизда  $P_{u_4} = P_{u_2}$  бўлади.

Шатун 4 даги зарб нуқтаси  $K_4$  ни аниқлаш учун дастлаб ( $S_4K_4'$ ) ни аниқлаймиз:

$$(S_4K_4') = \frac{I_{S_4}}{m \cdot (\overline{\pi} S_4) \cdot \mu_1^2} = \frac{0,0475}{2,95 \cdot (0,005)^2} = 10 \text{ мм.}$$

$K_4$  нуқтанинг  $A$  нуқтадан чизмадаги масофаси ( $AK_4$ ) = 12 мм. Демак, мисолимизда ( $AK_4$ ) = ( $AK_2$ ) = 12 мм бўлади,

3) поршень 3 нинг ўзгарувчан тезлик билан ҳаракатланиши натижасида ҳосил қиладиган инерция кучи:

$$P_{u_3} = -m_3 a_B = -\frac{G_3}{g} \cdot (\pi \theta) \cdot \mu_a = \frac{9,81}{9,81} \cdot 17,5 \cdot 450 = 7875 \text{ Н,}$$

4) поршень 5 нинг инерция кучи:

$$P_{u_5} = -m_5 \cdot a_c = -\frac{G_5}{g} \cdot (\pi c) \cdot \mu_a = -\frac{9,81}{9,81} \cdot 17,5 \cdot 450 = -7875 \text{ Н.}$$

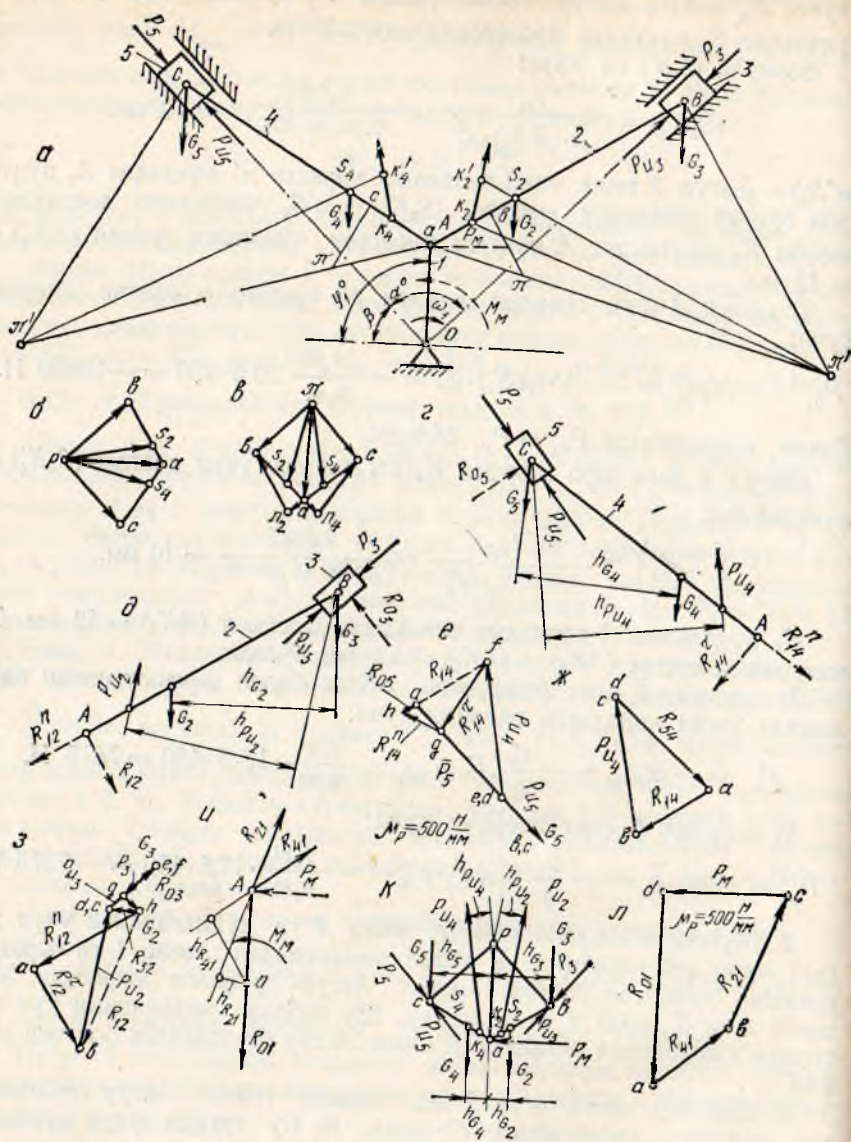
2. Мувозанатланувчи момент звено 1 га қўйилганлиги учун уни бош звено деб қараймиз. У ҳолда механизмдан звено 1 га параллел равишда боғланган иккита II класс Ассур группаси ажраледи. Улар звено 2 ва 3 ҳамда 4 ва 5 лардир. Шу сабабли механизмни куч таъсирида ҳисоблашни исталган II класс Ассур группасидан бошлаш мумкин.

3. Дастлаб звено 4 ва 5 дан ташкил топган Ассур группасини куч таъсирида ҳисоблаймиз (70-шакл, з). Бу группа учун мувозанат тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$\vec{R}_{03} + \vec{P}_5 + \vec{G}_5 + \vec{P}_{u_5} + \vec{G}_4 + \vec{P}_{u_4} + \vec{R}_{14}^r + \vec{R}_{14}^n = 0.$$

Тенгламадаги  $\vec{R}_{03}$  қўзғалмас звенонинг поршень 5 га реакция кучи вектори бўлиб, у поршень ён томонига тик жойлашади, қиймати ва йўналиши номаълум.  $\vec{R}_{14}^n$  кривошип 1 нинг шатун 4 га реакция





70- шакл.

кучи векторининг нормал ташкил этувчиси бўлиб, у шатун бўйлаб жойлашади, унинг ҳам қиймати ва йўналиши номаълум  $\vec{R}_{14}^r$  кривошип  $I$  нинг шатун  $4$  га реакция кучининг векторининг тангенциал ташкил этувчиси бўлиб, у шатунга тик жойлашади, унинг қиймати ва йўналиши шатуннинг мувозанат шартидан аниқланади. Гурпулага таъсир этувчи кучлардан  $C$  нуқтага нисбатан олинган моментларнинг йиғиндиси нолга тенглик шартидан:

$$R_{14}^r \cdot AB - P_{u_1} \cdot h_{p_{u_1}} + G_4 \cdot h_{G_4} = 0,$$

бундан  $R_{14}^r$  ни аниқлаймиз:

$$R_{14}^r = \frac{P_{u_1} \cdot h_{p_{u_1}} - G_4 \cdot h_{G_4}}{(AB)} = \frac{18450 \cdot 46 - 19,62 \cdot 43}{75} = 11304,75 \text{ Н},$$

бу ерда  $h_{p_{u_1}} = 46$  мм,  $h_{G_4} = 43$  мм,  $(AB) = 75$  мм чизмадан ўлчаб олинган елка қийматлари.  $R_{14}^r$  қийматининг мусбат ишоралиги унинг дастлабки белгиланган йўналиши (70-шакл,  $z$ ) тўғри эканлигини билдиради.

Куч масштабини  $\mu_p = 500 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$  қабул қилиб, звенога таъсир этувчи қиймати маълум кучларнинг чизма узунликларини аниқлаб оламиз:

$$(ao) = \frac{P_s}{\mu_p} = \frac{25000}{500} = 50 \text{ мм}, (oc) = \frac{G_s}{\mu_p} = 0,02 \text{ мм}, (cd) = \frac{P_{u_2}}{\mu_p} = 15,75 \text{ мм},$$

$$(de) = \frac{G_4}{\mu_p} = 0,04 \text{ мм}, (ef) = \frac{P_{u_1}}{\mu_p} = 36,9 \text{ мм}, (fg) = \frac{R_{14}^r}{\mu_p} = 22,6 \text{ мм}.$$

Кучлар планида мувозанат тенгламасидаги чизма қийматлари аниқланган кучлар вектори занжири  $\vec{P}_5 + \vec{G}_5 + \vec{P}_{u_5} + \vec{G}_4 + \vec{P}_{u_1} + \vec{R}_{14}^r$  ни  $(a - o - c - d - e - f - g)$  кесмалар занжири ифодалайди (70-шакл,  $e$ ). Шаклда  $G_5 \approx 0$ ,  $G_4 \approx 0$  бўлгани учун  $e$  ва  $c$  ҳамда  $d$  ва  $e$  нуқталар устма-уст жойлашган.  $\vec{P}_5$  векторнинг бошланишини ифодалайдиган  $a$  нуқтадан цилиндрга тик равишда  $\vec{R}_{05}$  векторнинг таъсир чизигини  $\vec{R}_{14}^r$  векторнинг охирини ифодаловчи  $g$  нуқтадан шатун  $4$  га параллел равишда  $R_{14}^r$  векторнинг таъсир чизигини ўтказамиз. Уларнинг кесишиш нуқтаси  $h$  тенгламанинг ечимини беради, яъни  $(gh)$  кесма  $\vec{R}_{14}^n$  реакция кучи векторини,  $(ha)$  кесма  $\vec{R}_{05}$  реакция кучи векторини ифодалайди. Кривошипнинг шатунга тўла реакция кучи  $\vec{R}_{14}^r$  ва  $\vec{R}_{14}^n$  векторларининг ёпувчисига кўра аниқланади, яъни:  $R_{14} = (\vec{j}h) \cdot \mu_p = 25 \cdot 500 = 12500 \text{ Н}$ .  $R_{05} = (ha) \cdot \mu_p = 4 \cdot 500 = 2000 \text{ Н}$ .

4. Поршень 5 нинг шатун  $4$  га реакция кучини аниқлаш учун шатуннинг мувозанат тенгламасини ёзамиз.

$$\vec{R}_{14} + \vec{P}_{u_1} + \vec{G}_4 + \vec{R}_{04} = 0.$$

Қиймати ва йўналиши номаълум бўлган  $\vec{R}_4$ , чизма қийматлари маълум бўлган  $\vec{R}_{14} + \vec{P}_{n_4} + \vec{G}_4$  векторлар занжирининг ёпувчисига кўра аниқланади. (73-шакл, ж) дан  $G_4 = (cd) \cdot \mu_p \approx 0$ ,  $R_{44} = (da) \cdot \mu_p = 34 \cdot 500 = 17000$  Н бўлади.

5. Звено 2 ва 3 дан ташкил топган Ассур группаси учун (70-шакл, д) кучларнинг мувозанат тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$\vec{R}_{12}^n + \vec{R}_{12}^v + \vec{P}_{u_2} + \vec{G}_2 + \vec{P}_{u_3} + \vec{G}_3 + \vec{P}_3 + \vec{R}_{03}^v = 0.$$

Тенгламадаги  $\vec{R}_{12}^n$  кривошип 1 нинг шатун 2 га реакция кучи векторининг нормал ташкил этувчиси. У шатун бўйлаб йўналган бўлиб, қиймати ва йўналиши номаълум,  $\vec{R}_{03}^v$  қўзғалмас звенонинг поршень 3 га реакция кучи вектори. У поршень ён сиртига тик жойлашади. Унинг ҳам қиймати ва йўналиши номаълум. В нуқтага нисбатан группа звеноларига таъсир этувчи кучларнинг ҳосил қиладиган моментлари йиғиндиси нолга тенглик шарт:

$$-R_{12}^v \cdot (AB) + P_{u_2} \cdot (h_{p_{u_2}}) - G_2 \cdot (h_{G_2}) = 0,$$

бундан  $R_{12}^v$  ни аниқлаймиз:

$$R_{12}^v = \frac{P_{u_2} \cdot (h_{p_{u_2}}) - G_2 \cdot (h_{G_2})}{(AB)} = \frac{18450 \cdot 46 - 19,62 \cdot 43}{75} = 11304,75 \text{ Н.}$$

$R_{12}^v$  нинг ҳосил қилинган мусбат ишорали сон қиймати 70-шакл, д да унинг йўналиши тўғри кўрсатилганлигини билдиради. Куч масштаби  $\mu_p = 500 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$  га кўра сон қиймати маълум бўлган кучларнинг чизма узунликларини аниқлаб оламиз: (а в)

$$\left( \vec{R}_{12}^v \right) = \frac{R_{12}^v}{\mu_p} = \frac{11304,75}{500} = 22,6 \text{ мм; } (bc) = \frac{P_{u_2}}{\mu_p} = 36,9 \text{ м; } (c d) = \frac{G_2}{\mu_p} = 0,04 \text{ мм; } (de) = \frac{P_{u_3}}{\mu_p} = 15,75 \text{ мм; } (ef) = \frac{G_3}{\mu_p} = 0,02 \text{ мм; } (f G) = \frac{P_3}{\mu_p} = 10 \text{ мм.}$$

Мувозанат тенгламасига кўра чизма қийматлари аниқланган куч векторлари занжири  $\vec{R}_{12}^v + \vec{P}_{u_2} + \vec{G}_2 + \vec{P}_{u_3} + \vec{G}_3 + \vec{P}_3$  ни синиқ чизиқлар занжири (а — в — с — d — e — f — g) орқали чизамиз (70-шакл, з)  $(cd) = \frac{G_2}{\mu_p} \approx 0$ ;  $(ef) = \frac{G_3}{\mu_p} \approx 0$  бўлганлиги учун d ва c ҳамда e ва f нуқталар куч планида устма-уст жойлашган (70-шакл, з).  $\vec{R}_{12}^v$  векторининг бошланишини ифодалайдиган a нуқтадан шатун 2 га параллел равишда  $\vec{R}_{12}^n$  векторининг таъсир чизиғини,  $\vec{P}_3$  векторининг охири-ни ифодалайдиган g нуқтадан поршень сиртига тик равишда  $\vec{R}_{03}^v$  векторнинг таъсир чизиғини ўтказамиз ва уларнинг кесишиш нуқтаси h ни ҳосил қиламиз:

$$R_{12}^n = (ha) \cdot \mu_p = 30 \cdot 500 = 15000 \text{ Н.}$$

Кривошипнинг шатунга тўла реакция кучи  $\vec{R}_{12} = \vec{R}_{12}^n + \vec{R}_{12}^t$  га кўра аниқланади:

$$R_{12} = (h\theta) \cdot \mu_p = 39 \cdot 500 = 19500 \text{ Н.}$$

6. Поршень 3 нинг шатун 2 га реакциясини аниқлаш учун шатуннинг мувозанат тенгламасини ёзамиз:

$$\vec{R}_{12} + \vec{P}_{u_2} + \vec{G}_2 + \vec{R}_{32}.$$

Қурилган куч кўп бурчагидаги  $\vec{R}_{12} + \vec{P}_{u_2} + \vec{G}_2$  векторлар занжири-ни ифодаловчи  $(h - b - c - d)$  контурни ёпувчи кесма  $(d h) - \vec{R}_{32}$  векторни ифодалайди (70-шакл, э).  $R_{32} = (d h) \cdot \mu_p = 8 \cdot 500 = 4000 \text{ Н.}$

7. Бош звено 1 ни кучга ҳисоблаймиз. Бунинг учун кривошипни механизмдан ажратган ҳолда чизиб (70-шакл, и) ажратилган шатун 1 ўрнига унинг кривошипга реакция кучи  $\vec{R}_{41}$  ни шатун 2 ўрнига унинг реакция кучи  $\vec{R}_{21}$  ни қўямиз. Ажратилган фундамент 0 ўрнига унинг реакция кучи  $\vec{R}_{01}$  ни қўямиз. Мувозанатловчи куч  $P_m$  ни кривошипга тик равишда  $A$  нуқтага қўямиз. Қўйилган кучлар натижасида кривошип мувозанатда бўлади. Биз илгарироқ  $\vec{R}_{14}$  ва  $\vec{R}_{12}$  лар-ни аниқлаган эдик. Демак,  $\vec{R}_{41} = \vec{R}_{14}$ ;  $\vec{R}_{21} = -\vec{R}_{12}$  бўлади.

Мувозанатловчи кучнинг қийматини аниқлаш учун кривошип 1 га таъсир этувчи кучлардан (70-шакл, и) 0 нуқтага нисбатан момент оламиз:

$$-P_m \cdot (OA) + R_{21} \cdot h_{R_{21}} + R_{41} \cdot h_{R_{41}} = 0,$$

бундан

$$P_m = \frac{R_{21} \cdot h_{R_{21}} + R_{41} \cdot h_{R_{41}}}{(OA)} = \frac{19500 \cdot 9 + 12500 \cdot 19}{25 \text{ мм}} = 16520 \text{ Н.}$$

Мувозанатловчи моментнинг қиймати:

$$M_m = P_m \cdot l_{OA} = 16520 \cdot 0,125 = 2065 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Кривошипнинг мувозанат шarti қуйидагича ёзилади:

$$\vec{R}_{41} + \vec{R}_{21} + \vec{P}_m + \vec{R}_{01} = 0.$$

$\vec{R}_{41} + \vec{R}_{21} + \vec{P}_m$  векторлар занжирининг бошланиш ва охириги нуқталари  $d$  ҳамда  $a$  ни туташтирувчи кесма пойдеворнинг кривошипга реакция кучи вектори  $\vec{R}_{01}$  ни ифодалайди (70-шакл, л). Унинг модуль қиймати:

$$R_{01} = (da) \cdot \mu_p = 52 \cdot 500 = 26000 \text{ Н.}$$

8. Мувозанатловчи куч ва мувозанатловчи моментнинг қийматини Жуковский усули билан аниқлаймиз. Бунинг учун механизмнинг 90° бурилган тезликлар плавини қурамиз (70-шакл, к). Ўхшашлик усулидан фойдаланилган ҳолда планда  $s_2, k_2, s_4, k_4$  нуқталарни аниқлаймиз.

Механизм схемасидаги кучларнинг йўналишини ўзгартирмаган ҳолда уларни параллел равишда бурилган тезликлар планидаги мос нуқта аларга кўчирамиз.

Мувозанатловчи куч  $P_M$  ни кривошипга тик равишда унинг  $A$  нуқтасига қўйилган деб қараб (70-шакл,  $a$ ), уни ҳам бурилган тезлик планидаги ( $P_A$ ) кесманинг охири  $a$  нуқтага қўямиз (70-шакл,  $\kappa$ ). Агар унинг йўналишини нотўғри белгилаган бўлсак, ҳисоблаш натижасида мувозанатловчи кучнинг қиймати манфий чиқади. Тезлик планини ричаг деб қараб, таъсир этувчи кучлардан қутб  $P$  га нисбатан моментлар тенгламасини тузамиз:

$$-(P_5 - P_{u_5}) \cdot (pc) - G_5 \cdot h_{G_5} + P_{u_4} \cdot h_{P_{u_4}} - G_4 \cdot h_{G_4} - (P_{u_3} - P_3) \cdot (p\theta) + G_3 \cdot h_{G_3} - P_{u_2} \cdot h_{P_{u_2}} + G_2 \cdot h_{G_2} + P_M \cdot (pa) = 0.$$

бундан

$$P_M = \frac{(P_5 - P_{u_5})(pc) + G_5 \cdot h_{G_5} - P_{u_4} \cdot h_{P_{u_4}} + G_4 \cdot h_{G_4} + (P_{u_3} - P_3)(p\theta) - G_3 \cdot h_{G_3} + P_{u_2} \cdot h_{P_{u_2}} - G_2 \cdot h_{G_2}}{(pa)} = \frac{(25000 - 7875) \cdot 22,5 + 9,81 \cdot 15 - 18450 \cdot 6 + 99,6 \cdot 4 + (7875 - 5000) \cdot 22,5 - 9,81 \cdot 15 + 18450 \cdot 6 - 19,6 \cdot 4}{25} = 17326 \text{ Н.}$$

Мувозанатловчи моментини аниқлаймиз:

$$M_M = P_M \cdot l_{OA} = 17326 \text{ Н} \cdot 0,125 \text{ м} = 2165,75 \text{ Нм.}$$

9. Икки хил усул билан аниқланган мувозанатловчи момент қийматлари орасидаги фарқ:

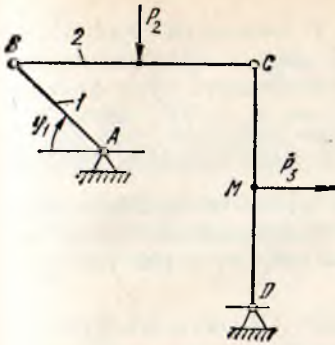
$$\frac{M_M - M_{M'}}{M_M} = \frac{2165,75 - 2065}{2165,75} \cdot 100 = 4,65 \%$$

$M_{M'}$  — мувозанатловчи моментнинг икки хил усул билан ҳосил қилингандаги кам қиймати.

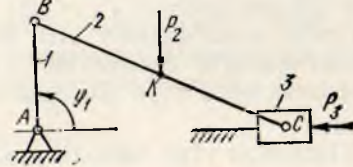
#### 54 — 58 - масалалар

54. Шарнир тўрт звеноли механизмнинг  $A, B, C, D$  кинематик жуфтларида вужудга келадиган реакция кучлари ва  $AB$  звенога қўйилган мувозанатловчи моментнинг қиймати қуйида берилганларга кўра аниқлансин:  $\varphi_1 = 45^\circ$ ,  $l_{AB} = 50$  мм,  $l_{BC} = l_{CO} = 100$  мм.  $BC$  звено ўқи горизонтал,  $CD$  звено ўқи вертикал жойлашган.  $P_2$  ва  $P_3$  кучлар звеноларнинг тенг ўртасида жойлашган  $K$  ва  $M$  нуқталарга қўйилган.  $P_2 = P_3 = 200$  Н бўлиб, звеноларга тик йўналишда таъсир қилади.

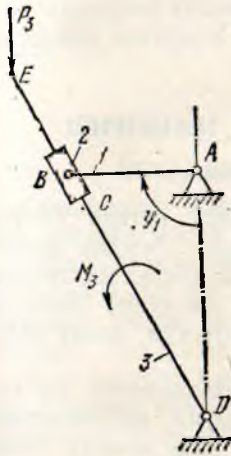
55. Кривошип ползули механизмнинг  $A, B, C, D$  кинематик жуфтларида вужудга келадиган реакция кучлари ва  $AB$  звенога қўйилган мувозанатловчи моментнинг қиймати қуйида берилганларга кўра аниқлансин:  $l_{AB} = 100$  мм,  $l_{BC} = 250$  мм,  $\varphi_1 = 90^\circ$ ,  $P_2 = P_3 = 1000$  Н.  $P_2$  куч қўйилган  $K$  нуқта  $BC$  звенонинг тенг ўртасида жойлашган ва вертикал йўналишда таъсир қилади.



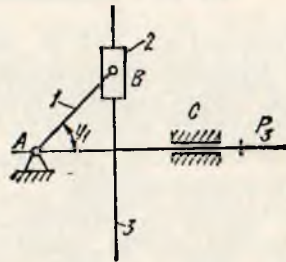
54- масалага.



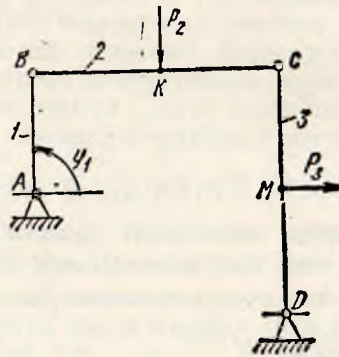
55- масалага.



56- масалага.



57- масалага.



58- масалага.

56. Кулисали механизмнинг  $A, B, C, D$  кинематик жуфтларида вужудга келадиган реакция кучлари ва  $AB$  звенога қўйилган мувозанатловчи моментнинг қиймати қуйидаги берилганларга кўра аниқлансин.  $l_{AB} = 125$  мм,  $l_{AD} = 250$  мм,  $l_{DE} = 400$  мм,  $\varphi_1 = 90^\circ$ , звено 3 га қўйилган момент  $M_3 = 100$  Н.м.  $E$  нуқтага қўйилган куч вертикал йўналган бўлиб, қиймати  $P_3 = 500$  Н.

57. Синус механизмнинг  $AB$  звеносига қўйилган мувозанатловчи моментнинг қиймати Жуковский усулидан фойдаланилган ҳолда қуйида берилганларга кўра аниқлансин:  $\varphi_1 = 45^\circ$ ,  $P_3 = 100$  Н,  $l_{AB} = 100$  мм.

58. Шарнирли тўрт звеноли механизмнинг  $AB$  звеносига қўйилган мувозанатловчи моментнинг қиймати Жуковский усулидан фойдаланилган ҳолда қуйида берилганларга кўра аниқлансин:  $l_{AB} = 50$  мм,  $l_{BC} = l_{CD} = 100$  мм,  $\varphi_1 = 90^\circ$ ,  $BC$  звено ўқи горизонтал,  $CD$  звено ўқи вертикал жойлашган. Кучлар звеноларга тик равишда уларнинг тенг ўрталаридаги  $K$  ва  $M$  нуқталарга таъсир қилади. Уларнинг қийматлари  $P_2 = P_4 = 500$  Н.

## 6-боб. МЕХАНИЗМЛАР ДИНАМИКАСИНИ ТЕКШИРИШ

### 1-§. КУЧ ВА МАССАЛАРНИ КЕЛТИРИШ УСУЛИ

1. Механизм ҳар хил куч ва моментлар таъсири остида бўлган звеноларнинг мураккаб системасидан ташкил топади. Бундай мураккаб системани тадқиқ қилишни осонлаштириш учун куч ва массаларни бош звенога келтириш усули қўлланилади. Бунда механизм бажарган иши мавжуд механизмнинг бажарган ишига тенг бўлган ягона айланувчи звенога алмаштирилади.

Куч ва моментларни келтириш усули бутун механизмнинг ҳар хил звеноларига таъсир этувчи ҳамма куч ва моментларни механизмнинг ягона айланувчи звеносига қўйилган якка куч ёки якка момент билан алмаштиришга имкон беради. Бу звенони келтириш звеноси деб, алмаштирилган моментни келтирилган момент деб аталади. Келтирилган моментнинг қиймати ҳақиқий куч ва моментларнинг мумкин бўлган силжишдаги бажарган ишининг келтирилган момент бажарган ишга тенглиги шартидан аниқланади. Механизм звеносига тегишли бирор  $K$  нуқтага қўйилган  $P$  кучни алмаштирувчи келтирилган момент  $M^{кел}$  нинг қийматини аниқлаш керак бўлса, мумкин бўлган силжишдаги  $P$  куч ва  $M^{кел}$  momenti учун элементар ишларнинг тенглик шарти қуйидагича ёзилади:

$$M^{кел} \cdot \delta\varphi = P \cdot \delta S_K \cdot \cos(P \delta S_K), \quad (6.1)$$

бу ерда  $\delta\varphi$  — келтириш звеносининг мумкин бўлган силжишдаги бурилиш бурчаги;  $\delta S_K$  —  $K$  нуқтанинг мумкин бўлган силжиши.

(6.1) тенгликнинг ҳар иккала томонини ишнинг бажарилиш вақти  $dt$  га бўлиб ҳамда  $dt$  нинг қиймати нолга интилади деб қараб, қуйидагилар ҳосил қилинади:

$$M^{кел} \omega_1 = P \cdot v_K \cdot \cos(\vec{P} \cdot \vec{v}_K),$$

бундан

$$M^{кел} = P \cdot \frac{v_{\kappa}}{\omega_1} \cos(\overline{P \cdot v_{\kappa}}), \quad (6.2)$$

бу ерда  $\omega_1$  — келтириш звеносининг бурчак тезлиги. Механизм  $i =$  звеносига қўйилган ҳақиқий момент  $M_i$  ни келтириш звеносига қўйилган келтирилган момент  $M^{кел}$  билан алмаштириш талаб этилса, механизм звеноларининг элементар силжишидаги моментлар бажарган ишларнинг тенглиги шартини қўйидагича ёзиш мумкин:

$$M^{кел} \delta \varphi_1 = M_i \delta \varphi_i.$$

бу тенгликнинг ҳар иккала томонини  $\delta t$  га бўлиб ва  $\delta t$  нолга интилади деб қарасак, формула қўйидаги кўринишга келади:

$$M^{кел} \omega_1 = M_i \omega_i,$$

бундан

$$M^{кел} = M_i \cdot \frac{\omega_i}{\omega_1}, \quad (6.3)$$

бу ерда  $\omega_i$  —  $i$ - звенонинг бурчак тезлиги.

Келтирилган моментнинг ишораси ҳақиқий куч (ёки момент) ларнинг ишораси билан аниқланади, яъни куч вектори йўналишининг шу куч қўйилган нуқтанинг тезлик вектори йўналиши билан ҳосил қилган бурчаги  $90^\circ$  дан кам бўлса ёки момент йўналиши бурчак тезлик йўналиши билан бир хил бўлса, у ҳолда куч ва моментлар мусбат қийматли, акс ҳолда манфий қийматли бўлади.

Агар ҳақиқий куч (ёки момент) нинг ишораси мусбат бўлса, келтирилган моментнинг ишораси ҳам мусбат бўлади. Бунда келтирилган моментнинг йўналиши келтириш звеносининг бурчак тезлиги йўналиши билан устма-уст тушади.

Агар тезликлар плани кривошип масштабида қурилса, тезлик масштаб коэффициентини  $\mu_v = \mu_l \cdot \omega_1$  га кўра аниқланади ва формула (6.2) қўйидаги кўринишга келади:

$$M^{кел} = P \cdot \frac{v_{\kappa}}{\omega_1} \cdot \cos(\overline{P \cdot v_{\kappa}}) = P \cdot \frac{(v_{\kappa}) \cdot \mu_l \cdot \omega_1}{\omega_1} \cdot \cos(\overline{P \cdot v_{\kappa}})$$

ёки

$$M^{кел} = P \cdot (v_{\kappa}) \cdot \mu_l \cdot \cos(\overline{P \cdot v_{\kappa}}). \quad (6.4)$$

$v_{\kappa}$  —  $P$  куч қўйилган нуқта тезлигининг тезлик планидан ўтчаб олинган кесма ифодаси,  $\mu_l$  — узунлик масштаби коэффициенти.

Формула (6.3) нинг кўриниши эса қўйидагича бўлади:

$$M^{кел} = M_i \frac{\omega_i}{\omega_1} = M_i \frac{v_{NM} / l_{NM}}{\omega_1} = M_i \frac{(nm) \cdot \mu_l \cdot \omega_1 / (NM) \cdot \mu_l}{\omega_1} = M_i \frac{(nm)}{(NM)}, \quad (6.5)$$



бу ерда  $v_{NM}$  —  $i$ - звено бирор четки нуқтаси  $N$  нинг иккинчи четки нуқтаси  $M$  га нисбатан нисбий тезлиги;  $l_{NM}$  — звенонинг  $N$  ва  $M$  нуқталари орасидаги ўлчами;  $(nm)$  — нисбий тезлик,  $v_{NM}$  нинг тезликлар планидан ўлчаб олинган кесма ифодаси;  $(NM)$  — кинематик схемадан ўлчаб олинган  $N$  ва  $M$  нуқталар орасидаги масофа.

Формула (6.4) ва (6.5) дан кўришиб турибдики, келтирилган моментнинг ўлчами механизмнинг кинематик параметрлигига боғлиқ бўлмасдан, балки фақат геометрик параметрларигагина боғлиқ бўлади.

Агар механизм звеноларига таъсир этувчи ҳамма кучлар ва моментлардан бош звенога келтирилган моментни аниқлаш лозим бўлса, у ҳолда келтирилган моментларнинг алгебраик йиғиндиси алоҳида ҳисобланади:

$$M^{кел} = \sum_{i=1}^n M_i^{кел} = M_1^{кел} + M_2^{кел} + M_3^{кел} + \dots + M_n^{кел}.$$

1- мисол. Қуйида келтирилган қийматларга кўра кривошип-ползунли механизм звеноларига таъсир этувчи  $P_2$  ва  $P_3$  кучлардан ҳамда момент  $M_2$  дан кривошиpga келтирилган момент ҳисоблансин (71-шакл, а):

$\varphi_1 = 45^\circ$ ,  $l_{OA} = 100$  мм,  $l_{AB} = 250$  мм,  $l_{AS_2} = 100$  мм,  $P_2 = 400$  Н,  $M_2 = 50$  Нм,  $P_3 = 1000$  Н.

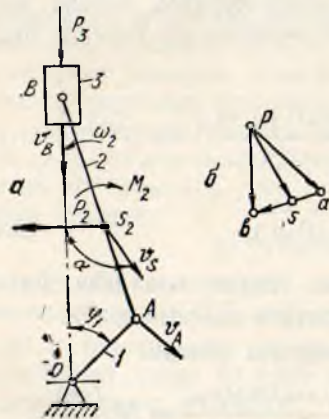
Ечиш. 1. Механизмнинг кинематик схемасини  $\mu_l = 5 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$  масштабга кўра чизамиз (71- шакл, а).

2. Механизм кинематик схемасига кўра кривошип масштабида тезликлар планини қурамиз (71- шакл, б).

3. Алоҳида куч ёки моментдан ҳосил бўлган келтирилган момент қийматларини аниқлаймиз.

$P_2$  кучдан келтирилган момент формула (6.4) га кўра:

$$M_1^{кел} = P_2 \cdot (\rho_{S_2}) \cdot \mu_l \cdot \cos(\widehat{P_2 \cdot v_{S_2}}) = 400 \cdot 18 \cdot 0,005 \cdot \cos 119^\circ = -400 \cdot 18 \cdot 0,005 \cdot 0,515 = -18,54 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$



71- шакл.

$P_2$  куч ва  $v_{S_2}$  тезлик векторлари орасидаги бурчак  $\alpha = 119^\circ$  бўлиб, транспорт ёрдамида аниқланган, яъни  $\cos 119^\circ = -0,515$ .

$(\rho_{S_2}) = 18$  мм тезликлар планидан олинган ўлчам.

$M_2$  моментдан келтирилган момент формула (6.5) га кўра:

$$M_1^{кел} = -M_2 \frac{(ba)}{(AB)} = -50 \frac{15}{50} = -15 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$(ba) = 15$  мм тезликлар планидан,  $(AB) = 50$  мм кинематик схемадан олинган ўлчамлар. Бурчак тезлик  $\omega_2$  ва момент

$M_2$  нинг йўналишлари турли томонга бўлганлиги учун (71- шакл, а)  $M_2^{\text{кел}}$  қийматнинг ишораси манфий бўлади.  $P_3$  кучдан келтирилган момент:

$M_3^{\text{кел}} = P_3 \cdot (\overrightarrow{Pb}) \cdot \mu_l \cdot \cos(\overrightarrow{P_3} \cdot \overrightarrow{v_B}) = 1000 \cdot 19 \cdot 0,005 \cdot \cos 0^\circ = 95 \text{ Н} \cdot \text{м}$  Бунда  $\cos 0^\circ = 1$  бўлади. Механизмга таъсир этувчи ҳамма кучлар  $P_2$  ва  $P_3$  дан ҳамда момент  $M_2$  дан келтирилган момент формула (6.6) га кўра:

$$M^{\text{кел}} = \sum_{i=1}^3 M_i^{\text{кел}} = M_1^{\text{кел}} + M_2^{\text{кел}} + M_3^{\text{кел}} =$$

$$= -18,54 - 15 + 95 = 61,46 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2- Мисол. 72- шаклда икки босқичли тишли узатма тасвирланган.

Унинг  $O_1$  валига  $M_1 = 20 \cdot \text{Н} \cdot \text{м}$ ,  $O_2$  валига  $M_2 = 50 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ,  $O_3$  валига  $M_3 = 160 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . моментлар таъсир қилади. Ҳамма моментлар  $\omega_1$  йўналиши бўйича йўналади. Тишлар сони:  $z_1 = 17$ ,  $z_2 = 34$ ,  $z_2' = 20$ ,  $z_3 = 40$ . Бош звено вали  $O$  га келтирилган момент ҳисоблансин.

Ечиш.  $O_2$  валга таъсир этувчи  $M_2$  моментдан келтирилган моментни ҳисоблаймиз:

$$M_2^{\text{кел}} = M_2 \cdot \frac{\omega_2}{\omega_1} = M_2 \cdot u_{21} = -M_2 \frac{z_1}{z_2} = -50 \frac{17}{34} = -25 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$O_3$  валга таъсир этувчи  $M_3$  моментдан келтирилган моментни ҳисоблаймиз:

$$M_3^{\text{кел}} = M_3 \cdot \frac{\omega_3}{\omega_1} = M_3 \cdot u_{31} = M_3 \cdot u_{32}' \cdot u_{21} = M_3 (-1)^2 \cdot \frac{z_2'}{z_3} \cdot \frac{z_1}{z_2} =$$

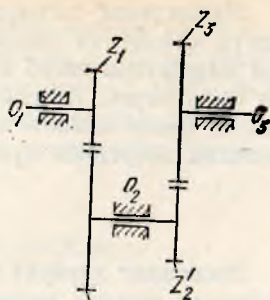
$$= 160 \cdot \frac{20}{40} \cdot \frac{17}{34} = 40 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$O_1$  валга ҳамма моментлардан келтирилган моментнинг қиймати:

$$M^{\text{кел}} = M_1 + M_2^{\text{кел}} + M_3^{\text{кел}} = 20 - 25 + 40 = 35 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2. Массаларни келтириш усули реал механизмнинг ҳамма звенолари массаларини шартли равишда айланма ҳаракат қилувчи звенога келтиришга имкон берадики, бунда келтирилган масса ҳамма звенолар массаларига эквивалент бўлади. Келтириш звеноси алмашувчи звено, келтириш натижасида ҳосил бўлган унинг инерция momenti келтирилган инерция momenti дейлади.

Массаларни бош звенога келтириш реал механизм кинетик энергиясининг алмашувчи звено кинетик энергиясига тенглиги шартига асосланган. Бунда алмашувчи звенонинг ҳаракат қонуни қандай бўлса, реал механизм келтириш звеносининг ҳаракат қонуни ҳам шундай бўлади. Механизмнинг келтирилган инерция momenti қиймати  $I^{\text{кел}}$  механизм таркибидаги алоҳида-алоҳида ҳаракатланувчи звенолар келтирилган инерция momentларининг йиғиндисидан иборат бўлади.



72- шакл.

Механизмга тегишли ҳар бир звенонинг келтирилган инерция моменти қийматини топиш учун ана шу звено ва унга эквивалент бўлган алмашувчи звено кинетик энергияларининг ўзаро тенглик шартини ёзиш керак. Алмашувчи звено, яъни келтириш звеноси  $\omega_1$  бурчак тезлик билан айланаётган бўлса, унга эквивалент бўлган звенонинг кинетик энергияси қуйидагига тенг бўлади:

$$(T_i)_{\text{эқв}} = \frac{I_i^{\text{кел}} \cdot \omega_1^2}{2}.$$

Звенонинг ҳаракат қилиш характериға кўра, кинетик энергиянинг қуйидаги тенглик вариантлари бўлиши мумкин:

1) механизм  $i$ -звеноси илгарилама ҳаракат қилганда:

$$\frac{m_i v_{s_i}^2}{2} = \frac{I_i^{\text{кел}} \omega_1^2}{2},$$

бундан  $i$ -звенонинг илгарилама ҳаракати натижасида вужудга келадиган келтирилган инерция моменти:

$$I_i^{\text{кел}} = m_i \frac{v_{s_i}^2}{\omega_1^2}; \quad (6.7)$$

2) звено  $S_i$  нуқта атрофида айланма ҳаракат қилганда:

$$\frac{I_{s_i} \cdot \omega_1^2}{2} = \frac{I_i^{\text{кел}} \cdot \omega_1^2}{2},$$

бундан  $i$ -звенонинг айланма ҳаракати натижасида вужудга келадиган келтирилган инерция моменти:

$$I_i^{\text{кел}} = I_{s_i} \cdot \frac{\omega_1^2}{\omega_1^2}, \quad (6.8)$$

3) звено мураккаб ҳаракат қилганда:

$$m_i \frac{v_{s_i}^2}{2} + \frac{I_{s_i} \cdot \omega_1^2}{2} = \frac{I_i^{\text{кел}} \cdot \omega_1^2}{2},$$

бундан  $i$ -звенонинг мураккаб ҳаракати натижасида вужудга келадиган келтирилган инерция моменти:

$$I_i^{\text{кел}} = m_i \frac{v_{s_i}^2}{\omega_1^2} + I_{s_i} \frac{\omega_1^2}{\omega_1^2}. \quad (6.9)$$

Қўзғалувчи звенолар сони  $n$  та бўлган механизмнинг келтирилган инерция моменти ундаги ҳаракатланувчи звеноларнинг келтирилган инерция моментлари йиғиндисига кўра аниқланади:

$$I^{\text{кел}} = \sum_{i=1}^n I_i^{\text{кел}} = I_1^{\text{кел}} + I_2^{\text{кел}} + I_3^{\text{кел}} + \dots + I_n^{\text{кел}}. \quad (6.10)$$

Келтирилган инерция моментларининг қийматларини ҳисоблашда звеноларнинг чизиқли ёки бурчак тезликларини ҳисоблаш мақсадида

қутбий тезликлар планларидан фойдаланишга тўғри келади. Агар қутбий тезликлар плани кривошип масштабида қурилса, у ҳолда тезлик масштаби  $\mu_v = \mu_l \cdot \omega_1$  га кўра аниқланиб, формула (6.7), (6.8), (6.9) лар ҳисоблаш учун қулай бўлган қуйидаги кўринишга келади.

1. Илгарилма ҳаракатланувчи  $i$ - звенонинг келтирилган инерция моменти:

$$I_{i(\text{илг})}^{\text{кел}} = m_i \frac{v_{s_i}^2}{\omega_1^2} = m_i \frac{(\rho s_i)^2 \cdot \mu_l^2 \cdot \omega_1^2}{\omega_1^2} = m_i (\rho s_i)^2 \cdot \mu_l,$$

яъни:

$$I_{i(\text{илг})}^{\text{кел}} = m_i (\rho s_i)^2 \cdot \mu_l^2, \quad (6.7')$$

бу ерда  $(\rho s_i)$  тезликлар планидан ўлчаб олинadиган  $S_i$  нуқта абсолют тезлигининг чизма ифодаси.

2. Айланма ҳаракатланувчи  $i$ - звенонинг келтирилган инерция моменти

$$I_{i(\text{айл})}^{\text{кел}} = I_{si} \cdot \frac{\omega_1^2}{\omega_1^2} = I_{si} \frac{(v_{NM} / l_{NM})^2}{\omega_1^2} = I_{si} \frac{(nm)^2 \mu_l^2 \cdot \omega_1^2}{\omega_1^2 \cdot (NM)^2 \cdot \mu_l^2} = I_{si} \frac{(nm)^2}{(NM)^2},$$

яъни

$$I_{i(\text{айл})}^{\text{кел}} = I_{si} \frac{(nm)^2}{(NM)^2}, \quad (6.8')$$

бу ерда  $I_{si}$  —  $i$ - звенонинг  $S$  нуқтага нисбатан инерция моменти;  $v_{NM}$  —  $i$ - звенога тегишли бирор четки нуқта  $N$  нинг иккинчи четки нуқта  $M$  га нисбатан нисбий тезлиги,  $l_{NM}$  звенонинг  $N$  ва  $M$  нуқталари орасидаги масофа;  $(nm)$  — нисбий тезлик  $v_{NM}$  нинг тезликлар планидан ўлчаб олинadиган кесма ифодаси;  $(NM)$  — кинематик схемадан ўлчаб олинadиган  $N$  ва  $M$  нуқталар орасидаги масофа.

3.  $i$ - звенонинг мураккаб ҳаракати натижасида ҳосил бўладиган келтирилган инерция моменти

$$I_i^{\text{кел}} = m_i (\rho s_i)^2 \cdot \mu_l^2 + I_{si} \frac{(nm)^2}{(NM)^2} \quad (6.9')$$

(6.7'), (6.8'), (6.9') формулалардан кўришиб турибдики, келтирилган инерция моментларининг қийматлари кинематик параметрларга боғлиқ бўлмасдан, геометрик параметрларга боғлиқ бўлар экан.

1 - мисол. Қуйида келтирилган қийматларга кўра кривошип-полунли механизмнинг ҳаракатланувчи звеноларидан звено 1 га келтирилган инерция моменти ҳисоблансин (73- шакл, а):

$\varphi_1 = 60^\circ$ ,  $l_{OA} = 100$  мм,  $l_{AB} = 250$  мм,  $l_{AS} = 100$  мм,  $m_3 = 2$  кг,  $m_2 = 3$  кг,  $I_{s_1} = 0,05$  кг м<sup>2</sup>,  $I_1 = 0,01$  кг м<sup>2</sup>, кривошип мувозанатланган.

Ечиш. 1. Механизмнинг кинематик схемасини  $\mu_l = 5 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$  масштабга кўра чизамиз (73-шакл, а).

2. Кривошип бурчак тезлиги учун ихтиёр қиймат қабул қилиб, қутбий тезликлар планини кривошип масштабида қурамиз (73-шакл, б), яъни  $\mu_v = \mu_l \cdot \omega_1$  бўлади.

3. Келтирилган инерция моментини ҳисоблаймиз. Шатуннинг айланма ҳаракати натижасида вужудга келадиган келтирилган инерция momenti:

$$I_{2(\text{айл})}^{\text{кел}} = I_{s_2} \frac{(ba)^2}{(AB)^2} = 0,05 \left( \frac{10}{50} \right)^2 = 0,002 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Шатуннинг илгарилама ҳаракати натижасида вужудга келадиган келтирилган инерция momenti:

$$I_{2(\text{илг})}^{\text{кел}} = m_2 \cdot (ps_2)^2 \cdot \mu_l^2 = 3 \cdot (20)^2 \cdot (0,005)^2 = 0,03 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Ползуннинг илгарилама ҳаракати натижасида вужудга келадиган келтирилган инерция momenti:

$$I_3^{\text{кел}} = m_3 (pb)^2 \cdot \mu_l^2 = 2 (21)^2 \cdot (0,005)^2 = 0,022 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Ҳамма ҳаракатланувчи звенолардан кривошипка келтирилган инерция momenti:

$$I^{\text{кел}} = I_1 + I_{2(\text{айл})}^{\text{кел}} + I_{2(\text{илг})}^{\text{кел}} + I_3^{\text{кел}} = 0,01 + 0,002 + 0,03 + 0,022 = 0,064 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

2- мисол. Гилдираклари қатор жойлашган узатмадаги гилдираклар 1, 2 ва 3 дан  $O_1$  валга келтирилган инерция momenti  $I^{\text{кел}}$  нинг қиймати аниқлансин (74- шакл.) Берилганлар:

Гилдиракларнинг тишлари сони

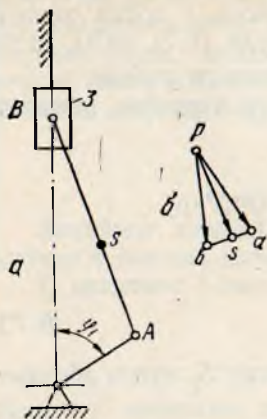
$$z_1 = 24, z_2 = 16, z_3 = 72.$$

Гилдиракларнинг ўз айланиш ўқларига нисбатан инерция momentлари қийматлари:  $I_{O_1} = 0,02 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ,  $I_{O_2} = 0,01 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ,  $I_{O_3} = 0,06 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

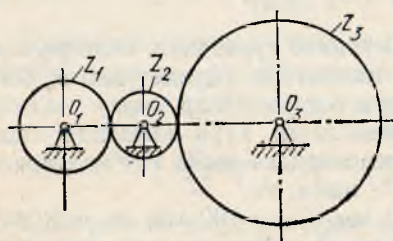
Формула (6.8) га асосан гилдирак 2 массасидан келтирилган инерция momenti:

$$I_2^{\text{кел}} = I_{O_2} \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 = I_{O_2} \cdot u_{21}^2 = I_{O_2} \cdot \left( \frac{z_1}{z_2} \right)^2 = 0,01 \left( \frac{24}{16} \right)^2 = 0,0225 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Гилдирак 3 массасидан келтирилган инерция momenti:



73- шакл.



74- шакл.

$$I_s^{\text{кел}} = I_{O_s} \left( \frac{\omega_s^2}{\omega_1^2} \right) = I_{O_s} \cdot U_{s1}^2 = I_{O_s} \cdot \left( \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_s} \right)^2 = 0,06 \left( \frac{24}{72} \right)^2 = 0,0067 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Тишли ғилдиракли узатманинг  $O_1$  валга келтирилган инерция моменти:

$$I^{\text{кел}} = I_{O_1}^{\text{кел}} + I_s^{\text{кел}} + I_s^{\text{кел}} = 0,02 + 0,0225 + 0,0067 = 0,0492 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

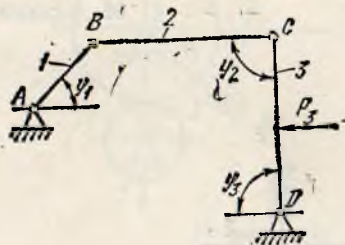
### 59 — 75- масалалар

59. Кривошип-ползунли пресс механизмининг валига  $P_3 = 10000 \text{ Н}$  кучдан келтирилган момент  $M^{\text{кел}}$  нинг қиймати ва ползун массаси  $m_3 = 400 \text{ кг}$  дан келтирилган инерция моменти  $I^{\text{кел}}$  нинг қиймати ҳисоблансин. Берилганлар:  $l_{AB} = 100 \text{ мм}$ ,  $l_{BC} = 400 \text{ мм}$ ,  $\varphi_1 = 30^\circ$ .

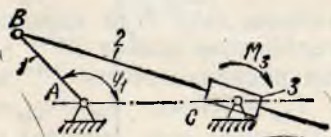
60. 59- масаланинг шартини қаноатлантирган ҳолда  $\varphi_1 = 90^\circ$  қабул қилиб,  $A$  валга келтирилган момент  $M^{\text{кел}}$  нинг қиймати ва келтирилган инерция моменти  $I^{\text{кел}}$  нинг қиймати аниқлансин.



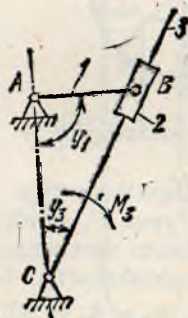
59 ва 60- масалага.



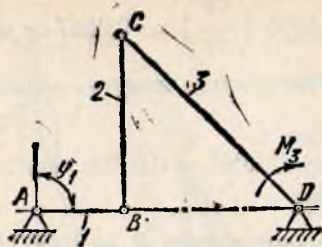
61- масалага.



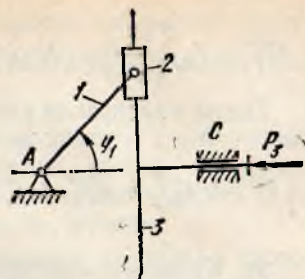
62- масалага.



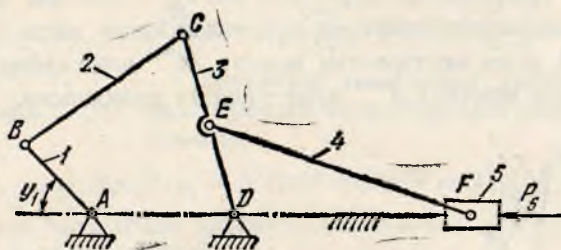
63- масалага.



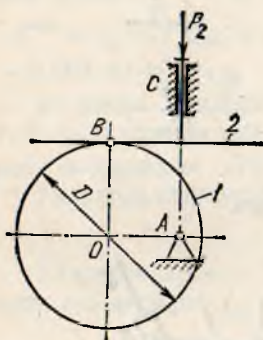
64- масалага.



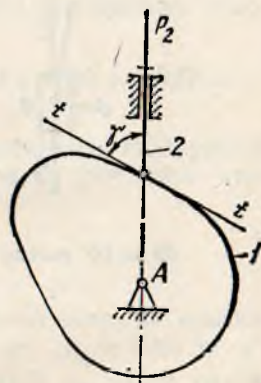
65- масалага.



66- масалага.

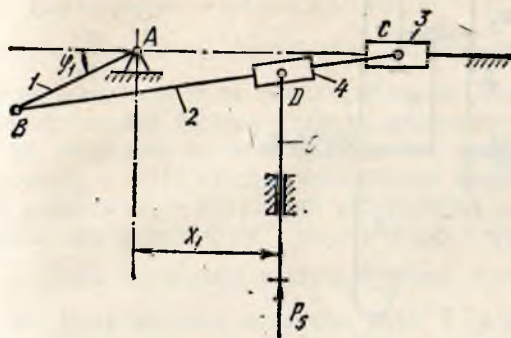


67- масалага.

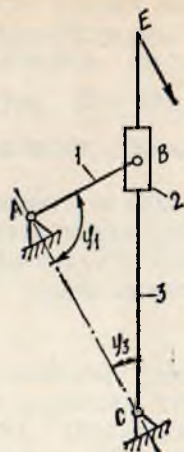


68- масалага.

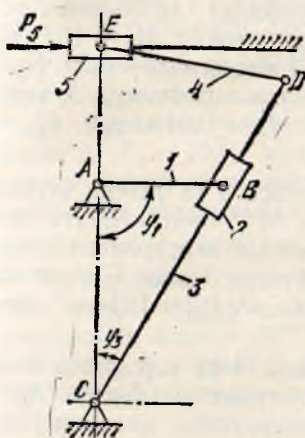
61. Шарнирли тўрт звеноли механизм вали  $A$  га коромисло  $3$  га таъсир этувчи  $P_3 = 400$  Н кучдан келтирилган момент  $M_{кел}$  нинг ҳамда коромисло массасидан келтирилган инерция momenti  $I_{кел}$  нинг қийматлари ҳисобласин. Берилганлар:  $l_{AB} = 100$  мм,  $l_{BC} = l_{CD} = 200$  мм,  $\varphi_1 = 45^\circ$ ,  $\varphi_2 = \varphi_3 = 90^\circ$ ,  $P_3$  куч  $CD$  звенога тик равишда ва унинг тенг ўртасига таъсир қилади. Коромисло  $3$  нинг  $D$  ўққа нисбатан инерция momenti  $I_{3D} = 0,02$  кг·м<sup>2</sup>.



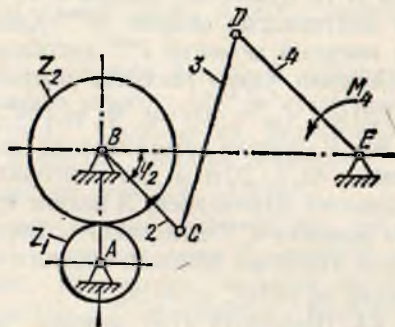
69- масалага.



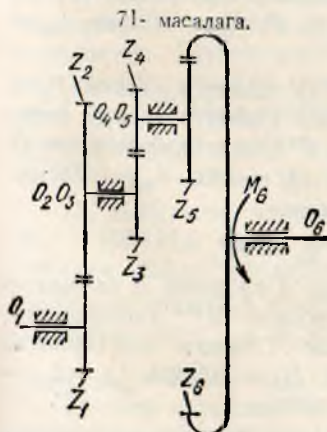
70- масалага.



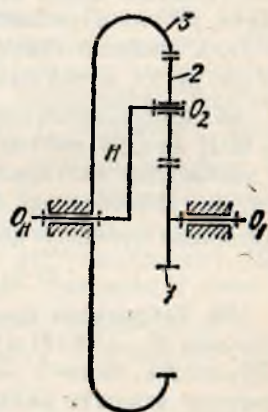
71- масалага.



72- масалага.

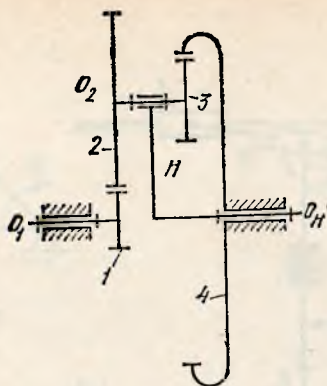


73- масалага.



74- масалага.





75- масалага.

62. Ползуни тебранма ҳаракатланувчи кривошип механизмнинг вали  $A$  га қўйилган, ползун  $3$  га таъсир этувчи момент  $M_3 = 10$  Н.м. дан келтирилган момент  $M^{\text{кел}}$  ҳамда ползун  $3$  массасидан келтирилган инерция моменти  $I^{\text{кел}}$  ҳисоблансин. Берилганлар: ползун  $3$  нинг  $C$  айланиш ўқиға нисбатан инерция моменти  $I_{C_3} = 0,01$  кг·м<sup>2</sup>,  $l_{AB} = 120$  мм,  $l_{AC} = 300$  мм,  $\varphi_1 = 180^\circ$ .

63. Кулисали механизмнинг вали  $A$  га кулиса  $3$  га таъсир этувчи момент  $M_3 = 20$  Н·м дан келтирилган момент  $M^{\text{кел}}$  нинг қиймати ҳисоблансин. Шунингдек,  $A$  валиға кулиса массасидан келтирилган инерция моменти  $I^{\text{кел}}$  аниқлансин. Берилганлар: Кулиса  $3$  нинг  $C$  айланиш ўқиға нисбатан инерция моменти  $I_{C_3} = 0,032$  кг·м<sup>2</sup>,  $l_{AB} = 120$  мм бурчаклар  $\varphi_1 = 90^\circ$ ,  $\varphi_3 = 30^\circ$ .

64. Шарнирли тўрт звеноли механизм вали  $A$  га коромисло  $3$  га таъсир этувчи момент  $M_3 = 200$  Н.м. дан келтирилган момент  $M^{\text{кел}}$  нинг қиймати ҳамда коромисло массасидан келтирилган инерция моменти  $I^{\text{кел}}$  нинг қиймати аниқлансин. Берилганлар: коромисло  $3$  нинг  $D$  ўққа нисбатан инерция моменти  $I_D = 0,1$  кг·м<sup>2</sup>,  $l_{AB} = 100$  мм,  $l_{BC} = 200$  мм,  $l_{CD} = 282,84$  мм,  $l_{AD} = 300$  мм.

65. Синус механизми вали  $A$  га звено  $3$  га таъсир қилувчи  $P_3 = 60$  Н кучдан келтирилган момент  $M^{\text{кел}}$  нинг қиймати ҳамда звено  $3$  массасидан келтирилган инерция моменти  $I^{\text{кел}}$  нинг қиймати ҳисоблансин. Берилганлар: звено  $3$  нинг массаси  $m_3 = 1$  кг  $l_{AB} = 100$  мм. Ҳисоблаш қуйидаги ҳолатлар учун бажарилсин.

а)  $\varphi_1 = 0^\circ$ , б)  $\varphi_1 = 45^\circ$  в)  $\varphi_1 = 90^\circ$ .

66. Тебранувчи конвейер механизми вали  $A$  га звено  $5$  га таъсир қилувчи  $P_5 = 500$  Н кучдан келтирилган момент  $M^{\text{кел}}$  ҳисоблансин. Шунингдек, звено  $5$  массаси  $m_5 = 100$  кг дан  $A$  валиға келтирилган инерция моменти аниқлансин. Берилганлар:  $l_{AB} = 100$  мм,  $l_{BC} = l_{DC} = 200$  мм,  $l_{AD} = 150$  мм,  $l_{DE} = 100$  мм,  $l_{EF} = 300$  мм.

67. Кулачокли механизм вали  $A$  га турткич  $2$  га таъсир этувчи

$P_2 = 60$  Н кучдан келтирилган момент  $M^{кел}$  нинг ҳамда турткич массасидан келтирилган инерция моменти  $I^{кел}$  нинг қийматлари аниқлансин. Берилганлар: турткич массаси  $m_2 = 0,8$  кг, турткичнинг тезлик аналоги  $\frac{ds_2}{d\varphi} = 15$  мм, доирасимон кулачокнинг диаметри  $D = 40$  мм.

Кулачок маркази  $O$  ва унинг айланиш ўқи  $A$  турткичнинг ҳаракат йўналишига тик бўлган чизиқда жойлашган.

68. Марказий кулачокли механизм вали  $A$  га турткич  $2$  га таъсир этувчи  $P_2 = 10$  Н кучдан келтирилган момент  $M^{кел}$  нинг ҳамда турткич массаси  $m_2 = 0,1$  кг дан келтирилган инерция моменти  $I^{кел}$  нинг қийматлари аниқлансин. Берилганлар; турткичнинг тезлик аналоги  $\frac{ds_2}{d\varphi} = 20$  мм, ҳаракатни узатиш бурчаги  $\gamma = 60^\circ$ .

69. Ёғоч арралаш механизм вали  $A$  га арра ўрнатиладиган даста  $5$  га таъсир этувчи, қирқилишдан вужудга келадиган қаршилик кучи  $P_5 = 500$  Н дан келтирилган момент  $M^{кел}$  аниқлансин. Шунингдек,  $A$  валига звено  $5$  массасидан келтирилган инерция моменти  $I^{кел}$  аниқлансин. Берилганлар: даста  $5$  нинг массаси  $m_5 = 20$  кг,  $l_{AB} = 200$  мм,  $l_{BC} = 600$  мм,  $X_1 = 240$  мм. Ҳисоблаш  $\varphi_1 = 0^\circ$  ва  $\varphi_1 = 180^\circ$  ҳолатлар учун бажарилсин.

70. Кулисаги механизм вали  $A$  га кулиса  $3$  нинг  $E$  нуқтасига қўйилган  $P_3 = 100$  Н кучдан келтирилган момент  $M^{кел}$  ва кулиса массасидан келтирилган инерция моменти  $I^{кел}$  ҳисоблансин. Берилганлар: кулисанинг айланиш ўқи  $C$  нуқтага нисбатан инерция моменти  $I_{C_3} = 0,8$  кг·м<sup>2</sup>,  $l_{AB} = 200$  мм,  $l_{CE} = 600$  мм,  $\varphi_1 = 90^\circ$ ,  $\varphi_3 = 30^\circ$ .

71. Рандалаш станогини вали  $A$  га звено  $5$  га таъсир этувчи деталнинг қирқилишидан ҳосил бўладиган қаршилик кучи  $P_5 = 800$  Н дан келтирилган момент  $M^{кел}$  аниқлансин. Шунингдек,  $A$  валга звено  $5$  массасидан келтирилган инерция моменти  $I^{кел}$  аниқлансин. Берилганлар: звено  $5$  нинг массаси  $m_5 = 4$  кг,  $l_{AB} = 100$  мм,  $l_{CD} = 300$  мм,  $l_{DE} = 150$  мм.  $\varphi_1 = 90^\circ$ ,  $\varphi_3 = 30^\circ$ .

72. Сомон пресслаш механизми  $A$  валига звено  $4$  га таъсир қилувчи қаршилик моменти  $M_4 = 800$  Н.м. дан келтирилган момент  $M^{кел}$  аниқлансин. Шунингдек,  $A$  валига звено  $4$  ва  $2$  ларнинг массаларидан келтирилган инерция моменти  $I^{кел}$  аниқлансин. Берилганлар: коромисло  $4$  нинг  $E$  ўққа нисбатан инерция моменти.  $I_{E_4} = 20$  кг·м<sup>2</sup>. Звено  $2$  нинг  $B$  ўққа нисбатан инерция моменти  $I_{B_2} = 0,6$  кг·м<sup>2</sup>,  $z_1 = 18$ ,  $z_2 = 36$ ,  $l_{BC} = 250$  мм,  $l_{CD} = 470$  мм,  $l_{ED} = 400$  мм,  $l_{BE} = 600$  мм,  $\varphi_2 = 45^\circ$ .

73. Босқичли узатманинг  $O_1$  валига ғилдирак  $6$  валига қўйилган  $M_6 = 1000$  Н.м моментдан келтирилган момент  $M^{кел}$  аниқлансин. Шунингдек, ҳамма ғилдиракларнинг массаларидан ғилдирак  $1$  нинг  $O_1$  валига келтирилган инерция моменти аниқлансин. Берилганлар:  $I_{O_1} = 0,92$  кг·м<sup>2</sup>,  $I_{O_{2,3}} = 0,06$  кг·м<sup>2</sup>,  $I_{O_{4,5}} = 0,04$  кг·м<sup>2</sup>,  $I_{O_6} = 0,2$  кг·м<sup>2</sup>,  $z_1 = 16$ ,  $z_2 = 32$ ,  $z_3 = 18$ ,  $z_4 = 12$ ,  $z_5 = 24$ ,  $z_6 = 72$ .

74. Бир қатор ташқи ва ички илашмани планетар механизмнинг етакловчи ғилдирак вали  $O_1$  га водилога қўйилган момент  $M_n = 120$  Н.м

дан келтирилган момент аниқлансин. Шунингдек, механизмнинг барча ҳаракатланувчи звенолари массаларидан ғилдирак 1 валига келтирилган инерция моменти  $I^{кел}$  аниқлансин. Берилганлар: планетар механизмнинг узатиш нисбати  $u_{пл} = 4$ . Марказий ғилдирак 1 нинг  $O_1$  ўққа нисбатан инерция моменти  $I_{10_1} = 0,02 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Сателлитнинг ғилдирак маркази  $O_2$  ўққа нисбатан инерция моменти  $I_{2O_2} = 0,015 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Водило --  $H$  нинг айланиш ўқига нисбатан инерция моменти  $I_{O_H} = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Сателлитлар сони  $K = 3$ ,  $z_3 = 3z_1$ ,  $z_2 = z_1$ .

75. Икки қатор ташқи ва ички илашмали планетар механизмнинг марказий ғилдирак вали  $O_1$  га водилога қўйилган момент  $M = 100 \text{ н} \cdot \text{м}$  дан келтирилган момент  $M^{кел}$  аниқлансин. Шунингдек, механизмнинг барча ҳаракатланувчи звенолари массаларидан ғилдирак 1 валига келтирилган инерция моменти  $I^{кел}$  аниқлансин. Берилганлар: планетар механизмнинг узатиш нисбати  $u_{пл} = 13$ . Марказий ғилдирак 1 нинг ўз айланиш ўқига нисбатан инерция моменти  $I_{10_1} = 0,02 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Сателлитлар 2 ва 3 блокининг  $O_2$  ўққа нисбатан инерция моменти  $I_{O_{2,3}} = 0,08 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Водило  $H$  нинг марказий ўқ  $O_H$  га нисбатан инерция моменти  $I_{O_H} = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Сателлит блокларининг сони  $K=3$ . Планетар механизм ҳаракатланувчи ғилдираклари тишларининг сони  $z_1 = 24$ ,  $z_2 = 72$ ,  $z_3 = 32$ ,  $z_4 = 128$ .

## ИККИНЧИ ҚИСМ. МЕХАНИЗМЛАРНИ ЛОЙИҲАЛАШ

### 7-боб. КУЛАЧОҚЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИ ЛОЙИҲАЛАШ

Кулачокли механизмлар энг кўп тарқалган механизмлардан бўлиб, ички ёнув двигателларида, компрессорларда, станокларда ва бошқа технологик ҳамда иш машиналарида қўлланилади.

Кулачокли механизмлар етакловчи звено — кулачокнинг текис ҳаракатини иш органи — турткичнинг маълум қонуниятга бўйсунувчи ҳаракатига айлантириш учун хизмат қилади.

#### 1-§. КУЛАЧОҚЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИ ЛОЙИҲАЛАШ ТАРТИБИ

Кулачокли механизмни динамик лойиҳалашда қуйидаги тартибга амал қилиш мақсадга мувофиқдир:

1. Механизм схемасини танлаш.
2. Турткич ҳаракати қонунини белгилаш.
3. Механизмнинг асосий геометрик параметрларини аниқлаш.
4. Кулачок профилини чизиш.
5. Ролик радиусини танлаш.

Лойиҳалаш ишлари тугаллангандан сўнг механизм кинематик анализ қилинади. Бунда механизмнинг ҳосил бўлган кинематик схемасига кўра турткичнинг тезлик ва тезланишлари (ёки уларнинг аналоглари) аниқланади. Сўнгра аниқланган қийматлар диаграмма қийматлари билан таққосланади.

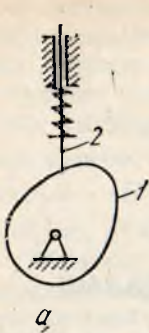
#### 2-§. МЕХАНИЗМ СХЕМАСИНИ ТАНЛАШ

Керакли схема мавжуд кулачокли механизмлар туркумларидан танлаб олинади, бу механизм ишлаш шароитида бошқа турдаги кулачокли механизмларга қараганда динамик, кинематик ва конструктив талабларни кўпроқ қондириши лозим бўлади. Кулачокли механизмларнинг техникада кенг миқёсда қўлланиладиган асосий турлари қуйидагилардан иборат:

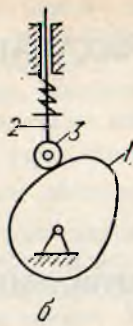
1. Турткичи илгарилама-қайтма ҳаракатланувчи кулачокли механизмлар (75 ва 76-шаклллар).

2. Турткичи тебранма ҳаракат қилувчи кулачокли механизмлар (77-шакл).

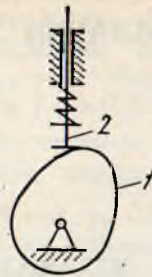
75-шакл *a* ва *b* да тасвирланган кулачокли механизмлар ўзининг бирмунча ихчамлиги билан бошқа турдаги механизмлардан фарқ қилади. 76-шакл ва 77-шакл, *a* да тасвирланган кулачокли механизмлар



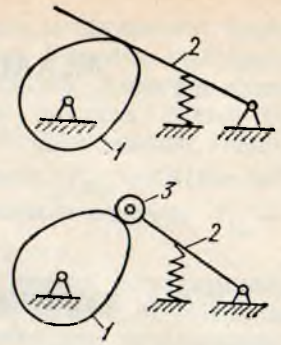
75- шакл.



76- шакл.



77- шакл.



75-шаклда тасвирланган кулачокли механизмларга қараганда динамик талабга кўпроқ жавоб беради, яъни бу туркумдаги кулачокли механизмларнинг Ф И Ки бошқа турдагиларникига қараганда бирмунча юқори бўлади. Чунки бундай механизмларда турткич билан кулачокнинг ҳосил қиладиган кинематик жуфтида босим бурчаги доимо ноль градусга тенг. Аммо бундай механизмларда кулачок профилнинг доимо қавариқ бўлиши талаб қилинади. Бунинг натижасида зарур кинематик талабга (бинобарин, динамик талабга ҳам) жавоб бериши лозим бўлган кулачок профили каттароқ чиқади.

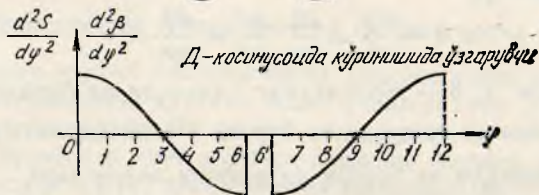
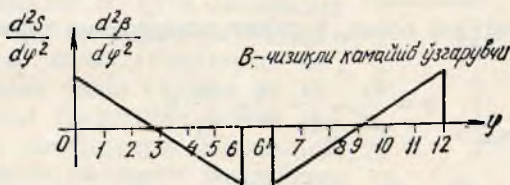
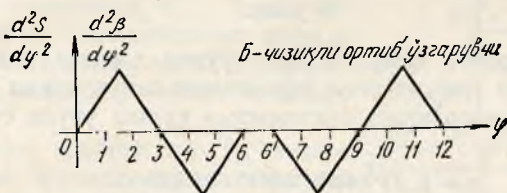
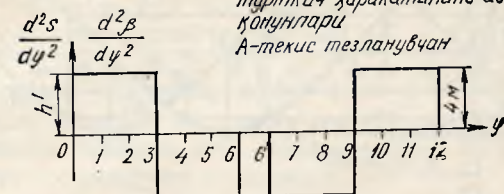
### 3-§. ТУРТКИЧНИНГ ҲАРАКАТ ҚОНУНИНИ БЕЛГИЛАШ

Баъзи кулачокли механизмларда турткич олдиндан белгиланган йўл графиги бўйича ҳаракат қилиши зарур. Бундай механизмларни лойиҳалашда турткич ҳолатининг кулачок бурилиш бурчагига боғлиқ бўлган графиги, яъни  $S = S(\varphi)$  ёки  $\beta = \beta(\varphi)$  олдиндан берилган бўлиши шарт.

Бошқа ҳолларда турткич маълум бир тезлик графигига бўйсуниб ҳаракатланиши талаб қилинади. Масалан, бўйлама ишлов бериш автомат станогида кескич ўзгармас тезликда ҳаракат қилиб, ҳаракат кулачокли механизм орқали амалга оширилади. Албатта, бундай ҳолларда тезлик графиги олдиндан берилиши керак.

Бундай ҳаракат қонунига бўйсунувчи кулачокли механизмларга хос бўлган асосий камчилик турткичда кескин зарбнинг ҳосил бўлишидир. Чунки турткич тезлигининг кескин ўзгариши унинг катта тезланиши билан ҳаракатланишига сабаб бўлади. Бундай ҳаракат кучли зарбни вужудга келтиради. Кескин зарб натижасида турткич кулачокдан маълум муддатга ажралиб қолиши мумкин. Бу эса турткич ҳаракатининг бузилишига, профилнинг тез едирилишига сабаб бўлади. Лойиҳалаванётган кулачокли механизмларда турткич ҳаракати технологик процесслар билан боғлиқ бўлмаганда, унда ортиқча инерция кучларининг пайдо бўлишига йўл қўймаслик мақсадида, тезланиш диаграммаси асосий ҳаракат қонуни сифатида қабул қилинади. Тезлик ва

$\frac{d^2S}{dy^2} = \frac{d^2S}{dy^2} (y)$  ёки  $\frac{d^2B}{dy^2} = \frac{d^2B}{dy^2} (y)$  кўринишидаги  
 тўрткич ҳаракатининг асосий  
 қонунлари  
 А-теҳис тезланувчан



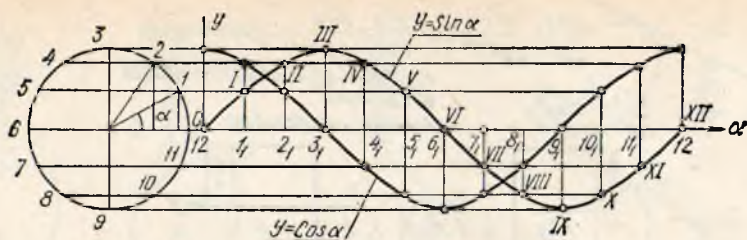
78- шакл.

йўл диаграммалари эса график интеграллаш усули билан тезланиш диаграммасидан ҳосил қилинади.

Ҳаракат қонуни тезланиш диаграммаси тарзида берилганда уларни 2 турга бўлиш мумкин:

1. Кескин зарбали.
2. «Юмшоқ» зарбали.

78-шаклда тўрткич учи тезланишининг кулачок бурилиш бурчаги-га боғлиқлик диаграммаси тарзидаги ҳаракат қонунлари кўрсатилган.



79- шакл.

Улар «юмшоқ» зарбани вужудга келтирувчи ҳаракат қонунларидир. 79- шаклда ҳаракат қонунларини ифодаловчи синусоида ва косинусоида эгри чизиқларини координата системасида қуриш усули тасвирланган.

#### 4-§. ГРАФИК ИНТЕГРАЛЛАШ

Агар  $\omega_k = \text{const}$  деб олсак, турткич илгариланма ҳаракат қилганда унинг тезлиги:

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{ds}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \frac{ds}{d\varphi} \cdot \omega_k,$$

тезланиши:

$$a = \frac{d^2s}{dt^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2} \cdot \frac{d\varphi^2}{dt^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2} \cdot \omega_k^2 \text{ бўлади.}$$

Агар турткич тебранма ҳаракат қилса, унинг бурчак тезлиги:

$$\omega = \frac{d\beta}{dt} = \frac{d\beta}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \frac{d\beta}{d\varphi} \cdot \omega_k,$$

бурчак тезланиши:

$$\varepsilon = \frac{d^2\beta}{dt^2} = \frac{d^2\beta}{d\varphi^2} \cdot \frac{d\varphi^2}{dt^2} = \frac{d^2\beta}{d\varphi^2} \cdot \omega_k^2$$

бўлади, бу ерда  $s$ ,  $\beta$  — турткичнинг чизиқли ва бурилиш йўллари;  $\frac{ds}{d\varphi}$ ;  $\frac{d\beta}{d\varphi}$  — турткичнинг чизиқли ва бурчак тезлик аналоглари;  $\frac{d^2s}{d\varphi^2}$ ;  $\frac{d^2\beta}{d\varphi^2}$  — турткичнинг чизиқли ва бурчак тезланиши аналоглари.

Тезлик ва тезланишларнинг ҳақиқий ва аналог қийматлари ўзаро боғлиқ бўлганлиги сабабли қуйидаги функционал боғланиш лойиҳалашда етарлидир. Турткич илгариланма ҳаракат қилганда:

$$s = s(\varphi); \quad \frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi); \quad \frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi),$$

турткич тебранма ҳаракат қилганда:

$$\beta = \beta(\varphi); \quad \frac{d\beta}{d\varphi} = \frac{d\beta}{d\varphi}(\varphi); \quad \frac{d^2\beta}{d\varphi^2} = \frac{d^2\beta}{d\varphi^2}(\varphi).$$

График интеграллаш жараёни график дифференциаллаш жараёнига тескари тартибдаги амалдир. (Қаранг. 2- боб, 4-§). Буида тезланиш

диаграммасидан тезлик диаграммаси, ундан эса йўл диаграммаси ҳосил қилинади. 80-шаклда кўрсатилган тезланиш диаграммасидан тезлик ва йўл диаграммаларини ҳосил қилишни амалий кўриб чиқайлик:

1. оф ўқидаги (80-шакл, а) 0—1, 1—2 оралиқлар ўртаси а, с... ларга мос келувчи тезланиш графиги эгри чизиғининг ордината ўлчамларини аниқлаймиз. Аниқланган нуқталар в, d... ларни ордината ўқи od га проекциялаймиз ва унда в'', d''... нуқталарни ҳосил қиламиз, яъни (ов'') = (ав), (од'') = (cd)... ва ҳоказо бўлади.

2. Тезланиш графиги оф ўқ чизиғи йўналишининг қарама - қарши томонида О нуқтадан бошлаб Н<sub>2</sub> қутб масофасида танланган π нуқтани ордината ўқидаги в'', d'' нуқталар билан туташтириб, пв'', пd''... нурларни ҳосил қиламиз.

3. Тезланиш графигидан тезлик графигини ҳосил қилиш учун (80-шакл, б) унинг координата системаси бошланиши нуқтаси бўлган О дан оф ўқининг 0—1 оралиғида пв'' нурга параллел бўлган (ов')

кесма ўтказамиз. Сўнгра кесма охири в' нуқтадан оф ўқининг 1—2 оралиғида пd'' нурга параллел бўлган (в' d')

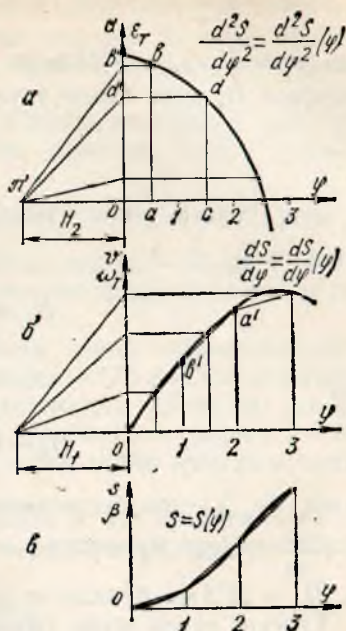
кесма ҳосил қиламиз ва ҳоказо. Ҳосил бўлган синиқ чизиқларни в', d' нуқталардан ўтувчи узлуксиз лекало эгри чизиғи билан алмаштирилса,  $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$  ёки  $\frac{d\beta}{d\varphi} = \frac{d\beta}{d\varphi}(\varphi)$  кўринишидаги тезлик аналогни графиги ҳосил бўлади.

Ҳосил бўлган график яна бир марта юқорида баён этилган усулда график интегралланса, турткич босиб ўтадиган йўл S нинг кулачок бурилиш бурчаги φ га боғлиқлик диаграммаси S = S(φ) ёки турткич бурилиш бурчаги β нинг кулачок бурилиш бурчаги φ га боғлиқлик диаграммаси β = β(φ) ҳосил бўлади (80-шакл, в).

### 5-§. ДИАГРАММАЛАР УЧУН ҚУТБ МАСОФАСИ Н<sub>1</sub> ВА Н<sub>2</sub> НИ ТАНЛАШ

Динамик талабга жавоб берадиган механизм кулачоғининг минимал радиусини аниқлаш учун турткич йўли S нинг тезлик аналогни  $\frac{ds}{d\varphi}$  га боғлиқлик диаграммаси  $S = S\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$  ни бир хил масштабда қуриш лозим бўлади. Йўл ва тезлик аналоглари масштаб коэффициентлари ўзаро қуйидагича боғланган:

$$\mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \frac{\mu_s}{H_1 \cdot \mu_\varphi}, \quad \mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} = \frac{\mu_\beta}{H_1 \cdot \mu_\varphi}.$$



80-шакл.



Формуладан кўриниб турибдики,  $\mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \mu_s$  ёки  $\mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} = \mu_\beta$  қабул қилиш учун  $H_1 \cdot \mu_\varphi = 1$  бўлиши керак. Бундан тезлик диаграммаси қутб масофаси  $H_1$  нинг чизма узунлиги аниқланади:

$$H_1 = \frac{1}{\mu_\varphi}.$$

$\mu_\varphi$  нинг ўрнига унинг ифодаси  $\mu_\varphi = \mu_\varphi^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}$  ни қўйсак (қarang: 2-боб, 4-§),

$$H_1 = \frac{1 \text{ рад}}{\mu_\varphi^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}} = \frac{57,3^\circ}{\mu_\varphi^\circ}$$

ёки

$$H_1 = 57,3 \cdot \frac{(\varphi_{\text{нш}})^\circ}{\varphi_{\text{нш}}} \text{ [мм]},$$

бунда  $(\varphi_{\text{нш}})$  — иш бурчагининг чизма ифодаси, бундан, агар  $\mu_\varphi^\circ = 1 \frac{\text{град}}{\text{мм}}$  бўлса,  $H_1 = 57,3$  мм га тенг бўлади. Агар  $\mu_\varphi^\circ = 2 \frac{\text{град}}{\text{мм}}$  бўлса,  $H_1 = 28,5$  мм бўлади ва ҳоказо.

Турткич асоси текис тарелкасимон кўринишда бўлган кулачокли механизмларни (76 ва 77-шакл, а) лойиҳалашда  $S = S\left(\frac{d^2s}{d\varphi^2}\right)$  диаграммасини қуриш лозим бўлади. Бунда тезланиш аналогининг масштаби  $\mu_{\frac{d^2s}{d\varphi^2}}$  йўл масштаби  $\mu_s$  га тенг бўлади, яъни:

$$\mu_s = \mu_{\frac{d^2s}{d\varphi^2}} = \frac{\mu_s}{H_1 \cdot H_2 \cdot \mu_\varphi^2}.$$

Бунинг учун  $H_1 \cdot H_2 \cdot \mu_\varphi^2 = 1$  бўлиши зарур. Бундан тезланиш қутб масофаси  $H_2$  аниқланади:

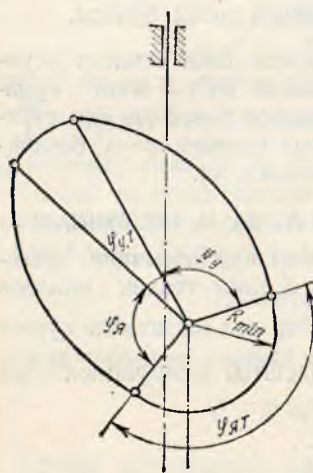
$$H_2 = \frac{1}{H_1 \cdot \mu_\varphi^2}.$$

### 6-§. КУЛАЧОК МЕХАНИЗМЛАРНИ КИНЕМАТИК ЛОЙИҲАЛАШ (КУЛАЧОК ПРОФИЛИНИ ҚУРИШ)

1. Кулачокли механизмларни кинематик лойиҳалашда қуйидаги параметрлар берилган бўлади:

1) турткич йўли ва унинг ҳаракат графиги,  
2) кулачокнинг иш бурчаги ёки фаза бурчаклари (81-шакл).

Фаза бурчаклари қуйидагилардан иборат бўлади:  $\mu_y$  — кулачокнинг турткич узоқлашу-



81- шакл.

вига мос келувчи бурилиш бурчаги;  $\varphi_{yt}$  — кулачокнинг турткичнинг маълум узоқликда қўзғалмай туришига мос келувчи бурилиш бурчаги;  $\varphi_y$  кулачокнинг турткич яқинлашувига мос келувчи бурилиш бурчаги;  $\varphi_{ят}$  — кулачокнинг турткичнинг маълум яқинликда қўзғалмай туришига мос келувчи бурилиш бурчаги.

Агар лойиҳада кулачокнинг иш бурчаги берилган бўлса, у ҳолда уни ташкил этувчи фаза бурчакларига ажратиб олинади. Бунда қуйидаги шарт бажарилиши лозим

$$\varphi_{иш} = \varphi_y + \varphi_{yt} + \varphi_y ;$$

3) кулачок назарий профилининг минимал радиуси— $R_{min}$  .

Яна қўшимча параметрлар лойиҳаланувчи механизм турига кўра белгиланади.

2. а) Турткичи ролик билан жиҳозланган ҳамда илгарилама-қайтма ҳаракатланувчи марказий кулачокли механизмни (75-шакл, б) кинематик лойиҳалашда юқорида кўрсатилган параметрларга қўшимча равишда ролик радиуси  $r_{рол}$  ҳам берилган бўлиб, турткич йўли графиги  $S=S(\varphi)$  кўринишда бўлади. Кулачок профилини ҳосил қилиш қуйидаги тартибда олиб борилади:

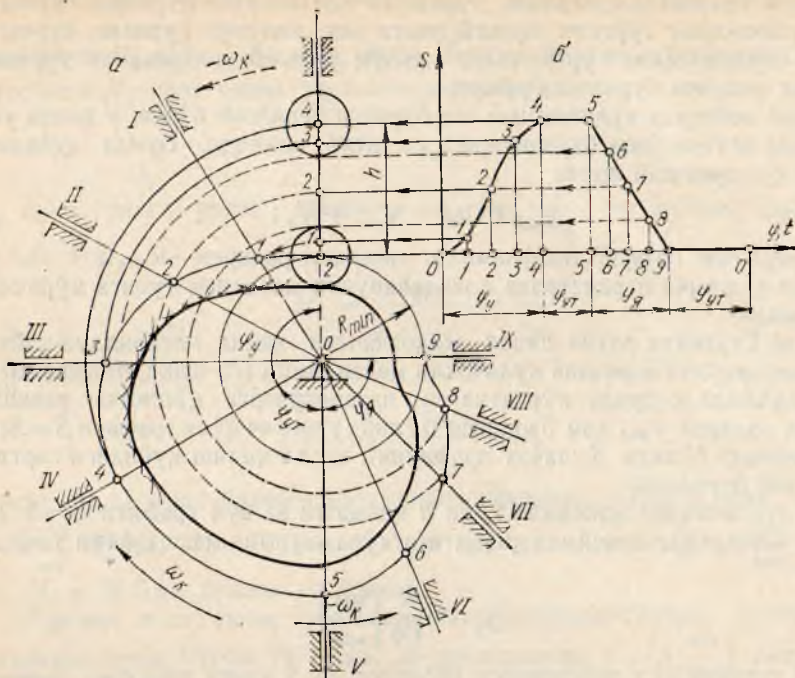
1) турткичнинг максимал йўли  $h$  қийматга ва йўл графиги  $S=S(\varphi)$  эгри чизигининг максимал қийматига кўра узунлик масштабини танлаймиз:

$$\mu_s = \frac{h}{(h)} \left| \frac{\text{мм}}{\text{мм}} \right|$$

2) турткич йўл диаграммаси (82-шакл, б)  $S$  ўқига параллел равишда турткичнинг асосий вазиятини чизамиз (82-шакл, а) ҳамда унда турткич учининг ҳолатлари  $0, 1, 2, \dots$  ларни  $S=S(\varphi)$  диаграммасига мувофиқ равишда белгилаймиз;

3) турткич учининг қуйи ҳолати  $0$  дан бошлаб унинг пастки томонида турткич ўқ чизиги бўйича  $R_{min}$  масофада кулачок маркази  $O$  ни белгилаймиз.  $O$  нуқтани марказ қилган ҳолда  $R_{min}$  радиусли айлана ўтказамиз. Турткич ўқ чизигидан бошлаб кулачок бурчак тезлиги  $\omega_k$  йўналишига қарама-қарши йўналиш бўйича кулачокнинг фаза бурчаклари  $\varphi_y, \varphi_{yt}, \varphi_y$  ни белгилаймиз.

Кулачокнинг профилини ҳосил қилиш мақсадида «Ҳаракатни тескари томонга йўналтириш» усулидан фойдаланамиз, яъни бунда чизма текислигига кулачок айланиш маркази  $O$  нуқта атрофида айланма ҳаракат берилади. Айланма ҳаракатнинг бурчак тезлиги кулачокнинг бурчак тезлигига тенг бўлиб, йўналиши унга қарама-қарши бўлади. Бунинг натижасида кулачок қўзғалмас бўлиб қолади, чунки унинг ҳаракати йиғиндиси  $\omega_k + (-\omega_k) = 0$  бўлади. Турткич эса ўз йўналтирувчиси бўйича илгарилама-қайтма ҳаракатда бўлишдан ташқари, яна кулачок айланиш ўқи  $O$  нуқта атрофида ҳам айланма ҳаракат қилади. Бу ҳаракат жарасида турткичнинг кулачок фаза бурчаклари  $\varphi_y$  ва  $\varphi_y$  га мос келувчи  $n$  тадан ҳолатларини тасвирлаймиз. Ҳар бир фаза бурчагида турткич ҳолатлари ўзаро тенг бурчакда жойлашади, Сунгра турткичнинг бошланғич вазиятидаги ролик маркази бўлган  $A$  нуқтанинг ҳолатларини



82- шакл.

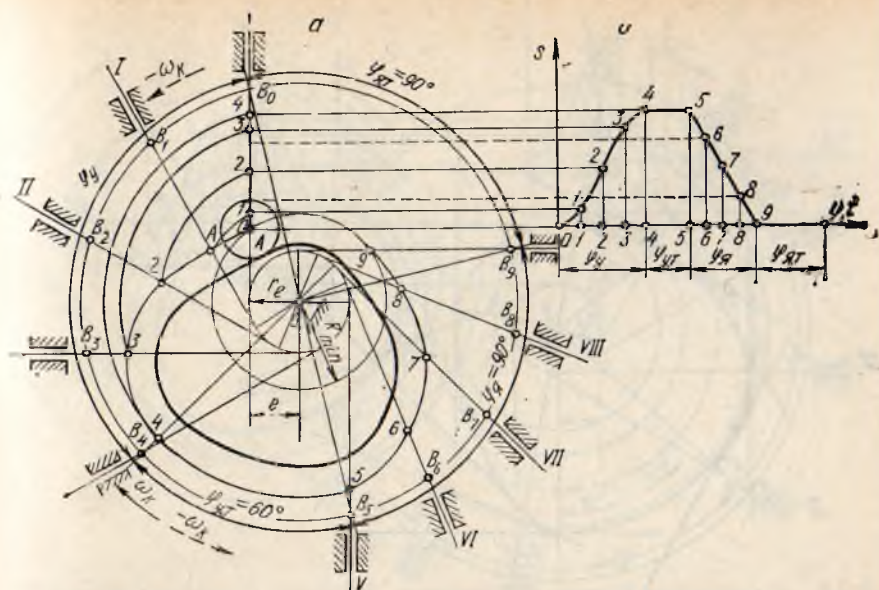
циркуль ёрдамида мос равишда нисбий ҳаракатдаги турткичнинг I, II... вазиятларига кўчираемиз. Белгиланган нуқталар 1, 2, 3... ролик маркази A нуқтанинг турткичнинг турли вазиятидаги ўрнини билдиради. Ҳосил бўлган нуқталар узлуксиз эгри чизиқ билан туташтирилса, кулачокнинг назарий профили ҳосил бўлади.

Кулачокнинг ҳақиқий профилини ҳосил қилиш учун назарий профилидаги нуқталарни марказ қилиб олган ҳолда  $r_{\text{рол}}$  радиусли ёй бўлақларини ўтказамиз. Чизилган ёй бўлақларига ўтказилган умумий уринма кулачокнинг ҳақиқий профили бўлади. 82-шакл, а да  $r_{\text{рол}}$  радиусли ёй бўлақлари фақат кулачокнинг узоқлашув бурчаги учун кўрсатилган.

б) Турткичи ролик билан жиҳозланган ҳамда илгарилама-қайтма ҳаракатланувчи, марказий бўлмаган кулачокли механизмларни лойиҳалаш (75-шакл) марказий кулачокли механизмни лойиҳалашдан принцип жиҳатидан катта фарқ қилмайди. Бундай механизмни лойиҳалашда қўшимча равишда турткич ўқининг кулачок йиланиш маркази O нуқтадан силжиш масофаси (эксцентритет)  $e$  нинг қиймати берилади.

Лойиҳалаш қўйидаги тартибда бажарилади:

Кулачок соат стрелкаси йўналишида ҳаракатланади деб қараб унинг айланиш ўқи бўлган O нуқтани турткич ўқ чизиғидан ўнг томонда белгилаймиз (83-шакл, а). Бунинг учун турткич ўқ чизиғига параллел равишда унинг ўнг томонидан вертикал чизиқ ўтказамиз. Ўтказилган



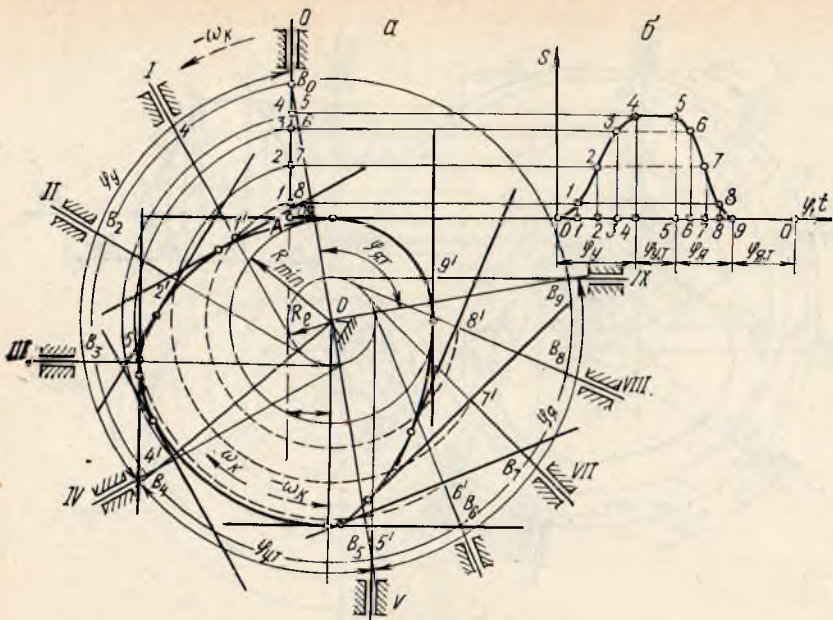
83- шакл.

чизиқнинг ролик маркази бўлган  $A$  нуқтадан циркуль ёрдамида ўтказилган  $R_{min}$  радиусли ёй билан кесишиш нуқтаси  $O$  кулачокнинг айланмиш ўқини билдиради. Турткич ўқ чизигидаги ихтиёрий танланган  $B_0$  нуқтани қўзғалмас звенога тегишли деб қараб, унинг траекторияси  $OB_0$  радиусли айланани чизамиз. Айлананинг  $B_0$  нуқтасидан бошлаб, кулачокнинг бурчак тезлиги  $\omega_k$  йўналишига қарама-қарши йўналишда кулачокнинг фаза бурчакларига тиралиб турувчи ёй бўлақларини ажратамиз. Узоқлашув бурчаги  $\varphi_{\text{у}}$  ва яқинлашув бурчаги  $\varphi_{\text{я}}$  ларга тиралувчи ёй бўлақларининг ҳар бирини ўзаро тенг бўлган  $n$  қисмга бўлиб, турткич  $B$  нуқтасининг турли вазиятлари  $B_1, B_2, \dots$  ларни белгилаймиз. Белгиланган нуқталардан  $r_c$  радиусли айлананинг чап томонига ўтказилган уринмалар турткич ўқининг турли вазиятларини тасвирлайди. Кулачокнинг назарий ва ҳақиқий профилларини ҳосил қилиш олдинги мисолда баён этилган усулдагидек бажарилади.

3. Турткич асоси текис тарелкасимон бўлган ҳамда илгарилама-қайтма ҳаракатланувчи кулачокли механизмни (76-шакл) кинематик лойиҳалаш қуйидаги параметрлар қийматларига кўра бажарилади:

- 1) турткич йўли  $h$  ва унинг йўл графиги  $S = S(\varphi)$  (84-шакл, б);
- 2) кулачокнинг фаза бурчаклари  $\varphi_{\text{у}}$ ;  $\varphi_{\text{ут}}$ ;  $\varphi_{\text{я}}$ ;
- 3) кулачокнинг минимал радиуси  $R_{min}$ ;
- 4) турткич ўқининг кулачок марказидан силжиш масофаси (эксцентритет)  $e$  нинг қиймати.

Кулачок профилли қуйидаги тартибда ҳосил қилинади:



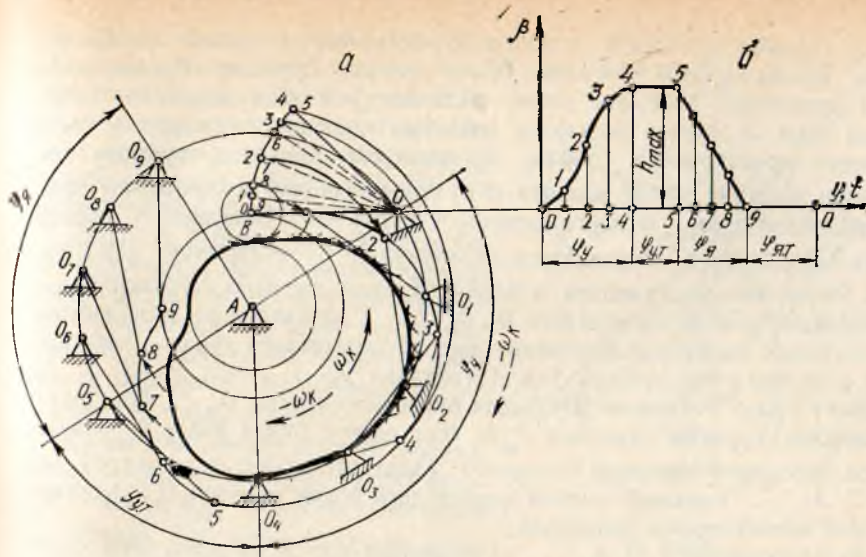
84- шакл.

1) узунлик масштаби  $\mu_s$  танланади;

2) турткич йўл диаграммасининг (84-шакл, б)  $S$  ўқига параллел равишда турткичининг асосий вазияти чизилади (84-шакл. а). Асосий вазиятда турткич тарелкасининг вазиятлари  $0, 1, 2, \dots$  лар  $S=S(\varphi)$  диаграммасига мувофиқ ҳолда белгиланади;

3) кулачок айланиш ўқи  $O$  нуқтанинг вазияти аниқланади. Бунинг учун турткич тарелкасининг қўйи томонида, ҳамда ундан  $\sqrt{R_{min} - e^2}$  масофада горизонтал чизиқ, турткич ўқидан  $e$  масофада вертикал чизиқ ўтказилади. Ўтказилган чизиқларнинг кесишиш нуқтаси  $O$  кулачок айланиш ўқини билдиради. Агар кулачок соат стрелкаси йўналишида ҳаракатланади деб қаралса, кулачок ўқи турткич ўқ чизигининг ўнг томонида жойлашади. Турткичининг ўқ чизиги кулачок маркази  $O$  нуқтадан ўтказилган, радиуси  $e$  га тенг бўлган айланага уринади;

4) турткич ўқ чизигидаги ихтиёрий танланган  $B_0$  нуқтани турткич йўналтирувчисига тегишли деб қараб, «Ҳаракатни тескарига айлантириш» усулига кўра кулачок ўқини  $O$  нуқта атрофида айланма ҳаракатга келтирамиз. Унинг траекторияси  $OB_0$  радиусли айлана бўлади. Айлананинги  $B_0$  нуқтасидан бошлаб  $-\omega_k$  бурчак тезлик йўналишида кулачокнинг фаза бурчакларига тиралиб турувчи ёй бўлакларини ажратамиз. Узоқлашув бурчаги  $\varphi_1$  ва яқинлашув бурчаги  $\varphi_2$  ларга тиралувчи ёй бўлакларининг ҳар бирини ўзаро тенг  $n$  тадан бўлакка бўлиб  $B_0$  нуқтанинг турли вазиятлари  $B_1, B_2, B_3, \dots$  ларни белгилаймиз. Белгиланган нуқталардан  $R_e$  радиусли айланага ўтказилган уринмалар турткич ўқининг турли вазиятларини тасвирлайди.



85- шакл.

Кулачок маркази  $O$  нуқтадан турткичнинг асосий вазиятидаги  $1, 2, 3$  нуқталаргача бўлган масофаларни радиус қилиб олган ҳолда ёйлар ўтказамиз. Уларнинг турткич турли вазиятларидаги ўқ чизиқлари билан кесишиш нуқталари  $1', 2', 3' \dots$  турткич асосидаги  $A$  нуқтанинг нисбий ҳаракатдаги вазиятларини билдиради.

Ҳосил бўлган  $1', 2', 3'$  нуқталардан, ўша вазиятдаги турткич ўқига тик равишда, унинг тарелкасимон асосларини чизамиз. Сўнгра уларга умумий уринма бўлган раван эгри чизиқни—кулачок профилини ҳосил қиламиз.

4. Турткичи ролик билан жиҳозланган ҳамда тебранма ҳаракат қилувчи кулачокли механизмни (77-шакл, б) кинематик лойиҳалаш қуйидаги параметрлар қийматларига кўра бажарилади:

1) тебранма ҳаракат қилувчи турткичнинг пастки вазиятдан максимал оғиш бурчаги  $\beta_{max}$  ва турткичнинг бурчак йўли графиги  $\beta = \beta(\varphi)$  (85-шакл, б);

2) кулачокнинг фаза бурчаклари— $\varphi_{\psi}$ ,  $\varphi_{\psi, m}$ ,  $\varphi_{\alpha}$ ;

3) кулачок назарий профилининг минимал радиуси  $R_{min}$ ;

4) ролик радиуси  $r_{rol}$ ;

5) коромисло кўринишидаги турткич узунлиги  $l_{OB}$ ;

6) кулачок ва турткич айланиш ўқлари орасидаги масофа  $l_{AO}$  (85-шакл, а).

Кулачок профилини қуриш учун қуйидаги ишларни бажарамиз:

1) чизма масштаби  $\mu$ , га кўра, берилган ўлчамларни чизиб, турткичнинг пастки вазиятини тасвирлаймиз. Шунингдек бурчак йўли графигига мушофиқ равишда ролик маркази  $B$  нуқтанинг четки ва оралиқ вазиятлари  $1, 2, 3 \dots$  ни аниқлаймиз.

2) «Харакатни тескари томонга йўналтириш» усулидан фойдаланамиз. Бунда кулачок қўзғалмас бўлиб қолади. Турткич тебранма ҳаракат қилишдан ташқари, унинг айланиш ўқи  $O$  кулачокнинг айланиш ўқи  $A$  нуқта атрофида айланма ҳаракат қилади.  $O$  нуқтанинг траекторияси бўлган  $l_{AO}$  радиусли айланада, турткич тебраниш ўқининг асосий вазияти  $O$  нуқтадан бошлаб кулачокнинг фаза бурчаклари  $\varphi, \varphi_{y.m}, \varphi_x$  ларга тиралиб турувчи ёй бўлакларини ажратамиз. Сўнгра  $\varphi, \varphi_x$  бурчакларга тиралувчи ёй бўлакларининг ҳар бирини ўзаро тенг узунликдаги  $n$  тадан бўлакка ажратиб, турткич ўқи  $O$  нуқтанинг нисбий ҳаракатдаги  $O_1, O_2, O_3 \dots$  вазиятларини аниқлаймиз.

3) ролик маркази  $B$  нуқтанинг нисбий ҳаракатдаги турли вазиятларини аниқлаш учун кулачок ўқи  $A$  нуқтадан  $A-1, A-2, A-3 \dots$  радиусли ёйлар ўтказамиз. Шу билан бирга аниқланган  $O_1, O_2, O_3 \dots$  нуқталардан турткич узунлиги  $l_{oa}$  га тенг радиус билан ёйлар ўтказамиз. Мос равишда ўтказилган ёйларнинг ўзаро кесишувидан ҳосил бўлган  $1, 2, 3 \dots$  нуқталар нисбий ҳаракатдаги ролик маркази  $B$  нуқтанинг турли вазиятларини билдиради;

4) аниқланган  $1, 2, 3, \dots$  нуқталардан узлуксиз равон эгри чизик ўтказиб, кулачокнинг назарий профилини ҳосил қиламиз. Сўнгра назарий профил нуқталаридан  $r_{рол}$  масофада ётувчи нуқталарни аниқлаймиз ва шу нуқталардан ётувчи кулачокнинг ҳақиқий профилини қураимиз.

#### 7- §. КУЛАЧОКЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИ ДИНАМИК ЛОЙИҲАЛАШ

1. Кулачокли механизмлар кинематик лойиҳаланганда кулачокнинг минимал радиуси  $R_{min}$  нинг қиймати тўғридан-тўғри қабул қилинади. Бироқ кинематик лойиҳаланган кулачокли механизмлар динамика нуқтаи назаридан мутлақо яроқсиз бўлиши мумкин. Чунинчи, турткич ва кулачок орасида вужудга келадиган ишқаланиш кучи кулачок сиртининг маълум бир қисмида ҳаддан ташқари ортиб кетиши, ҳатто турткич билан кулачок ўзаро қадалиб қолиши мумкин. Бу ҳол кулачок ва турткичнинг ишлаш шароитида ўзаро ҳосил қиладиган босим бурчаги маълум бир қийматдан ошиб кетганда содир бўлади. Бундай ҳодисани бар-тараф қилиш учун кулачокнинг минимал радиуси шундай танланадики, ишлаш шароитида вужудга келадиган босим бурчагининг энг катта қиймати руҳсат этилган босим бурчаги қийматидан катта бўлмайди.

2. Масаланинг физик моҳиятини тушуниб олиш мақсадида 86-шаклга мурожаат қиламиз. Шаклга кўра кулачок 1 турткич 2 га  $N$  куч билан таъсир этаётган бўлсин.  $N$  куч кулачок профилининг  $A$  нуқтасидан ётувчи  $n-n$  нормал чизикда ётади.  $N$  кучни турткич 2 ўқи бўйича ҳамда турткичга тик бўлган ташкил ётувчиларга ажратсак ҳамда  $N$  куч билан турткич ўқ чизиги орасидаги бурчакни  $\alpha$  десак, қуйидагиларни ҳосил қиламиз:

$$P = N \cos \alpha$$

$$T = N \sin \alpha,$$

бу ерда  $P-N$  кучнинг фойдали ташкил ётувчиси,  $T-N$  кучнинг зарарли ташкил ётувчиси.

$\alpha$  бурчак босим бурчаги дейлади. 86-шаклдан босим бурчаги  $\alpha$  нинг қиймати ошиб борган сари  $N$  кучнинг зарarli ташкил этувчиси  $T$  нинг қиймати ошиб боришини ва фойдали ташкил этувчиси  $P$  нинг қиймати камайиб боришини кўриш қийин эмас.

Демак,  $\alpha$  бурчак ошиб бориши билан кулачокли механизмнинг ишлаши ҳам қийинлаша боради ва у маълум қийматга эришганда кулачок турткични ҳаракатлантира олмай қолиши мумкин.  $\alpha$  бурчакнинг бу қиймати  $\alpha_{\text{қад}}$  — қадалиш бурчаги дейлади.

Кулачокли механизмларни лойиҳалашда босим бурчагининг рухсат этилган қиймати  $\alpha_{\text{рух}}$  олдиндан белгиланган бўлади. Биз лойиҳалайдиган кулачокли механизмларда ҳосил бўладиган босим бурчагининг энг катта қиймати  $\alpha_{\text{max}}$  қуйидаги шартни қаноатлантириши керак:

$$\alpha_{\text{max}} \leq \alpha_{\text{рух}} < \alpha_{\text{қад}}$$

бу ерда  $\alpha_{\text{рух}}$  — бурчакнинг рухсат этилган қиймати.

Одатда, босим бурчаги  $\alpha$  ўрнига уни  $90^\circ$  га тўлдирувчи бурчак  $\gamma$  дан фойдаланилади,  $\gamma$  бурчак ҳаракатни узатиш бурчаги дейлади:

$$\gamma = 90^\circ - \alpha \text{ бўлади.}$$

Кулачокка тегишли  $A$  нуқтани қутб сифатида танлаб ҳақиқий йўналишлари  $90^\circ$  га бурилган тезликлар планининг тенгламалар системаси:

$$\begin{aligned} \vec{u}_B &= \vec{u}_A + \vec{u}_{BA} \\ \vec{u}_B &= \vec{u}_O + \vec{u}_{BO} \end{aligned}$$

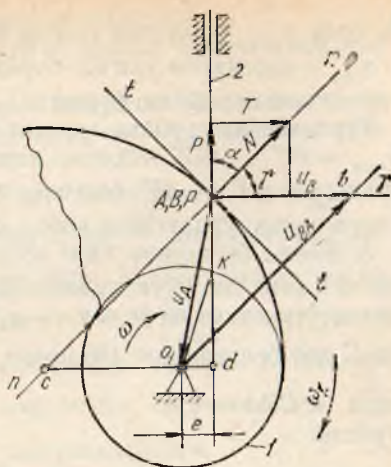
га кўра қурамиз (3-бсб, 2-§. Мисол).

Тезликлар планидаги  $\vec{u}_B = \left(\frac{dS_B}{d\varphi}\right)$  турткичининг ҳақиқий йўналиши  $90^\circ$  га бурилган абсолют тезлик аналогн векторидир,  $U$  турткич ўқиға тик жойлашади.

$\vec{u}_{BA}$  — турткичининг кулачокка нисбатан нисбий тезлиги векторининг  $90^\circ$  га бурилган вазияти.  $U$  кулачок айланиш ўқи билан  $\left(\frac{dS_B}{d\varphi}\right)$  векторининг охирини туташтиради.

86-шаклдан кўриниб турибдики,  $\gamma$  — турткичининг абсолют тезлик вектори билан унинг кулачокка нисбатан нисбий тезлик вектори орасидаги бурчакдир. Демак,

$$\gamma_{\text{min}} \geq \gamma_{\text{рух}} > \gamma_{\text{қад}}$$



86-шакл.



бу ерда:  $\gamma_{min}$  ҳаракатни узатиш бурчагининг энг кам қиймати,

$\gamma_{рух}$  — ҳаракатни узатиш бурчагининг рухсат этилган қиймати,  $\gamma_{кад}$  турткичининг қадалиш бурчаги.

Турткичи илгарилама ҳаракат қилувчи кулачокли механизмлар учун  $\gamma_{min} = 60^\circ \dots 65^\circ$ , тебранма ҳаракат қилувчи кулачокли механизмларда эса  $\gamma_{min} = 40^\circ \dots 45^\circ$  белгиланган бўлиб, кам қийматларни турткичини учига ролик ўрнатганда қабул қилиш мумкин.

3. Босим бурчаги  $\alpha$  нинг кулачок минимал радиуси  $R_{min}$  га боғлиқлигини аниқлаш учун кулачок айланиш маркази  $O_1$  нуқтадан горизонтал чизиқ ўтказамиз ва унинг  $n-n$  нормал чизиқ билан кесишиш нуқтаси ни  $C$  деб белгилаймиз (86-шакл), у ҳолда  $(CO_1) = (B\theta) = \frac{dS_\theta}{d\varphi}$  ҳосил бў-

лади.  $\angle CAd = \angle \alpha$   
бундан:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(cd)}{(Bd)} = \frac{(CO_1) + (O_1d)}{(B\kappa) + (\kappa d)} \quad (7.1)$$

бу ерда  $(CO_1) = (B\theta) = \frac{ds_\theta}{d\varphi}$  чунки параллелограмм  $CB\theta O_1$  нинг қарама-қарши томонлари ўзаро тенг.  $\frac{ds_\theta}{d\varphi} = B$  нуқтанинг ихтиёрий ҳолатдаги  $90^\circ$  бурилган тезлик аналогидир ( $\frac{v_{\theta s}}{d\varphi} = v_s$  масштабида  $(O_1d) = e$  эксцентриситет қийматининг чизмадаги ифодаси.

$(B\kappa) = S_B$  турткичининг босиб ўтган йўли:

$$(k d) = \sqrt{(O_1k)^2 - (O_1d)^2} = \sqrt{R_{min}^2 - e^2}. \quad (7.2)$$

(7.2) ни (7.1) га қўйсак:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\left(\frac{ds_\theta}{d\varphi}\right) + e}{S_\theta + \sqrt{R_{min}^2 - e^2}} \quad (7.3)$$

Агар турткич ўқ чизиги кулачок марказининг чап томонида жойлаша-са формула (7.3) қуйидагича ифодаланади:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\left(\frac{ds_\theta}{d\varphi}\right) + e}{S_\theta + \sqrt{R_{min}^2 - e^2}} \quad (7.3^1)$$

(3) ва (3<sup>1</sup>) ларни умумлаштирсак:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\left(\frac{dS_B}{d\varphi}\right) \pm e}{S_B + \sqrt{R_{min}^2 - e^2}}. \quad (7.4)$$

Формула (7.4) ва 86-шаклдан кўрамызки, босим бурчаги  $\alpha$  нинг қийматини камайтириш учун кулачокнинг минимал радиуси  $R_{min}$  ни катталаштириш ҳамда эксцентриситет  $e$  нинг ишорасини манфий қилиб олиш лозим.

$R_{\min}$  НИ ДИНАМИК ТАЛАБНИ ҚАНОАТЛАНТИРАДИГАН ҚИЛИБ АНИҚЛАШ

1. Турткичи илгарилама-қайтма ҳаракатланувчи, 75-шакл,  $a$  ва  $b$  да тасвирланган кулачокли механизмлар учун  $R_{\min}$  қуйидаги тартибда аниқланади:

87-шакл,  $a$  да тасвирланган  $S = S(\varphi)$  диаграммаси  $(\varphi)$  ўқининг давомида бирор  $O$  нуқтани танлаб ундан  $S$  ва  $\frac{dS}{d\varphi}$  координата ўқларини ўтказамиз (87-шакл,  $e$ ) ва турткич йўли  $S$  нинг унинг тезлик аналогини  $\frac{dS}{d\varphi}$  га боғлиқ бўлган диаграммаси  $S = S\left(\frac{dS}{d\varphi}\right)$  ни қурамиз.

Бунинг учун йўл диаграммаси  $S = S(\varphi)$  дан турткич вазиятлари тўғридан-тўғри ўлчаб олиниб  $S, \frac{dS}{d\varphi}$  координата системасидаги (87-шакл,  $e$ )  $S$  ўқига қўйилади, ёки йўл диаграммасидаги  $1', 2', 3' \dots$  нуқталар  $S, \frac{dS}{d\varphi}$  координата системасидаги  $S$  ўқига проекциялаб келтирилади.

Ҳосил қилинган ҳар бир вазиятда шу вазиятдаги тезлик аналогини диаграммасидан ўлчаб олинган аналог қийматлари  $90^\circ$  га бурилган кесмалар тарзида келтириб қўйилади, яъни 1-нуқтага  $1-1''$  кесма, 2-нуқтага  $2-2''$  кесма, 3-нуқтага  $3-3''$  кесма қўйилади ва ҳоказо. Аналог қийматлари мусбат бўлса, диаграмманинг ўнг томонига, манфий бўлса, диаграмманинг чап томонига қўйилади.

Ҳамма аналоглар векторлари охирлари ўзаро узлуксиз лекало эгри чизиғи орқали тугаштирилади.

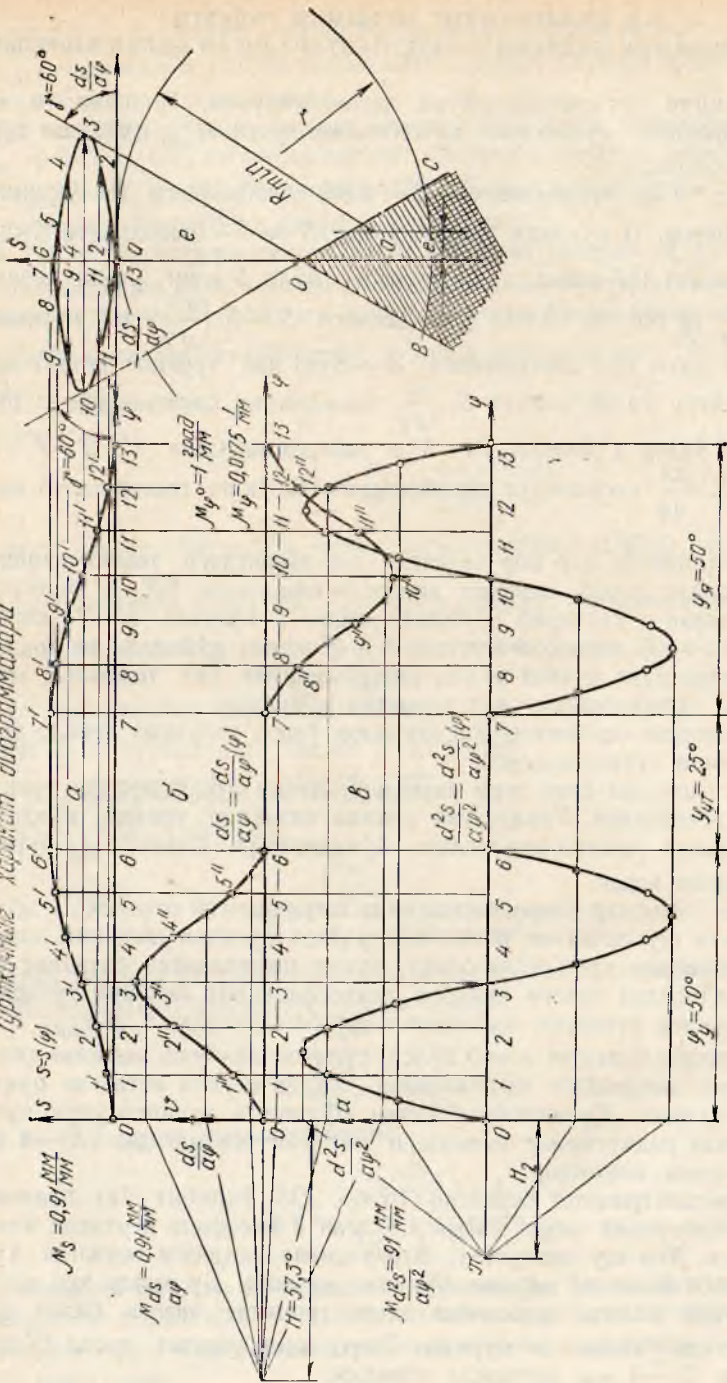
Ҳосил қилинган ёпиқ эгри чизиқнинг четки томонларидан уринма чизиқлар ўтказилади. Ўтказилган уринма чизиқлар уриниш нуқталарига тақалувчи тезлик аналоглари йўналишлари билан  $\gamma_{\min}$  бурчак ҳосил қилиши керак.

Уринма чизиқлар ўзаро кесишганда штрихланган соҳа  $BO_1C$  ҳосил бўлади. Ана шу соҳанинг исталган нуқтаси кулачок айланиш марказининг геометрик ўрни бўла олади, чунки штрихланган соҳанинг исталган нуқтасидан тезлик аналогини векторларининг охирини туташтирувчи чизиқлар ўтказсак, қуйидаги шарт бажарилади:  $\gamma_i \geq \gamma_{\min}$ .

Агар эксцентритет  $e = 0$  бўлса, кулачок айланиш маркази қилиб  $OS$  — чизиғи давомидаги штрихланган соҳада ётувчи исталган нуқтани олиш мумкин. Кулачокнинг ихчам бўлишига эришиш учун кулачок минимал радиусининг чизмадаги энг кам қийматидан 3—4 мм каттароқ олиш кифоядир.

Агар эксцентритет берилган бўлса,  $OS$  ўқининг ўнг томонида эксцентритетнинг чизма қиймати бўлган  $e$  масофада вертикал чизиқ ўтказилади. Ана шу чизиқнинг штрихланган соҳадаги исталган нуқтаси кулачок айланиш маркази бўлиши мумкин. Бу ҳолда ҳам минимал радиусли айлана марказини эксцентритет чизиғи билан  $\gamma_{\min}$  бурчак остида ўтказилган нурнинг ўзаро кесишувидан ҳосил бўлган нуқтасидан 3—4 мм пастроқда олинади.

Түрткілікке қарасты диаграммалары



87- шакл.

Агар масала шартда қийматлари олдиндан берилган параметрларга қўшимча равишда ролик радиуси  $r_{\text{рол}}$  қиймати кўрсатилган бўлса, бу ҳолда минимал радиус маркази штрихланган соҳада бўлиши керак ва қуйидаги талабни ҳам қаноатлантириши шарт:

$$(R_{\text{min}}) \geq \frac{r_{\text{рол}}}{0,4\mu_s}$$

бу ерда:  $\mu_s$ — узунлик масштаби.

Бу ҳолда кулачок минимал радиусли  $R_{\text{min}}$  нинг қийматини аниқлаш мақсадида турткичнинг пастки вазияти  $B_0$  нуқтани марказ қилиб,

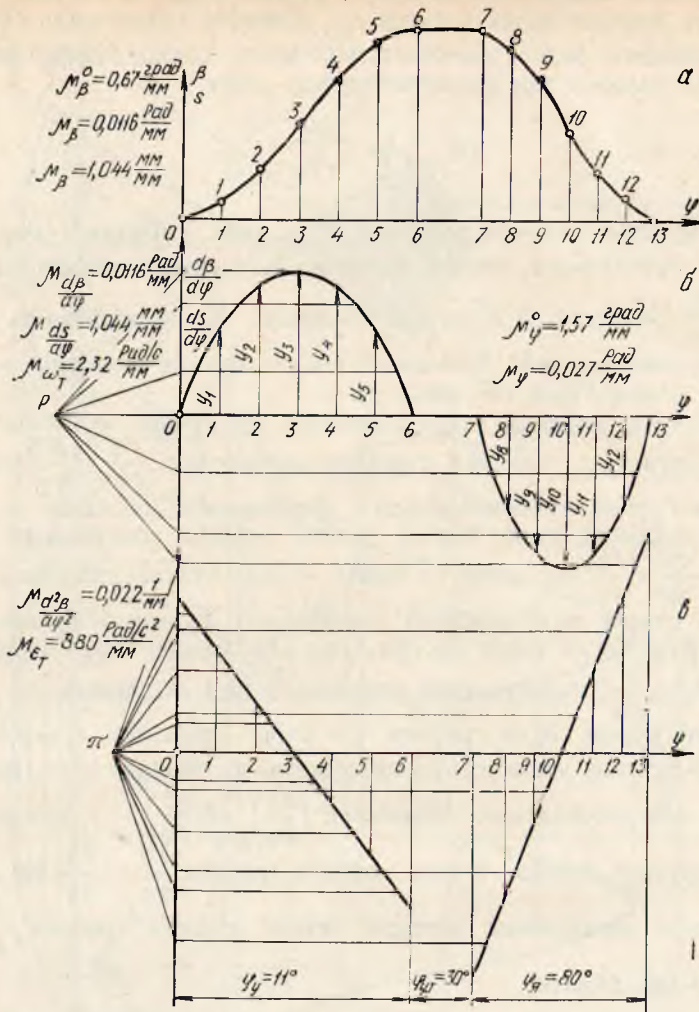
$(R) = \frac{r_{\text{рол}}}{0,4\mu_s}$  радиусли ёй бўлагини ўтказамиз. Кулачок айланиш марказининг геометрик ўрни ўтказилган ёйнинг пастки томонидаги штрихланган соҳада ётади (87-шакл, е).

2. Турткичи тебранма ҳаракатланувчи кулачокли механизм (77-шакл, б) учун  $R_{\text{min}}$  қуйидаги тартибда аниқланади.  $\frac{d^2\beta}{d\varphi^2} = \frac{d^2\beta}{d\varphi^2}(\varphi)$  кўринишдаги бурчак тезланиш аналогн диаграммаси (88-шакл, в) график интегралланиб, ундан бурчак тезлик аналогн диаграммаси (88-шакл, б)  $\frac{d\beta}{d\varphi} = \frac{d\beta}{d\varphi}(\varphi)$  ҳосил қилинади. Ҳосил бўлган диаграмма яна бир марта график интегралланиб, турткичнинг бурчак йўли диаграммаси  $\beta = \beta(\varphi)$  ҳосил қилинади (88-шакл, а). Бунда тезлик қутб масофаси  $H_1 = \frac{1}{\mu_\beta}$  нисбатга кўра аниқланади (5-§ га қаранг).

Турткич бурчак йўли графиги  $\beta = \beta(\varphi)$  муносабат  $s_i = \beta_i l_T$  га кўра ( $l_T$  — турткич узунлиги) ролик марказининг чизиқли йўли графиги  $S = S(\varphi)$  ҳам ҳисобланади. Бинобарин  $\left(\frac{dS}{d\varphi}\right)_i = \left(\frac{d\beta}{d\varphi}\right)_i \cdot l_T$  муносабатга кўра турткич бурчак тезлик аналогн графиги  $\frac{d\beta}{d\varphi} = \frac{d\beta}{d\varphi}(\varphi)$  айни вақтда ролик марказининг чизиқли тезлик аналогн графиги  $\frac{dS}{d\varphi} = \frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$  ҳам бўлади.

Биз кулачокнинг минимал радиуси  $R_{\text{min}}$  ни аниқлаш учун йўлнинг тезлик аналогига боғлиқ диаграммаси  $S = S\left(\frac{dS}{d\varphi}\right)$  ни қуришимиз керак. Бунинг учун тебранувчи турткични  $\mu_s = \mu_\beta \cdot l_T$  ифодага биноан аниқланадиган масштаб коэффициентига кўра ( $O_3B$ ) кесма тарзида чизамиз (88-шакл, г)  $O_3$  нуқта турткичнинг айланиш ўқини,  $B$  нуқта турткич учининг, яъни ролик марказининг энг пастки вазиятини ифодалайди. Турткич учининг (ролик марказининг) траекториясини  $O_3B$  радиусли ёй тарзида тасвирлаб (шаклда  $BR$  ёй), унда ролик марказининг оралиқ ҳамда чекка вазиятларини  $\beta = \beta(\varphi)$  диаграммасига (яъни  $S = S(\varphi)$  диаграммасига) мувофиқ белгилаймиз. (Ролик марказининг аниқ ҳолатларини қуриш 8-§ даги 2-мисолда кўр-

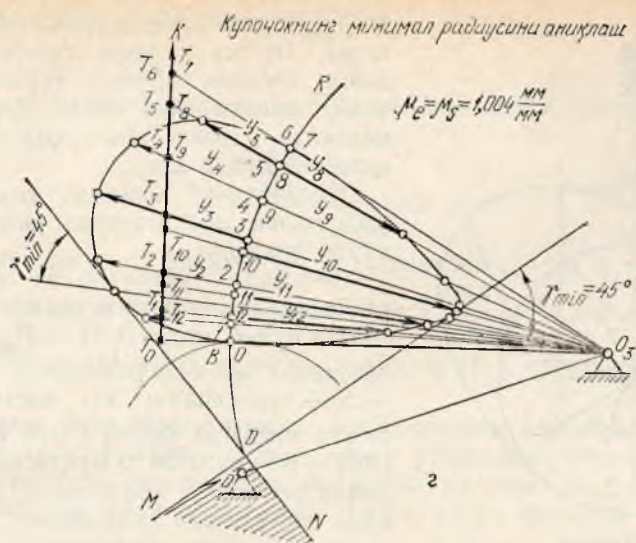
Турткичнинг харакат диаграммалари



88- шакл.

сатилган). Белгиланган ролик марказининг турли вазиятлари 1, 2, 3, ... лар турткичнинг айланиш ўқи бўлган  $O_3$  нуқта билан туташтирилиб, турткичнинг турли вазиятлари ҳосил қилинади.

Ролик марказининг вазиятлари 1, 2, 3, ... нуқталарга уларнинг тезлик аналоглари чизма қийматлари  $y_1, y_2, y_3$  ларни тезлик аналогли диаграммасидан (88-шакл, б) турткич вазиятлари  $O_3 - 1, O_3 - 2, O_3 - 3 \dots$  лар бўйлаб жойлаштирамиз. Уларнинг вектор йўналишини аниқлаш учун ролик маркази тезлигининг ҳақиқий вектор йўна-



88- шакл.

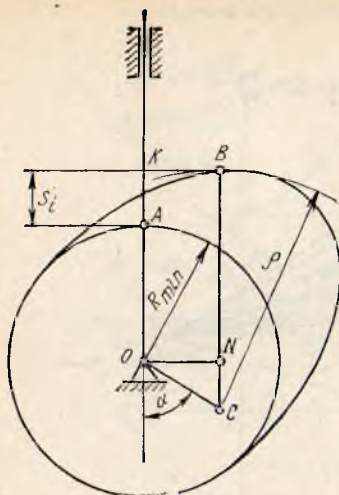
лишини кулачокнинг бурчак тезлиги  $\omega_x$  йўналиши бўйича  $90^\circ$  га буриш керак бўлади. Қурилган  $y_1, y_2, y_3$  — векторларнинг охириларини узлуксиз раван эгри чизиқ билан туташтириб тезлик аналогининг вазиятга боғлиқлик диаграммаси  $S = S \left( \frac{dS}{d\varphi} \right)$  ҳосил қилинади.

Кулачокнинг минимал радиуси  $R_{min}$  ни аниқлаш учун ҳосил қилинган эгри чизиқ  $S = S \left( \frac{dS}{d\varphi} \right)$  графигининг ҳар иккала четки томонидан уринма чизиқлар ўтказамиз. Уринма чизиқлар уриниш нуқталарига туташувчи ҳамда ҳақиқий йўналиши  $90^\circ$  га бурилган тезлик аналогларини ифодаловчи  $y_i$  кесмаларнинг вектор йўналишлари билан  $\gamma_{min}$  бурчак ҳосил қилади. Уринма чизиқларнинг ўзаро кесишуvidан ҳосил бўлган штрихланган  $MDN$  соҳанинг исталган нуқтаси кулачок айланиш марказининг геометрик ўрни бўла олади.

3. Турткич асоси текис тарелкасимон бўлган ҳамда илгариламақайтма ҳаракатланувчи кулачокли механизмлар (76- шакл) учун кулачокнинг минимал радиуси  $R_{min}$  ни аниқлаш усули бошқа кўринишдаги кулачокли механизмларникидан фарқ қилади.

Турткич асоси текис тарелкасимон кулачокли механизмда босим бурчагининг қиймати ҳамма ҳолатларда ноль градусга тенг бўлади ( $\gamma = 90^\circ$ ). Шу сабабли кулачокнинг турткичга қадалиш ҳодисаси бўлмайди, яъни кулачок минимал радиусининг ҳар қандай қиймати ҳам динамик талабга жавоб бера олади.

Бундай механизмларга геометрик талаб қўйилади, яъни турткич тарелкаси механизм ҳаракати давомида кулачок профилининг сирти-



89-шакл.

даги нуқталарга доимо уринма бўлиши керак. Бу эса кулачок профилининг доимо қабариқ бўлиши кераклигини талаб қилади. Акс ҳолда кулачокли механизм ҳаракат диаграммасига мос келмаган бўлур эди.

Кулачокнинг минимал радиусини қабариқлик шартига кўра аниқлашни кўриб чиқайлик.

89-шаклда турткин асоси текис тарелкасимон кулачокли механизм тасвирланган бўлиб, унда  $(O_1A) = R_{\min}$  — кулачокнинг минимал радиусини,  $(AK) = S_i$  — турткиннинг энг пастки вазиятга нисбатан босиб ўтган йўлини,  $(BC) = \rho$  — кулачок  $B$  нуқтасининг эгрилик радиусини ифодалайди. Шаклга кўра қуйидагини аниқлаймиз:

$$(O_1A) + (AK) = (BC) - (CN) \quad (7.5)$$

ёки

$$R_{\min} + S_i = \rho - (OC) \cos \alpha,$$

бундан

$$S_i = \rho - (OC) \cos \alpha - R_{\min}. \quad (7.6)$$

Тенглама (7.6) ни кулачокнинг бурилиш бурчаги  $\varphi$  га кўра икки марта кетма-кет дифференциалласак, тезлик ва тезланиш аналогларини ҳосил қиламиз.

Тезлик аналог:

$$\frac{dS_i}{d\varphi} = (OC) \sin \alpha, \quad (7.7)$$

Тезланиш аналог:

$$\frac{d^2S}{d\varphi^2} = (OC) \cos \alpha.$$

Формула (7.6) га эътибор берсак, ундаги  $(OC) \cos \alpha$  тезланиш аналогининг ўзи экан. Формула (7.6) ни қуйидагича янгидан ёзамиз:

$$S_i + R_{\min} + \frac{d^2S}{d\varphi^2} = \rho > 0.$$

Дарҳақиқат,  $\rho > 0$  бўлиши шарт. Акс ҳолда кулачок қабариқ бўлмаган бўлур эди. Бунда қуйидаги тенгсизлик ўринли бўлади:

$$S_i + R_{\min} + \frac{d^2S}{d\varphi^2} > 0. \quad (7.8)$$

Формула (7.8) да

$$R_{\min} + S_i > -\frac{d^2S}{d\varphi^2} \quad (7.9)$$

бўлади.

(7.9) нинг иккала томони  $R_{\min} + S_i$  га бўлсак:

$$\frac{-\frac{d^2S}{d\varphi^2}}{R_{\min} + S_i} < 1 \text{ келиб чиқади. } \operatorname{tg} 45^\circ = 1 \text{ эканлигини ҳисобга олсак:}$$

$$\frac{-\frac{d^2S}{d\varphi^2}}{R_{\min} + S_i} < \operatorname{tg} 45^\circ \quad (7.10)$$

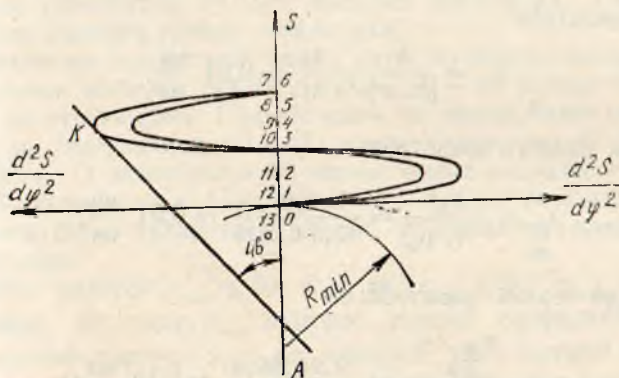
Кулачокнинг минимал радиуси  $R_{\min}$  ни аниқлаш учун йўлнинг тезланиш аналогига боғлиқ диаграммаси  $S = S\left(\frac{d^2S}{d\varphi^2}\right)$  бир хил масштабда қурилади (90- шакл) яъни,  $\mu_S = \mu \frac{d^2S}{d\varphi^2}$  бўлади (5- § га қаранг).

Диаграмма эгри чизиғига унинг чап томонидан вертикал ўқ билан  $45^\circ$  бурчак ҳосил қилувчи уринма чизиқ ўтказилади. Уринма чизиқнинг чап томонида олинган исталган нуқта кулачок айланиш марказининг геометрик ўрни бўла олади. Чунки қабул қилинган нуқтадан  $S = S\left(\frac{d^2S}{d\varphi^2}\right)$  диаграммасининг чап томонига ўтказилган уринма вертикал ўқ билан  $45^\circ$  дан кичик бурчак ҳосил қилади.

Агар эксцентриситет  $e$  нинг қиймати нолга тенг бўлса, кулачок айланиш марказини турткич ўқ чизиғида унинг уринма чизиқ билан кесилиш нуқтаси  $O'$  дан 5 ... 10 мм пастроқда олиш керак (90- шакл).

1-мисол. Қуйидаги келтирилган параметрларнинг қийматларига кўра ички ёнув двигатели учун кулачокли механизм динамик лойиҳалансин.

Турткич йўли  $h = 10$  мм, турткич ўқининг кулачок марказидан сийгиш масофаси  $e = 3$  мм, кулачокнинг фаза бурчаклари:  $\varphi_y = 50^\circ$ ,  $\varphi_{yT} = 25^\circ$ ,  $\varphi_{yA} = 50^\circ$ ; босим бурчагининг рухсат этилган қиймати  $\alpha_{рух} = 30^\circ$ , турткичнинг  $\frac{d^2S}{d\tau^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}$  ( $\varphi$ ) кўринишдаги ҳаракат қонуни. (78-



90- шакл.



шаклга қаранг). Кулачокнинг айланишлар сони  $n_K = 2000 \frac{\text{айл.}}{\text{мин}}$ .

**Ечиш.** 1. (75- шакл, б) да тасвирланган кулачокли механизм схемасини лойиҳалаш учун қабул қиламиз.

Кулачокнинг бурчак тезлиги:

$$\omega_K = \frac{\pi \cdot n_K}{30} = \frac{3,1416 \cdot 2000}{30} = 209,2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Кулачокнинг иш бурчаги:

$$\varphi_{\text{иш}} = \varphi_{\text{У}} + \varphi_{\text{У.Т}} + \varphi_{\text{Я}} = 50^\circ + 25^\circ + 50^\circ = 125^\circ.$$

Қоғоз сатҳини ҳисобга олган ҳолда кулачок профили иш бурчагининг чизмадаги ифодасини  $\varphi_{\text{иш}} = 125$  мм деб қабул қиламиз: (87-шакл, в). У ҳолда градусда ифодаланган бурчак масштаби:

$$\mu_\varphi^\circ = \frac{125^\circ}{125 \text{ мм}} = 1 \frac{\text{град}}{\text{мм}}$$

бўлади.

Мисолимизда  $\mu_\varphi^\circ = 1 \frac{\text{град}}{\text{мм}}$  бўлгани сабабли тезлик аналоги диаграммаси қутб масофасини  $H_1 = 57,3$  мм деб қабул қиламиз. Тезланиш аналоги диаграммаси қутб масофаси  $H_2$  эса ихтиёрий танланади. Бизда  $H_2 = 25$  мм қабул қилинган.

Тезланиш диаграммаси бўлган  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}$  ( $\varphi$ ) кўринишдаги ҳаракат қонуни — синусоида эгри чизигини 79-шаклда тасвирланган кўрсатмага асосан қураимиз. Қурилган тезланиш диаграммасини икки марта кетма-кет график усулда интеграллаб, тезлик ва йўл диаграммаларини ҳосил қиламиз (4-§ га қаранг).

Диаграммалар учун масштабларни аниқлаймиз:

1) радианда ифодаланган бурчак масштаби:

$$\mu_\varphi = \mu_\varphi^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 1 \frac{\text{град}}{\text{мм}} \cdot 0,0175 = 0,0175 \frac{1}{\text{мм}};$$

2) йўл масштаби:

$$\mu_S = \frac{h}{(6-6')} = \frac{10}{11} = 0,91 \frac{\text{мм}}{\text{мм}};$$

3) тезлик аналоги масштаби:

$$\mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \frac{\mu_S}{H_1 \cdot \mu_\varphi} = \frac{0,91}{57,3 \cdot 0,0175} = 0,91 \frac{\text{мм}}{\text{мм}};$$

4) ҳақиқий тезлик масштаби:

$$\mu_v = \frac{\mu_{\frac{ds}{d\varphi}} \cdot \omega_K}{1000} = \frac{0,91 \cdot 209,2}{1000} \approx 0,19 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}};$$

5) тезланиш аналогн масштаби:

$$\mu \frac{d^2 S}{d\varphi^2} = \frac{\mu dS}{H_2 \cdot \mu \varphi} = \frac{0,91}{25 \cdot 0,0175} = 2,08 \frac{\text{мм}}{\text{мм}};$$

6) ҳақиқий тезланиш масштаби:

$$\mu_a = \frac{\mu d^2 S \cdot \omega_K^2}{1000} = 2,08 \frac{(209,2)^2}{1000} = 91,03 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}$$

2. Кулачокнинг динамик талабга жавоб берувчи минимал радиуси қийматини аниқлаш учун йўл  $S$  нинг тезлик аналогн  $\frac{dS}{d\varphi}$  га боғлиқ

диаграммаси қурилди (87-шакл,  $e$ )  $S = S\left(\frac{dS}{d\varphi}\right)$  диаграммасини қуриш ва ҳосил бўлган диаграммага кўра кулачокнинг минимал радиуси  $R_{\min}$  ни аниқлаш 8.1-§ да тушунтирилган тартибда амалга оширилади.

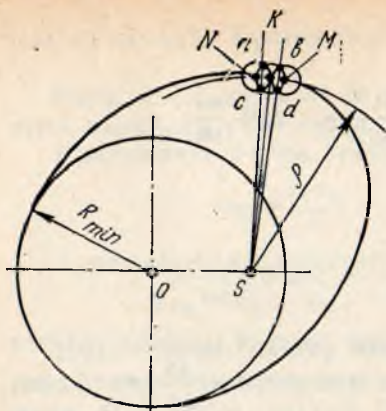
3. Кулачок профилнн ҳосил қиламиз. Бунинг учун турткичнинг асосий вазиятидаги турткич учининг ҳолатлари 1, 2, 3, ... ларни белгилаймиз. (83-шакл.). Кулачокнинг айланиш ўқи  $O$  турткич ўқи чизигидан  $e$  масофада ўнг томонда жойлашади.  $O$  нуқтани марказ қилиб олган ҳолда  $R_{\min} = (OA_0)$  радиус билан айлана ўтказамиз.

Кулачок соат стрелкаси йўналишида ҳаракатланади деб қараймиз ва бутун системага (чизма текислигига) кулачок йўналишига қарама-қарши ҳаракат берамиз. Бунда кулачок айланишдан тўхтайтиди ва турткич илгариллама, қайтма ҳаракат қилишдан ташқари яна кулачокнинг айланиш ўқи атрофида ҳам айланма ҳаракат қила бошлайди.

Турткичнинг кулачок атрофида айланма ҳаракати йўналиши бўйича  $\varphi_y = 50^\circ$ ,  $\varphi_{ym} = 25^\circ$ ,  $\varphi_j = 50^\circ$  бурчакларни белгилаймиз ва турткичнинг  $\varphi_y$  бурчакка бурилиш давридаги бир-бири билан тенг бурчак ташкил этувчи 6 вазиятни ва  $\varphi_j =$  бурчакка бурилиш даврида яна бир-бири билан тенг бурчак ташкил этувчи 6 вазиятини белгилаймиз. Турткич ўқи ҳамма вазиятларда кулачок айланиш марказидан  $e$  радиус билан ўтказилган айланана уринма жойлашади.

Кулачокнинг профилннн чизиш учун қуйидаги ишларни бажарамиз: Кулачок айланиш ўқи  $O$  нуқтадан ( $O-1$ ) радиус билан ёй ўтказамиз ва турткичнинг  $I$  вазиятидаги ўқ чизиғи билан кесишиш нуқтаси  $A_1$  ни белгилаймиз. ( $O-2$ ) радиус билан яна ёй ўтказамиз ва турткичнинг  $II$  вазиятидаги ўқ чизиғи билан кесишиш нуқтаси  $A_2$  ни белгилаймиз ва ҳоказо. Аниқланган  $A_1, A_2 \dots$  нуқталарни узлуксиз бири чизиқ билан туташтириб чиқсак, кулачокнинг назарий профилнн ҳосил бўлади.

Ролик радиуси  $r_{\text{рол}} \leq 0,4 R_{\min}$  ва  $r_{\text{рол}} \leq 0,7 \rho_{\min}$  шартга кўра танланади. Бу ерда  $\rho_{\min}$  кулачок назарий профилнннинг энг эгри қисми эгрилик радиуси  $\rho_{\min}$  ни аниқлаш учун назарий профилнннинг бири қисмига радиуси 4 ... 6 мм оралиқда бўлган ва чизиклари бир-



91- шакл.

бирининг айланиш марказидан ўтувчи 3 та айлана ўтказамиз (91-шакл) ва уларнинг ўзаро кесишиш нуқтасини  $a, b, d, c$  ҳарфлар билан белгилаймиз. Сўнгра  $a$  ва  $c$  дан ҳамда  $b$  ва  $d$  нуқталардан ўтувчи нурлар ўтказамиз. Бу нурларнинг ўзаро кесишиш нуқтаси  $S$  — эгри чизик  $k$  нуқтасининг эгрилик маркази бўлади.

$k$  нуқтадан  $s$  нуқтагача бўлган масофа назарий профилъ  $k$  нуқтасининг эгрилик радиуси бўлади:  $\rho = (s k)$ .

Назарий профилининг иш бурчакгига мос келувчи қисмида ҳар 2... 3 мм масофада олинган нуқталарни айланиш маркази қилиб, ролик радиуси  $r_{ролик}$  билан ёй бўлақларини ўтказамиз.

Уларга ички томондан умумий уринма эгри чизик ўтказсак, назарий профилга эквидистант бўлган профилъ — иш профили ҳосил бўлади.

**2- мисол.** Қуйида келтирилган параметрлар қийматларига кўра кўндаланг рандалаш станогининг турткичи тебранма ҳаракат қилувчи кулачокли механизми динамик лойиҳалансин.

Турткичининг максимал оғиш бурчаги  $\beta_{max} = 30^\circ$ ; кулачокнинг фаза бурчаклари:  $\varphi_y = 110^\circ$ ,  $\varphi_{y.T} = 30^\circ$ ,  $\varphi_{я} = 80^\circ$  турткичининг узунлиги  $l_T = 0,09$  м, босим бурчагининг рухсат этилган қиймати  $\alpha = 45^\circ$ , турткичининг  $\frac{d^2 \beta}{d \varphi^2} = \frac{d^2 \beta}{d \varphi^2}$  ( $\varphi$ ) кўринишдаги ҳаракат қонуни —  $B$  (78-шаклга қаранг.) Кулачокнинг бурчак тезлиги:  $\omega_K = 200 \frac{рад}{с}$ .

**Ечиш.** 1.  $\frac{d^2 \beta}{d \varphi^2} = \frac{d^2 \beta}{d \varphi^2}$  ( $\varphi$ ) диаграммасини чизишда (88-шакл  $\theta$ ) кулачок иш бурчагининг чизмадаги ифодасини  $\varphi_{иш} = 140$  мм қабул қиламиз. Қурилган бурчак тезланиш аналоги диаграммасини икки марта кетма-кет график усулида интеграллаб, бурчак тезлик ва бурчак йўли диаграммасини ҳосил қиламиз (88-шакл,  $b, a, 4$ -§ га қаранг.)

Диаграммалар учун масштабларни аниқлаймиз:

1) градусда ифодаланган турткичининг бурчак йўли масштаби

$$\mu_\beta^\circ = \frac{\beta_{max}^\circ}{(\beta_{max})} = \frac{30^\circ}{45 \text{ мм}} \approx 0,67 \frac{\text{град}}{\text{мм}}$$

2) радианда ифодаланган турткичининг бурчак йўли масштаби

$$\mu_\beta = \mu_\beta^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 0,0116 \frac{\text{рад}}{\text{мм}}$$

3) турткич учининг (ролик марказининг) ҳақиқий йўл масштаби

$$\mu_S = \mu_\beta \cdot l_T = 0,0116 \frac{1}{\text{мм}} \cdot 90 \text{ мм} = 1,044 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$$

4) кулачокнинг иш бурчаги масштаби:

а) градусдаги ифодаси

$$\mu_{\varphi}^{\circ} = \frac{\varphi_{\text{иш}}^{\circ}}{(\varphi_{\text{иш}})} = \frac{220}{140 \text{ мм}} = 1,57 \frac{\text{град}}{\text{мм}}$$

б) радиандаги ифодаси

$$\mu_{\varphi} = \mu_{\varphi}^{\circ} \cdot \frac{\pi}{180^{\circ}} = 0,027 \frac{\text{рад}}{\text{мм}}$$

бу ерда,  $\varphi_{\text{иш}} = \varphi_{\text{у}} + \varphi_{\text{у.т}} + \varphi_{\text{я}} = 110^{\circ} + 30^{\circ} + 80^{\circ} = 220^{\circ}$  бўлади.

$\varphi_{\text{иш}} = (0-13)$  — абсцисса ўқидан ўлчаб олинади;

5) турткичнинг бурчак тезлик аналоги масштаби

$$\mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} = \frac{\mu_{\beta}}{H_1 \cdot \mu_{\varphi}} = \frac{0,0116}{37 \cdot 0,027} = 0,0116 \frac{1}{\text{мм}}$$

6) ролик марказининг чизиқли тезлик аналоги масштаби

$$\mu_{ds} = \mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} \cdot l_T = 1,044 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$$

7) турткичнинг бурчак тезлик масштаби

$$\mu_{\omega_T} = \mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} \cdot \omega_{\kappa} = 0,0116 \cdot 200 = 2,32 \frac{\text{рад/с}}{\text{мм}}$$

8) турткич учининг (ролик марказининг) чизиқли тезлик масштаби

$$\mu_v = \frac{\mu_{\omega_T} \cdot l_T}{1000} = \frac{2,32 \cdot 90}{1000} = 0,209 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}}$$

9) турткичнинг бурчак тезланиш аналоги масштаби

$$\mu_{\frac{d^2\beta}{d\varphi^2}} = \frac{\mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}}}{H_2 \cdot \mu_{\varphi}} = \frac{0,0116}{20 \cdot 0,027} = 0,022 \frac{1}{\text{мм}}$$

10) ролик марказининг чизиқли тезланиш аналоги масштаби

$$\mu_{ds^2} = \mu_{\frac{d^2\beta}{d\varphi^2}} \cdot l_T = 0,022 \cdot 90 = 1,98 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$$

11) турткичнинг бурчак тезланиш масштаби

$$\mu_{\varepsilon_T} = \mu_{\frac{d^2\beta}{d\varphi^2}} \cdot \omega_{\kappa}^2 = 0,022 \cdot (200)^2 = 880 \frac{\text{рад/с}^2}{\text{мм}}$$

12) ролик марказининг тангенциал тезланиш масштаби

$$\mu_a = \frac{\mu_{\varepsilon_T} \cdot l_T}{1000} = \frac{880 \cdot 90}{1000} = 79,2 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}$$

Биз йўл ва тезлик аналоглари масштаб коэффициентларининг

Ўзаро тенг бўлиш шартидан тезлик аналогни қутб масофасини қуйидаги усулда аниқлаймиз (5-§ га қаранг).

$$H_1 = \frac{1}{\mu \varphi} = \frac{1}{0,027} \approx 37 \text{ мм.}$$

2. Кулачокнинг минимал радиусини аниқлаш учун ролик марказининг йўли  $S$  ва унинг тезлик аналогининг  $\frac{ds}{d\varphi}$  нинг ўзаро боғлиқлик диаграммаси қурилади (88-шакл,  $\varepsilon$ ) Бунинг учун эса аввало ролик марказининг аниқ вазиятлари  $\beta = \beta(\varphi)$  диаграммасига мувофиқ равишда аниқланиши лозим.

Буни қуйидаги тартибда бажарамиз:

1) турткичнинг энг пастки вазияти  $O_3 B$  ни  $\mu_r = \mu_p = 1,044 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$  масштабда қураамиз.

2) ролик маркази  $B$  нуқтанинг траектория чизиғини  $O_3 B$  радиусли ёй тарзида чизамиз.

3) турткичнинг пастки вазияти  $O_3 B$  га нисбатан унинг турли вазиятларидаги оғиш бурчаклари  $\beta_i^\circ$  ларни ҳисоблаймиз. Улар бурчак йўли диаграммаси  $\beta = \beta(\varphi)$  даги (88-шакл,  $a$ ) турли вазиятлар ордината қийматларининг бурчак масштаби  $\mu_\beta^\circ = 0,67 \frac{\text{град}}{\text{мм}}$  га кўпайтмасидан аниқланади. Ҳисоблаш натижалари:

$$\beta_1^\circ = \mu_\beta^\circ \cdot (1 - 1) = 0,67 \cdot 4,1 = 2^\circ 43' 50'';$$

$$\beta_2^\circ = \mu_\beta^\circ \cdot (2 - 2) = 0,6712 = 8,11^\circ = 8^\circ 6';$$

$$\beta_3^\circ = \mu_\beta^\circ \cdot (3 - 3) = 0,67 \cdot 23 = 15,3^\circ \approx 15^\circ 19' 48'';$$

$$\beta_4^\circ = \mu_\beta^\circ \cdot (4 - 4) = 0,67 \cdot 33 = 22^\circ;$$

$$\beta_5^\circ = \mu_\beta^\circ \cdot (5 - 5) = 0,67 \cdot 41 = 27,33^\circ = 27^\circ 20';$$

$$\beta_6^\circ = \mu_\beta^\circ \cdot (6 - 6) = 0,67 \cdot 45 = 30^\circ;$$

$$\beta_7^\circ = \beta_6^\circ = 30^\circ;$$

$$\beta_8^\circ = \mu_\beta^\circ \cdot (8 - 8) = 0,67 \cdot 41 = 27^\circ \cdot 20';$$

$$\beta_9^\circ = \mu_\beta^\circ \cdot (9 - 9) = 0,67 \cdot 33 = 22^\circ;$$

$$\beta_{10}^\circ = \mu_\beta^\circ \cdot (10 - 10) = 0,67 \cdot 21 = 14^\circ;$$

$$\beta_{11}^\circ = \mu_\beta^\circ \cdot (11 - 11) = 0,67 \cdot 11 = 7,3^\circ \approx 7^\circ 20';$$

$$\beta_{12}^\circ = \mu_\beta^\circ \cdot (12 - 12) = 0,67 \cdot 5 = 3,33^\circ \approx 3^\circ \cdot 20';$$

$$\beta_{13}^\circ = \mu_\beta^\circ \cdot 0 = 0.$$

4) турткичнинг асосий пастки вазиятидаги  $O_3$  нуқтадан бошлаб 100 мм масофадаги  $T_0$  нуқтани белгилаймиз (88-шакл,  $\varepsilon$ ).  $T_0$  нуқтадан  $O_3 - T_0$  чизиққа перпендикуляр бўлган  $T_0 - K$  чизиқни ўтказамиз

ва унда  $T_1, T_2, T_3, \dots, T_{13}$  нуқталарни қуйидаги ифодага кўра белгилаймиз:

$$(T_0 - T_i) = (O_3 - T_0) \operatorname{tg} \beta_i.$$

Ҳисоблаш натижалари:

$$(T_0 - T_1) = 100 \cdot \operatorname{tg} 2^\circ 44' = 4,78 \text{ мм};$$

$$(T_0 - T_2) = 100 \cdot \operatorname{tg} 8^\circ 6' = 14,23 \text{ мм};$$

$$(T_0 - T_3) = 100 \cdot \operatorname{tg} 15^\circ 20' = 27,42 \text{ мм};$$

$$(T_0 - T_4) = 100 \cdot \operatorname{tg} 22^\circ = 40,4 \text{ мм};$$

$$(T_0 - T_5) = 100 \cdot \operatorname{tg} 27^\circ 20' = 51,91 \text{ мм};$$

$$(T_0 - T_6) = 100 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 57,74 \text{ мм};$$

$$(T_0 - T_7) = (T_0 - T_6) = 57,74 \text{ мм};$$

$$T_0 - T_8 = 100 \cdot \operatorname{tg} 27^\circ 20' = 51,91 \text{ мм};$$

$$T_0 - T_9 = 100 \cdot \operatorname{tg} 22^\circ = 40,4 \text{ мм};$$

$$T_0 - T_{10} = 100 \cdot \operatorname{tg} 14^\circ = 24,93 \text{ мм};$$

$$T_0 - T_{11} = 100 \cdot \operatorname{tg} 7^\circ 20' = 17,87 \text{ мм};$$

$$T_0 - T_{12} = 100 \cdot \operatorname{tg} 3^\circ 20' = 5,83 \text{ мм};$$

$$T_0 - T_{13} = 100 \cdot \operatorname{tg} 0^\circ = 0 \text{ мм}.$$

Аниқланган  $T_1, T_2, T_3, \dots$  нуқталарни  $O_3$  нуқта билан тўғри чизиқлар орқали туташтириш натижасида турткичнинг турли вазиятлари ҳосил қилинади. Уларнинг  $O_3 B$  радиусли ёй билан кесишиш нуқталари 1, 2, 3 ... ролик марказининг турли вазиятлари бўлади.

5) Ролик маркази траекториясида аниқланган 1, 2, 3 ... нуқталарга айна нуқталар тезлик аналогларининг чизма ўлчамларини  $\frac{ds}{d\varphi} =$

$\frac{ds}{d\varphi}$  (ф) диаграммасидан ўлчаб қўйиб, турткич ўқ чизиқлари бўйлаб жойлаймиз. Келтирилган тезлик аналоглари векторларининг йўналиши ҳақиқий тезлик векторлари йўналишини кулачок бурчак тезлиги йўналиши бўйича  $90^\circ$  га буриш натижасида аниқланади. Келтириб қурилган тезлик аналоглари векторларининг охирилари узлуксиз равишда лекало эгри чизиғи билан туташтириб, тезлик аналогининг йўли боғлиқ диаграммаси  $S = S\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$  ни ҳосил қиламиз.

Ҳаракатни узатиш бурчаги  $\gamma_{\min}$  ни аниқлаймиз:

$$\gamma_{\min} = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ.$$

Ҳосил бўлган диаграмма  $S = S\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$  ёпиқ эгри чизиғининг ҳар икки томонидан уринмалар ўтказамиз. Улар уриниш нуқталаридан ўтувчи турткичнинг вазият чизиқлари билан  $\gamma_{\min} = 45^\circ$  бурчак ҳосил қилинади. Уринма чизиқларнинг ўзаро кесишишидан ҳосил бўлган штрихланган соҳа  $MDN$  ичида олинган  $O_1$  нуқта кулачок айланиш ўқининг геометрик ўрни бўлади, яъни  $R_{\min} = O_1 B$ .

Кулачокни соат стрелкасига тескари йўналишда  $\omega_k$  бурчак тезлик билан айланма ҳаракат қилади деб қараб, системага (чизма текислиги-га) қиймати—  $\omega_k$  бўлган ва  $O$  нуқта атрофида айланувчи бурчак тезлик берамиз. Бунда кулачок ҳаракатдан тўхтайтиди ва турткич  $O_3$  нуқта атрофида тебранма ҳаракат қилишдан ташқари  $O_3$  нуқтанинг ўзи ҳам кулачок ўқи атрофида—  $\omega_k$  бурчак тезлик билан  $l_{AO}$  радиусли доира чизиқ бўйлаб ҳаракатга тушади. (85- шакл).

Турткич ўқи  $O$  ни кулачок айланиш маркази  $A$  билан туташтирувчи нур ўтказамиз ва бу нурдан—  $\omega_k$  йўналишида кулачокнинг фаза бурчакларига тиралиб турувчи ёй бўлақларини ажратиб, уларнинг  $\varphi_y$  ва  $\varphi_x$  бурчакларга тиралиб турувчи қисмларининг ҳар бирини тенг  $6$  бўлақка бўламиз. Натижада турткич ўқи  $O$  нуқтанинг нисбий ҳаракатдаги вазиятлари  $1, 2, 3 \dots$  ни ҳосил қиламиз.

Кулачок профилини келтириб чиқариш учун кулачок маркази  $A_1$  нуқтадан ролик марказининг турли вазиятларигача бўлган масофаларни радиус қилиб олган ҳолда ёйлар ўтказамиз. Айни вақтда турткич узунлиги бўлган ( $OB$ ) кесмани радиус қилиб,  $A$  нуқтанинг нисбий ҳаракатдаги турли вазиятларини марказ қилиб олган ҳолда ёйлар ўтказамиз. Ўтказилган ёйларнинг мос равишда қесишувидан ҳосил бўлган нуқта  $B_1, B_2, B_3 \dots$  ролик марказининг нисбий ҳаракатдаги вазиятларини билдиради. Уларни раvon эгри чизиқ орқали туташтириш натижасида кулачокнинг назарий профилини ҳосил қиламиз.

Ролик радиусини аниқлаш ва кулачокнинг иш профилини чизиш 6- § да кўрсатилганидек амалга оширилади.

3- мисол. Қуйида келтирилган параметрлар қийматларига кўра мой насосининг кулачокли механизми кулачоғининг минимал радиуси  $R_{\min}$  аниқлансин. Кулачокли механизм марказий бўлиб, турткич асоси текис тарелкасимон кўринишга эга.

Берилганлар: турткич йўли  $h = 12$  мм, кулачокнинг иш бурчаги  $\varphi_{\text{иш}} = 330^\circ$ , ҳаракатни узатиш бурчаги  $\gamma_{\min} = 90^\circ$ ,  $\frac{d^2 s}{d \varphi^2} = \frac{d^2 s}{d \varphi^2} (\varphi)$  кўринишдаги турткичнинг ҳаракат қонуни—  $A$  (78- шаклга қаранг).

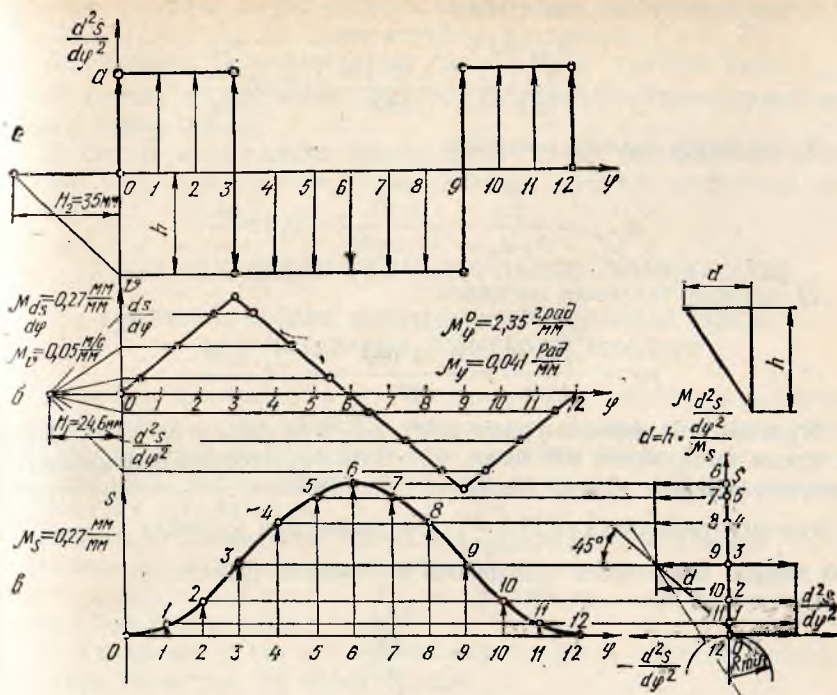
Кулачокнинг бурчак тезлиги  $\omega_k = 188 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

Ечиш. 76- шаклда тасвирланган кулачокли механизм схемаси лойиҳалаш учун қабул қилинади. Кулачокнинг фаза бурчаклари унинг ишлаш шароити ҳисобга олинган ҳолда белгиланади. Баъзи мулоҳазаларга асосан кулачокнинг узоқлашув ва яқинлашув бурчакларини ўзаро тенг қилиб олган ҳолда, фаза бурчакларни қуйидагича қабул қиламиз:

$$\varphi_y = 165^\circ, \varphi_x = 165^\circ, \varphi_{y \cdot \tau} = 0^\circ,$$

$$\text{яъни } \varphi_{\text{иш}} = \varphi_y + \varphi_{y \cdot \tau} + \varphi_x = 165^\circ + 0^\circ + 165^\circ = 330^\circ.$$

Чизма кўламини ҳисобга олган ҳолда кулачок иш бурчагининг чизма ифодасини  $\varphi_{\text{иш}} = 140$  мм қабул қилиб, тезланиш аналоги диаграммаси  $\frac{d^2 s}{d \varphi^2} = \frac{d^2 s}{d \varphi^2} (\varphi)$  ни қурамиз (92- шакл, а). Сўнгра уни график интеграллаб, тезлик аналоги диаграммаси  $\frac{ds}{d \varphi} = \frac{ds}{d \varphi} (\varphi)$  ни ҳосил қиламиз



92- шакл.

(92-шакл, б). Ҳосил бўлган диаграммани яна бир марта интеграллаб, йўл диаграммаси  $S = S(\varphi)$  ни қўрамиз (92-шакл, в).

Диаграммалар учун масштаб коэффициентларини аниқлаймиз:

1) градусда ифодаланган бурчак масштаби

$$\mu_{\varphi}^{\circ} = \frac{\varphi_{\text{иш}}^{\circ}}{(1-12)} = \frac{330^{\circ}}{140 \text{ мм}} = 2,35 \frac{\text{град}}{\text{мм}}$$

2) радианда ифодаланган бурчак масштаби

$$\mu_{\varphi} = \mu_{\varphi}^{\circ} \cdot \frac{\pi}{180^{\circ}} = 0,041 \frac{\text{рад}}{\text{мм}}$$

3) йўл масштаби

$$\mu_s = \frac{h}{(6-6)} = \frac{12 \text{ мм}}{45 \text{ мм}} = 0,27 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$$

бу ерда  $(6-6) = 45$  мм йўл диаграммасидаги максимал ордината қиймати,

4) тезлик аналог масштаби

$$\mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \frac{\mu_s}{H_1 \cdot \mu_{\varphi}} = \frac{0,27}{24,6 \cdot 0,041} = 0,27 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$$

5) ҳақиқий тезлик масштаби

$$\mu_v = \frac{\mu_{ds} \cdot \omega_k}{d \varphi} = \frac{0,27 \cdot 188}{1000} = 0,05 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}}$$

6) тезланиш аналоги масштаби

$$\mu_{d^2 s} = \frac{\mu_{ds}}{H_2 \cdot \mu_\varphi} = \frac{0,27}{35 \cdot 0,041} = 0,19 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$$

7) ҳақиқий тезланиш масштаби

$$\mu_d = \frac{\mu_{d^2 s} \cdot \omega_k^2}{d \varphi^2} = \frac{0,19 \cdot 188^2}{1000} = 6,71 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}$$

Кулачокнинг минимал радиусини 8.3-§ да баён этилган кўрсатмага асосан аниқлаймиз (92-шакл, ε). Бизнинг мисолимизда кинематик диаграммалардаги йўл ва тезланиш масштаблари қийматлари турлича бўлганлиги сабабли  $S = S\left(\frac{d^2 s}{d \varphi^2}\right)$  диаграммасини қуришда уларни бир хил қиймат масштабига қуйидагича келтираемиз (92-шакл):

$$d = h \cdot \frac{\mu_{d^2 s}}{\mu_s}$$

бу ерда  $h$ —тезланиш диаграммасидан олинадиган ордината ўлчами,  $d$ —унинг  $S = S\left(\frac{d^2 s}{d \varphi^2}\right)$  диаграммасига келтириладиган ўлчами.

Кулачок профилини қуйидаги тартибда чизамиз (84-шакл):

1) бирор  $O$  нуқтани кулачокнинг айланиш маркази сифатида танлаб  $R_{\min}$  радиус билан айлана ўтказамиз;

2)  $A$  нуқтадан вертикал йўналишда  $AO$  чизигини ўтказамиз ва унинг  $R_{\min}$  радиусли айлана билан кесишган нуқтасидан бошлаб юқори томонга турткич вазиятлари 1, 2, 3 ... ларни  $S = S(\varphi)$  диаграммасига мув.фиқ равишда белгилаймиз;

3) системга  $-\omega_k$  бурчак тезлик берамиз. Бунда кулачок ҳаракатдан тўхтайти ва турткич ўз ўқи бўйича илгариллама-қайтма ҳаракат қилишдан ташқари яна кулачок ўқи атрофида ҳам  $-\omega_k$  бурчак тезлиги бўйича айланма ҳаракатда бўлади.

Турткичнинг асосий вазияти  $AO$  чизигидан бошлаб  $-\omega_k$  йўналишида кулачокнинг фаза бурчаклари  $\varphi_y, \varphi_{y.T}, \varphi_x$  ларни белгилаймиз ва  $\varphi_y, \varphi_x$  бурчакларининг ҳар бирини тенг 6 бўлакка бўлувчи нурлар ўтказамиз. Сўнгра турткичнинг  $O$  ўқ атрофида айланма ҳаракати жараёнидаги вазиятларини рим рақамлари I, II, III ... билан белгилаймиз;

4) кулачокнинг айланиш маркази бўлган  $O$  нуқтадан турткичнинг турли вазиятлари I, 2, 3 ... ларгача бўлган масофаларни ифодаловчи ( $R_{\min} + S_i$ ) радиус билан ёйлар ўтказиб, ўтказилган ёйларнинг



турткич ўқининг нисбий айланма ҳаракатидаги турли вазиятлари  $I-I'$ ,  $II-2'$ ,  $III-3'$  . . . лар билан кесишиш нуқталари  $1'$ ,  $2'$ ,  $3'$ , . . . ларни белгилаймиз. Белгиланган ҳар бир нуқтадан турткич ўқига  $\gamma_{\min} = 90^\circ$  бурчак остида чизиқ ўтказиб, турткичнинг тарелкасимон асосларини тасвирлаймиз;

5) турткичнинг ҳамма вазиятларида унинг тарелкасимон асосига уриниб ўтувчи раvon эгри чизиқ ўтказиб, кулачок профилини ҳосил қиламиз.

## 8-боб. ПЛАНЕТАР РЕДУКТОРЛАРНИ ЛОЙИҲАЛАШ

### 1-§. ҒИЛДИРАКЛАРИ ЦИЛИНДРСИМОН ПЛАНЕТАР ТИШЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИ ЛОЙИҲАЛАШ АСОСЛАРИ

Айни бир хил қийматга эга бўлган узатиш нисбатини қаноатлантириш шартига кўра планетар механизмлар ўқлари қўзғалмас тишли ғилдиракли механизмларга қараганда анчагина ихчам бўлади. Бундан ташқари улар катта узатиш нисбатини ва юқори фойдали иш коэффициентини таъминлайди.

Планетар механизмни лойиҳалаш олдиндан белгиланган узатиш нисбатини қаноатлантирадиган ғилдиракларнинг тишлари сонини белгилаб олишдан бошланади. Танланган тишлар сони қуйидаги учта шартни бажариши керак:

1. Ўқларнинг устма-уст тушиш шарти; бунда марказий ғилдираклар учун геометрик ўқ ягона бўлади.

2. Қўшничилик шарти; бунда ўқлари фазода ҳаракатланадиган ғилдираклар — сателлитларнинг бир-бирига тегмасдан эркин ҳаракатлана олиши таъминланади.

3. Йиғиш шарти; бу шарт сателлит ўқларининг марказий ўққа нисбатан бир хил бурчакда жойлашувини ҳамда сателлитларнинг механизмга эркин ўрнатилишини таъминлайди.

$a_1 = a_{11}$  — ўқларнинг мос келиши шартининг математик ифодасидир.  $a_1$  ва  $a_{11}$  — механизм таркибидаги биринчи ва иккинчи узатмалар учун ўқлараро масофа.

Қўшничилик шартининг бажарилиши учун қўшни сателлитлар ўқлари орасидаги масофа иккала сателлит ташқи айланалари радиусларининг йиғиндисидан катта бўлиши керак (93-шакл).

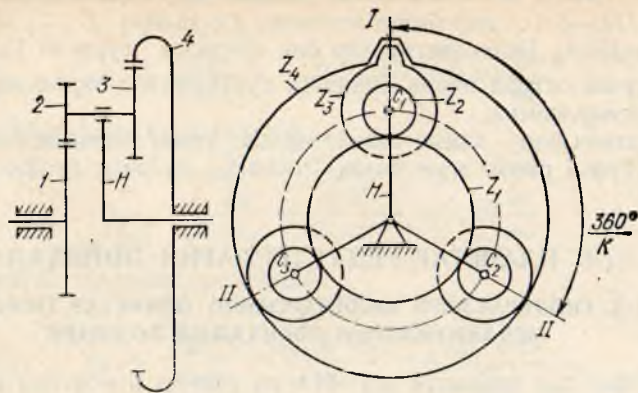
$$(C_1 C_2) > d_{a_2} (d_{a_3}),$$

бу ерда  $C_1 C_2 - C_1$  ва  $C_2$  ўқлар орасидаги масофа;  $d_{a_2} (d_{a_3})$  — иккиланган сателлитдаги катта ғилдирак ташқи айланасининг диаметри ёки:

$$\sin \frac{180^\circ}{\kappa} > \frac{z_2 (z_3) + 2h_a^*}{z_1 \pm z_2}$$

бўлади.

Агар  $z_2 > z_3$  бўлса, тенгсизликнинг ўнг томони суратида  $z_2$  ни, акинчи  $z_3 > z_2$  бўлса,  $z_3$  ни эътиборга олиш лозим. Агар илашма ташқи бўлса (93-шакл), махражда тишлар сони йиғиндиси, ички бўлса (53-шакл), уларнинг айрмаси ҳисобланади.



93- шакл.

Йиғиш шarti қуйидагича ифодаланadi:

$$\frac{z_1 \cdot U_{1H}}{k} (1 + p \cdot k) = B,$$

$k$  — сателлитлар сони;  $p$  — водилонинг тўлиқ айланишлар сони;  $B$  — ихтиёрий бутун сон.

Бу шартнинг бажарилиши шунни кўрсатадики, агар бирорта сателлит ўрнатиб олингандан сўнг (93- шакл) ўша вазиятда кейинги сателлитни ўрнатиш учун водилони қуйидаги бурчакка буриш керак бўлади:

$$\varphi_n = \frac{360^\circ}{k} (1 + p k).$$

Машина ва механизмлар назариясидан курс лойиҳасида стандарт қирувчи асбоб ёрдамида ясалувчи ҳамда бир хил модулли ноль филдираклардан йиғиладиган планетар редукторлар лойиҳаланади.

Шу сабабли планетар редукторларни ҳисоблаш учун илашиш бурчаги —  $\alpha = 20^\circ$ , тишнинг баландлик коэффиценти —  $h_a^* = 1$ , зазор коэффиценти —  $C^* = 0,25$  деб қабул қилинади.

Бунда қуйидаги шартга амал қилиш лозим:

ташқи илашиш ҳосил қилувчи филдираклар учун  $z_{\min} = 17$ ,

$z_i \geq 17$  бўлиб,  $\frac{z_i}{k}$  — бутун сон бўлсин;

ички илашма ҳосил қилувчи ташқи тишли филдираклар учун  $z_{\min} = 20$  демак,  $z_i \geq 20$ .

Ички илашма ҳосил қилувчи ҳамда тишлари ичкарида жойлашган филдираклар учун:

$$z_{\min} = 85 \text{ демак, } z_i \geq 85.$$

Ўзаро ички илашма ҳосил қилувчи ташқи ва ички тишли филдираклар тишлари сони орасидаги фарқ қуйидагича бўлиши керак.

$$z_{\text{ички}} - z_{\text{ташқи}} \geq 8.$$

2- §. БИТТАДАН ТАШҚИ ВА ИЧКИ ИЛАШМАЛИ БИР ҚАТОРЛИ ПЛАНЕТАР РЕДУКТОРНИ (ЖЕМС РЕДУКТОРИНИ) ЛОЙИХАЛАШ (50- ШАКЛ)

Бундай планетар редукторни қўйидаги параметрларга кўра лойиҳалаш талаб қилинсин.

Редукторнинг узатиш нисбати —  $u_{1n}$ , сателлитлар сони —  $\kappa$ , филдираклар учун модуль —  $m$ .

Дастлаб лойиҳалаш учун зарур бўлган керакли формулаларни ёзиб оламиз.

Берилган узатиш нисбатини аниқлаш формуласи:

$$u_{1n} = 1 + \frac{z_3}{z_1}.$$

Ўқларнинг устма-уст тушиш шarti:

$$z_1 + z_2 = z_3 - z_2, \quad z_1 + 2z_2 = z_3, \quad \frac{mz_1}{2} + 2\frac{mz_2}{2} = \frac{mz_3}{2}$$

ёки  $Z_1 + 2Z_2 = Z_3$ ,  
йиғиш шarti:

$$\frac{z_1 \cdot u_{1n}}{\kappa} (1 + p\kappa) = B,$$

қўшничилик шarti:

$$\sin \frac{180^\circ}{\kappa} > \frac{z_2 \cdot 2 \cdot h_a^*}{z_1 + z_2}.$$

Тишлар сонини белгилаш тартиби:

1) марказий филдирак тишлари сони  $Z_1$  белгиланади. У сателлитлар сони  $\kappa$  га каррали бўлишидан ташқари, қўйидаги шartни қаноатлантириши лозим  $z_1 \geq 17$  ҳамда  $\frac{z_1}{\kappa}$  — бутун сон;

2) узатиш нисбатини аниқлаш формуласидан ташқи филдирак тишлари сонини аниқлаймиз  $z_3 = (u_{1n} - 1) \cdot z_1$  ҳамда  $z_3 \geq 85$  деб белгилаймиз;

3) ўқларнинг устма-уст тушиш шartидан сателлитнинг тишлари сони аниқланади

$$z_2 = \frac{z_3 - z_1}{2};$$

4) йиғиш шarti қўйидагича текширилади

$$\frac{z_1 \cdot u_{1n}}{\kappa} (1 + p \cdot \kappa) = B,$$

қўшничилик шarti текширилади

$$\sin \frac{180^\circ}{\kappa} > \frac{z_2 + 2 \cdot h_a^*}{z_1 + z_2}.$$

Агар бирорта шart бажарилмаса,  $z_1$  қиймати янгидан белгиланиб, юқоридаги амаллар бси қатдан такрорланади.

**Мисол.** Қўйидаги параметрларнинг кўрсатилган қийматларига кўра бир қатор илашмали планетар редуктор ғилдиракларининг тишлар сони белгилансин:  $u_{1n} = 5,25$ ,  $\kappa = 3$ ,  $m = 1$  мм.

**Ечиш.** 1) Ички ғилдирак тишлар сонини сателлит сони  $\kappa = 3$  га каррала равишда танлаймиз:  $z_1 = 24$ .

2) Ташқи ғилдирак тишлари сонини аниқлаймиз:

$$z_3 = z_1 (u_{пл} - 1) = 24 \cdot (5,25 - 1) = 102.$$

Тишлари ичкарида жойлашган ғилдирак учун минимал тишлар сони  $z_{3min} \geq 85$  шарт қаноатлантирилади:  $102 > 85$ ;

3) Сателлит тишлар сонини ўқларнинг устма-уст тушиши шартига кўра аниқлаймиз.  $z_3 = z_1 + 2z_2$  ёки  $z_2 = \frac{z_3 - z_1}{2} = \frac{102 - 24}{2} = 39$ .

4) Йиғиш шартини текшираамиз:

$$\frac{24 \cdot 5,25}{3} (1 + p \cdot 3) = B$$

$$\frac{24 \cdot 5,25}{3} = B_0 = 42 \text{ бутун сон бўлгани учун } P_0 = 0 \text{ бўлади.}$$

5) Қўшничилик шартини текшираамиз:

$$\sin \frac{180^\circ}{3} > \frac{39 + 2 \cdot 1}{24 + 39}; 0,866 > 0,65.$$

Демак, тишлар сонини узил-кесил қўйидагича қабул қиламиз:

$$z_1 = 24, z_2 = 39, z_3 = 102.$$

Бунда ҳамма шартлар қаноатлантирилади, чунки:

$$z_1 : z_2 : z_3 : B = z_1 \left[ 1 : \frac{u_{1n} - 2}{2} : (u_{1n} - 1) : \frac{u_{1n}}{\kappa} (1 + p\kappa) \right]$$

### 3- §. БИТТАДАН ТАШҚИ ВА ИЧКИ ИЛАШМАЛИ ИККИ ҚАТОРЛИ ПЛАНЕТАР РЕДУКТОРНИ ЛОЙИХАЛАШ (51- шакл)

Лойиҳалаш керакли формулаларни ёзиб олишдан бошланади. Бундай редукторнинг узатиш нисбати формула (4.4) га кўра аниқланади:

$$u_{1n} = u_{пл} = 1 + \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}$$

Иккала қатор илашмаси учун модуль қийматларини ўзаро тенг қилиб олган ҳолда ( $m_{1,2} = m_{3,4}$ ) ўқларнинг устма-уст тушиш шартини кўрсатамиз:

$$r_1 + r_2 = r_4 - r_3,$$

ёки

$$z_1 + z_2 = z_4 - z_3,$$

йиғиш шarti:

$$\frac{z_1 \cdot u_{1n}}{\kappa} (1 + p \cdot \kappa) = B.$$

$z_3 > z_2$  деб фараз қилиб, қўшничилик шартини ёзамиз:

$$\sin \frac{180^\circ}{\kappa} > \frac{z_3 + 2h_a^*}{z_1 + z_3}$$

Масалани ҳал қилиш умумий кўпайтирувчилардан фойдаланиш усули билан олиб борилади. Бунинг учун узатиш нисбатини аниқлаш формуласи (4.4) дан фойдаланилган ҳолда  $\frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}$  ифода қийматини аниқлаймиз. Ҳосил қилинган қийматни тишлар сонининг қийматлари  $z_1, z_2, z_3, z_4$  га пропорционал бўлган  $A, B, C, D$  кўпайтувчилар билан алмаштирамиз. Сўнгра ўқларнинг устма-уст тушиши шартини қапоатлантириш мақсадида қавс ичида олинган кўпайтирувчиларни қабул қиламиз, яъни

$$v_{1H} - 1 = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = \frac{B \cdot D}{A \cdot C} = \frac{B(D - C)}{A(D - C)} \cdot \frac{D(A + B)}{C(A + B)}$$

Бундан кўриниб турибдики:

$$\begin{aligned} z_1 &= A(D - C) \cdot q, \\ z_2 &= B(D - C) \cdot q, \\ z_3 &= C(A + B) \cdot q, \\ z_4 &= D(A + B) \cdot q. \end{aligned}$$

Умумий кўпайтирувчи сон  $q$  шундай танланадики, ҳамма филдираклар тишлари сони бутун бўлиши ва яна қуйидаги шартлар ҳам қаноатлантирилиши керак:

$$z_1 \geq 17; z_2 \geq 17; z_3 \geq 20; z_4 \geq 85; z_4 - z_3 \geq 8.$$

Сўнгра йиғиш ва қўшничилик шартлари яна бир марта текширилади.

**Мисол.** Қуйидаги параметрларнинг кўрсатилган қийматларига кўра биттадан ташқи ва ички илашмали икки қаторли планетар редуктор учун филдиракларнинг тишлар сони белгилансин:  $u_{1H} = 13, k = 3$ .

**Ечиш.** Узатиш нисбатини аниқлаш формуласи (4.4) дан  $\frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}$  ифода қийматини аниқлаймиз:

$$\frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = 13 - 1 = 12.$$

Кўпайтирувчиларга ажратамиз:

$$\frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = \frac{4 \cdot 3}{1 \cdot 1} = \frac{3 \cdot 4}{1 \cdot 1} = \frac{B \cdot D}{A \cdot C} = \frac{B(D - C)}{A(D - C)} \cdot \frac{D \cdot (A + B)}{C \cdot (A + B)}$$

Масала ечимининг 2 хил вариантини ҳосил қилдик.

1 вариант:

$$\begin{array}{l|l} z_1 = 1 \cdot (3 - 1) = 2 & z_1 = 18 \\ z_2 = 4 \cdot (3 - 1) = 8 & z_2 = 72 \\ z_3 = 1 \cdot (1 + 4) = 5 & z_3 = 45 \\ z_4 = 3(1 + 4) = 15 & z_4 = 135 \end{array} \times 9$$

II вариант:

$$\begin{array}{l} z_1 = 1(4 - 1) = 3 \\ z_2 = 3(4 - 1) = 9 \\ z_3 = 1(1 + 3) = 4 \\ z_4 = 4(1 + 3) = 16 \end{array} \left| \times 6 \right. \begin{array}{l} z_1 = 18 \\ z_2 = 54 \\ z_3 = 24 \\ z_4 = 96 \end{array}$$

II вариантдаги тишлар сони механизмнинг ихчамроқ бўлишини таъминлайди.

Йиғиш шартига кўра текшириш:

$$\frac{z_1 \cdot u_{II}}{\kappa} (1 + p \cdot \kappa) = \frac{18 \cdot 13}{3} (1 + 3 \cdot P) = 78 \quad P = 0.$$

Қўшничилик шартига кўра текшириш.

$$\sin \frac{180^\circ}{\kappa} > \frac{z_2 + 2 \cdot h_a^*}{z_1 + z_2}; \quad \sin \frac{180^\circ}{3} > \frac{54 + 2 \cdot 1}{18 + 54} = \frac{56}{72} = 0,78$$

$$0,866 > 0,78.$$

Демак, механизмда 3 та сателлит эркин жойлашади ва ғилдиракларнинг тишлари сони қуйидагича узил-кесил танлаб олинади:

$$z_1 = 18, \quad z_2 = 54; \quad z_3 = 24; \quad z_4 = 96.$$

#### 4.8. ИККИТА ТАШҚИ ИЛАШМАЛИ ИККИ ҚАТОРЛИ ПЛАНЕТАР РЕДУКТОРНИ (ДАВИД РЕДУКТОРИНИ) ЛОЙИХАЛАШ (52- шакл).

Давид редукторлари назарий жиҳатдан исталган қийматга кўра, исталган ишорали узатиш нисбатини таъминлайди. Бундай механизмларда етакловчи звено водило бўлиши керак. Бироқ узатиш нисбати оша борган сари унинг ФИКи камая боради. Айталик узатиш нисбати 10000 бўлган бундай механизмнинг ФИКи 0,01 процент атрофида бўлади. Шу сабабли катта узатиш нисбатини таъминлайдиган бундай механизмлар катта куч узатилмайдиган ҳоллардагина қўлланилади.

Бундай механизмлар одатда қуйидаги параметрларга кўра лойиҳаланади.

1) Водилодан ғилдирак  $I$  га узатиш нисбати:  $u_{II}$ ; 2) сателлитлар сони  $\kappa$ ; 3) модуль —  $m$ . Ғилдираклар тишлари сонини танлаб олишдан олдин зарур бўлган формулалар ёзилади:

Ғилдирак  $I$  дан водилога узатиш нисбати формула (4.6) га кўра аниқланади:

$$u_{II} = a_{пл} = \frac{1}{u_{II}} = 1 - \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}.$$

Ўқларнинг устма-уст тушиши шarti  $m_{1,2} = m_{3,4}$  қабул қилинса,

$$z_1 + z_2 = z_3 + z_4 \text{ бўлади.}$$

Йиғиш шarti:

$$\frac{z_1}{\kappa \cdot u_{II}} (1 + p \cdot \kappa) = B.$$

Қўшничилик шarti

$$\sin \frac{180^\circ}{\kappa} > \frac{z_2(z_3) + 2 \cdot h_a^*}{z_1 + z_2},$$

Масалани ечиш умумий кўпайтирувчилардан фойдаланиш усули билан ҳал қилинади. Тенглама (4.6) га кўра аниқлаймиз:

$$\frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = 1 - \frac{1}{u_{H1}},$$

тишлар сонлари ўрнига уларга пропорционал бўлган умумий кўпайтирувчилардан фойдаланамиз:

$$\frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = \frac{B \cdot D}{A \cdot C}.$$

Ўқларнинг устма-уст тушиш шartига кўра тишлар сонини қуйидагича аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} z_1 &= A(D + C)q, \\ z_2 &= B(D + C)q, \\ z_3 &= C(A + B)q, \\ z_4 &= D(A + B)q. \end{aligned}$$

$q$  — тишлар сонининг бутун ва минимал қийматдан катта бўлиши ( $z_i \geq 17$ ) ни таъминлайдиган ва биз томондан ихтиёрий равишда танланадиган сон. Сўнгра қўшничилик шarti текширилади.

**Мисол.** Қуйидаги параметрларнинг кўрсатилган қийматларига кўра иккига ташқи илашмали икки қаторли планетар редуктор учун гилдиракларнинг тишлари сони белгилансин:  $u_{H1} = 35$ .  $\kappa = 3$ .

**Ечиш.**  $u_{H1}$  ни аниқлаймиз:

$$u_{H1} = \frac{1}{U_{H1}} = \frac{1}{35}.$$

$\frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}$  ифода қийматини формула (6.6) га кўра ҳисоблаймиз:

$$\frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = 1 - u_{H1} = 1 - \frac{1}{35} = \frac{34}{35}.$$

Уларни турли вариантларда кўпайтирувчиларга ажратиб кўрамиз.

$$\frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = \frac{34}{35} = \frac{2 \cdot 17}{5 \cdot 7} = \frac{2 \cdot 17}{7 \cdot 5} = \frac{B \cdot D}{A \cdot C} = \frac{B(D + C)}{A(D + C)} \cdot \frac{D(A + B)}{C(A + B)}.$$

Формулага кўра тишлар сонининг икки хил комбинациядаги қийматларини ҳосил қиламиз:

**I вариант**

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= 5(17 + 7) \\ z_2 &= 2(17 + 7) \\ z_3 &= 7(5 + 2) \\ z_4 &= 17(5 + 2) \end{aligned} \right\} \times 1 \quad \begin{aligned} z_1 &= 120 \\ z_2 &= 48 \\ z_3 &= 49 \\ z_4 &= 119. \end{aligned}$$

## II вариант

$$\begin{array}{l} z_1 = 7(17 + 5) \\ z_2 = 2(17 + 5) \\ z_3 = 5(2 + 7) \\ z_4 = 17(2 + 7) \end{array} \left| \begin{array}{l} z_1 = 154 \\ z_2 = 44 \\ z_3 = 45 \\ z_4 = 153 \end{array} \right. \times 1$$

I вариант механизмнинг ихчам бўлишини таъминлаганлиги сабабли ана шу вариантни қабул қиламиз. Узатиш нисбати  $u_{1H} = \frac{1}{35}$  касрқий-мат бўлганлиги учун йиғиш шарти қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$B = \frac{z_1 \cdot u_{1H}}{\kappa} \cdot (1 + p \cdot \kappa) = \frac{120 \cdot 1}{3 \cdot 35} (2 + P \cdot 3).$$

$P_1$ -2 бўлганда  $B$  бутун сон бўлиб, йиғиш шарти бажарилади. Қўшничилик шарти:

$$\sin \frac{180}{3} > \frac{z_3 + h_a^*}{z_1 + z_2} = \frac{49 + 2}{120 + 48} = 0,3036$$

$$\sin \frac{180}{3} = 0,8660 > 0,3036$$

Демак, учта сателлит механизмда эркин ўрнатилади.

### 5-§. ИККИТА ИЧКИ ИЛАШМАЛИ ИККИ ҚАТОРЛИ ПЛАНЕТАР РЕДУКТОРНИ (ДАВИД РЕДУКТОРИНИ) ЛОЙИХАЛАШ

Лойиҳалаш учун қуйидаги параметрлар қийматлари берилган бўлсин:

$$u_{H1}; \kappa; m.$$

Бундай планетар редукторнинг узатиш нисбати иккита ташқи илашмали редуктор узатиш нисбатини аниқлашдагидек бўлади:

$$u_{1H} = \frac{1}{u_{H1}} = 1 - \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}.$$

Ўқларнинг устма-уст тушиш шартини  $m_{1,2} = m_{3,4}$  деб қабул қилиб ёзамиз.

Йиғиш шарти:

$$\frac{z_1}{\kappa u_{H1}} (1 + p \cdot \kappa) = B.$$

Қўшничилик шарти:

$$\sin \frac{180^\circ}{\kappa} > \frac{z_2 (z_3) + 2 \cdot h_a^*}{z_1 - z_2}$$

Масаланинг ечилиши кўпайтувчилардан фойдаланиш усули билан амалга оширилади:

$$\frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = \frac{B \cdot D}{A \cdot C} = 1 - \frac{1}{u_{H1}}$$



Фақат узатиш нисбатинигина эмас, балки ўқларнинг устма-уст тушиш шартини ҳам қаноатлантириш учун тишлар сонини қуйидаги формулалардан аниқлаймиз:

$$z_1 = A(D - C) \cdot q;$$

$$z_2 = B(D - C) \cdot q;$$

$$z_3 = C(A - B) \cdot q;$$

$$z_4 = D(A - B) \cdot q.$$

Умумий кўпайтирувчи  $q$  шундай танланадики, ғилдираклар тишлари сони бутун сон бўлишидан ташқари қуйидаги шартлар қаноатлансин:

$$z_1 \geq 85; z_2 \geq 20; z_3 \geq 85; z_4 \geq 20; z_1 - z_2 \geq 8; z_4 - z_3 \geq 8$$

Ҳисоблаш ишининг давоми сателлитлар тенг бурчаклар остида йиғилиши шартини ва қўшничилик шартини текшириш билан якунланади.

## 6-§. УМУМИЙ МУЛОҲАЗАЛАР

1) Агар олдиндан белгиланган узатиш нисбатини таъминлайдиган тишлар сонини белгилаш катта қийинчилик туғдирса, у ҳолда тишлар сонини шундай танлаш мумкинки, ҳосил бўлган планетар редукторнинг узатиш нисбатининг олдиндан белгиланганидан фарқи 1—2% дан ошмасин.

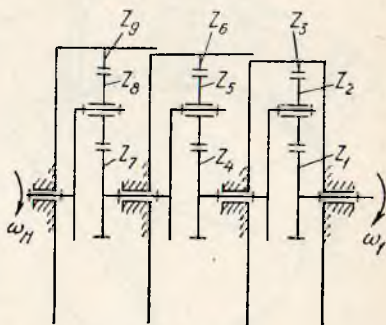
2) Белгиланган сателлитлар сони ҳамма вақт ҳам масаланинг ечимини қаноатлантирмаслиги мумкин. У ҳолда сателлитлар сони  $k$  ни кўпайтиришга ёки камайтиришга йўл қўйилади. Аммо шунини ҳам таъкидлаш лозимки, сателлитлар сони учтадан ортиқ бўлса, сателлитларда ҳар хил зўриқиш юз бермаслиги учун тишли ғилдираклар катта аниқликда тайёрланишлари керак.

Агар  $K = 1$  бўлса, марказий ғилдиракни зўриқишдан сақлаш учун сателлит посанги ёрдамида мувозанатланади.

3) Тишлар сони белгилаб олингандан сўнг бирор масштабда редукторнинг иккита проекцияси чизилади ҳамда тезлик ва бурчак тезлик тасвири қурилади, бу масаланинг қанчалик тўғри ҳал қилинганлигини график усулда текширишга имкон беради.

Шунини ҳам айтиб ўтиш лозимки, модуль қиймати тишнинг мустаҳкамлиги ва едирилиши шартига кўра ГОСТ да белгиланган модуль қаторидан аниқланади. Бундай ҳисоб машина деталлари фанида ўрганилади.

4) Катта узатиш нисбатини таъминлаш лозим бўлганда кўп босқичли планетар механизм қўлланилади. Бунда бир хил ёки ҳар хил типли механизмлар ўзаро кетма-кет боғланган бўлади. Масалан, 94-шаклда тасвирланган механизмнинг ҳар бир босқичининг



94-шакл.

узатиш нисбати  $u_{пл} = 8$  бўлиб, умумий узатиш нисбати  $u = 8^3 = 512$  га тенг.

## 76 — 78- масалалар

76. Қуйида келтирилган қийматларга кўра бир қатор илашмали планетар редуктор (50- шакл) филдиракларининг қийматлари кўрсатилмаган тишлари сонини аниқланг.

Редукторнинг узатиш нисбати  $u_{пл} = 9$  ташқи илашма ҳосил қилувчи марказий филдиракнинг тишлари сони  $z_1 = 18$ .

77. Қуйида кўрсатилган қийматларга кўра бир қатор илашмали планетар редукторда (50- шакл) энг кўпи билан нечта сателлит ўрнатса бўлади?  $z_1 = 18$ ,  $z_3 = 54$ .

78. Узатиш нисбати  $u_{пл} = 16$  ни таъминловчи биттадан ташқи ва ички илашмали икки қаторли планетар редуктор учун филдираклар тишлари сонининг минимал қийматларига кўра мумкин бўлган вариантлардаги тишлар сонини кўрсатинг. Қўшничилик шартига кўра сателлитларнинг максимал сонини аниқланг.

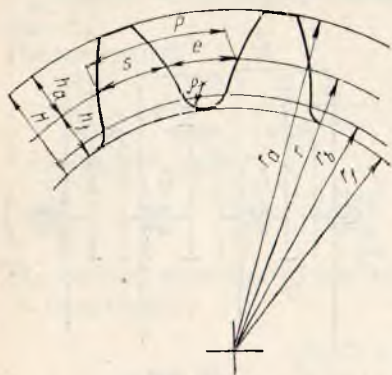
## 9-боб. БИР ЖУФТ ТИШЛИ ФИЛДИРАҚЛИ УЗАТМАЛАРНИ ЛОЙИҲАЛАШ

### 1-§ ТИШЛИ УЗАТМАНИНГ ГЕОМЕТРИҚ ПАРАМЕТРЛАРИ

95- шаклда тасвирланган тўғри тишли цилиндрсимон эвольвентали тишли филдиракнинг геометрик элементлари билан танишамиз. Бу ерда  $r_a$  — тишлар чўққиси бўйлаб ўтувчи айлана радиуси;  $r_f$  — тишлар ботиғи бўйлаб ўтувчи айлана радиуси;  $r$  — бўлувчи айлана радиуси.

Тишли филдиракни ҳисоблаш  $r$  ни аниқлашдан бошланади. Шунингдек, қуйида келтирилган баъзи параметрлар бўлувчи айланага кўра ҳисобланади.  $r_a$  — асосий айлана радиуси. Тиш профилининг эвольвента деб аталувчи асосий қисми  $r_a$  радиусли айланадан бошланади.  $r_w$  — бошланғич айлана радиуси. Филдираклар ўзаро илашма ҳосил қилганида

уларнинг бошланғич айланалари ўзаро уринади ва бир-бирларига нисбатан сирпанмасдан думалайди.  $h_a$  — тиш каллагининг баландлиги. У тишнинг бўлувчи ва ташқи айланалари орасидаги қисми;  $h_f$  — тишнинг оёқ қисми баландлиги. У тишнинг бўлувчи ва ботиқ айланалари орасидаги қисми.  $h$  — тишнинг баландлиги;  $s$  — тишнинг бўлувчи айлана бўйича ўлчанадиган қалинлиги;  $e$  — икки қўшни тишнинг бўлувчи айлана бўйича ўлчанадиган оралиғи;  $p$  — бўлувчи айлана бўйича ўлчанадиган тиш қадами;  $\rho$  — тиш



95- шакл.

профили билан тиш ботиғи айланасини ўзаро туташтирувчи ёйнинг радиуси ёки тиш галтели.

Бўлувчи айлана узунлиги тиш қадами  $p$  ни ғилдирак тишлар сони  $z$  га кўпайтириб аниқланади:

$$2 \cdot \pi r = P \cdot z,$$

бундан

$$r = \frac{p}{\pi} \cdot \frac{z}{2}$$

Тиш қадами  $p$  нинг  $\pi$  га нисбатини  $m$  деб белгилаймиз. У ҳолда

$$r = m \cdot \frac{z}{2}$$

$m$  — илашма модули дейилади. У ғилдиракнинг мустаҳкамлигини белгилайдиган асосий параметр бўлиб, унинг миллиметрда ўлчанадиган сон қиймати ГОСТ — 9563 — 60 да белгиланган асосий ёки ёрдамчи модуль қаторларидан танланади (1-жадвал).

Тишли ғилдиракнинг ҳамма параметрларининг ўлчам қийматлари лойиҳалашда қабул қилинадиган модуль  $m$  ва ғилдирак тишлари сони  $z$  ларнинг қийматларига кўра аниқлачади.

## 2-§. ЭВОЛЬВЕНТА ВА УНИНГ ХОССАЛАРИ

Айланага уринма жойлашган тўғри чизиқнинг сирпанмасдан ҳаракатланиши натижасида ундаги исталган нуқтанинг чизган траекторияси эвольвента дейилади. Бу айлана асосий айлана, тўғри чизиқ эса унинг ясовчиси дейилади.

Тўғри чизиқ  $N-N$  асосий айланага нисбатан сирпанмай ҳаракатланар экан (96-шакл), ундаги  $(N_1 B)$  кесма узунлиги  $\widetilde{N_1 A}$  ёй бўла-гига тенг бўлади:

$$(N_1 B) = \widetilde{N_1 A}$$

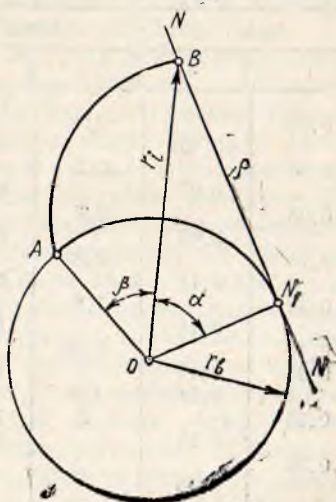
бу ерда  $(N_1 B) = \rho$  — эвольвента  $B$  нуқтасининг эгрилик радиуси.

$(N_1 B) = r_o \cdot \operatorname{tg} \alpha$  ҳамда  $\widetilde{N_1 A} = r_o$  ( $\alpha + \beta$ ) эканлигини эътиборга олсак

$$\beta = \operatorname{tg} \alpha - \alpha = \operatorname{inv} \alpha \quad (9.1)$$

ҳосил бўлади.

Бу ерда  $\alpha$  — эвольвента чизигидаги нуқтанинг вазиятини белгилайдиган бурчик.  $\beta$  — эвольвента функцияси, ёки инволюта.  $\operatorname{inv} \alpha$  нинг қийматлари 1-иловаги кўра аниқланади. Эвольвентанинг исталган нуқтасининг радиус вектори  $r_i$  қушидаги нисбатдан аниқланади:



96-шакл.

$$r_i = \frac{r_0}{\cos \alpha}$$

Эвольвентанинг хоссалари:

1) эвольвентанинг исталган нуқтасига ўтказилган нормал асосий айланага уринма жойлашади;

2) эвольвентадаги исталган нуқтанинг эгрилик радиуси ўша нуқтадан асосий айланага ўтказилган уринманинг уриниш нуқтасигача бўлган қисмига тенг.

Эвольвентанинг хусусиятлари.

1) асосий айлана эвольвента эгри чизигидаги нуқталар эгрилик марказларининг геометрик ўрни бўлади;

2) эвольвента асосий айланасининг бошланиш нуқтасида унинг эгрилик радиуси  $\rho=0$  бўлиб, эвольвентанинг давомида унинг эгрилик радиуси узлуксиз оша боради;

3) филдирак асосий айланаси радиуси (демак, филдиракнинг тишлари сони) чексизликка интилганда, эвольвента тўғри чизиққа айланади. Бинобарин, тишли филдиракнинг ўзи тиш профили тўғри чизиқдан ташкил топган тишли рейкага айланади.

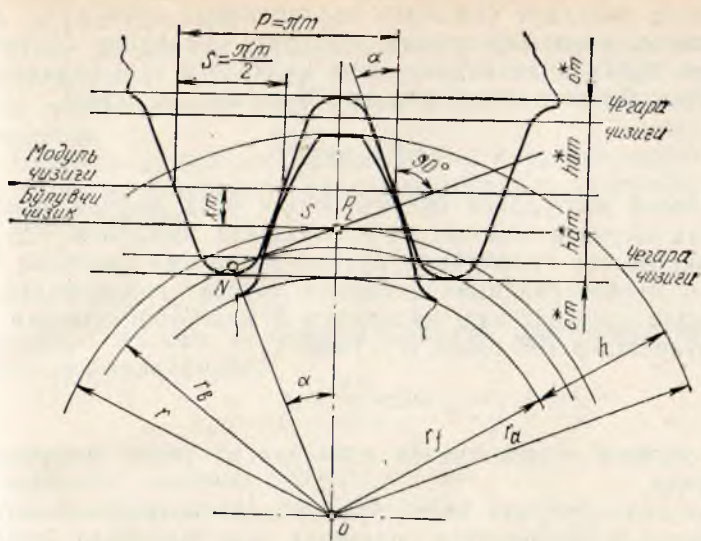
### 3-§. ТИШЛИ РЕЙКА КҮРИНИШИДАГИ ҚИРҚУВЧИ АСБОБ ЕРДАМИДА ТИШЛИ ФИЛДИРАКЛАРНИ ҲОСИЛ ҚИЛИШ

1. Тиш қирқувчи асбоблар ичида энг кўп қўлланиладигани рейкасимон қирқувчи асбобдир. Ҳосил қилинган филдираклардан ташкил топган узатманинг геометрик параметрлари тиш қирқувчи асбобнинг геометрик параметрларига, шунингдек, қирқувчи асбоб асосий ясовчи контурининг заготовкага нисбатан эгаллаган вазиятига боғлиқ бўлади.

1-жадвал

ГОСТ — 9563 — 60 бўйича стандарт модуль, мм

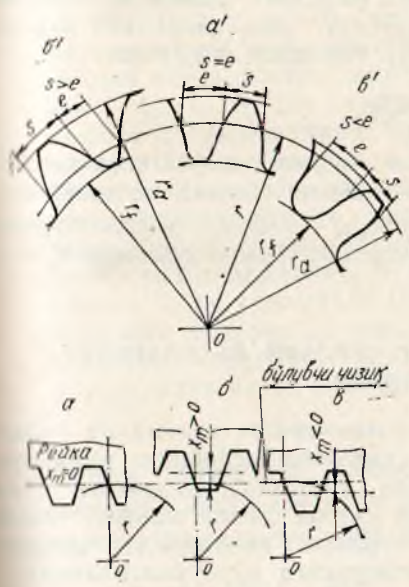
Қатор		Қатор		Қатор		Қатор	
1	2	1	2	1	2	1	2
0,05		0,4		2,5		20	
	0,055		0,45		2,75		22
0,06		0,5		3		25	
	0,07		0,55		3,5		28
0,08		0,6		4		32	
	0,09		0,7		4,5		36
0,1		0,8		5		40	
	0,11		0,9		5,5		45
0,12		1,0		6		50	
	0,14		1,125		7		55
0,15		1,25		8		60	
0,20			1,375		9		70
	0,22	1,5		10		80	90
0,25		2		12		100	
	0,28		1,75		11		
0,30			2,25		14		
	0,35			16		18	



97- шакл.

Қирқувчи асбобнинг ясовчи контури деб, унинг кесувчи қирраларининг заготовка ўқига тик бўлган текисликдаги проекциясига айтилади. Тиш қирқиш жараёнида тиш қирқувчи рейкасимон асбобнинг ҳосил қилиш контури билан қирқилувчи хом ашёнинг ўзаро илашувига станок илашмаси дейилади (97- шакл).

2. Қирқувчи рейкасимон асбоб ясовчи контуридаги заготовканинг бўлувчи айланасига уринма жойлашган чизиқ бўлувчи чизиқ дейилади. Ҳосил қилинувчи филдиракнинг бўлувчи айланаси бўйича ўлчанадиган тиш қалинлиги  $s$  ясовчи контурнинг бўлувчи чизиғи бўйича тиш оралиғи  $e$  га тенг бўлади. Бўлувчи чизиқ ясовчи контурнинг тиши баландлигини тенг иккига ажратувчи модуль



98- шакл.

чизиғи билан устма-уст жойлашуви, ёки унга нисбатан параллел бўлган маълум бир масофада жойлашуви мумкин. Агар ясовчи контур ўрта модуль чизиғи заготовканинг бўлувчи айланасига уринма жойлашса, яъни бўлувчи ва ўрта модуль чизиқлар орасидаги масофа нолга тенг бўлса (98-шакл, а) ҳосил бўлган фил-

диракларга стандарт ёки ноль ғилдираклар дейилади. Бунда ғилдираклар учун характерли хусусият — уларнинг бўлувчи айланалари бўйича ўлчанадиган тиш қалинлиги тиш оралиғи масофасига тенг бўлиши келиб чиқади (98-шакл,  $a'$ ), яъни

$$s = e = \frac{\pi \cdot m}{2} \quad (9.2)$$

3. Асосий контурдаги бўлувчи чизиқ ўрта модуль чизигининг заготовка маркази томонида  $\chi \cdot m$  масофада жойлашса (98-шакл, б), ҳосил бўлган ғилдиракка мусбат коррекция қилинган ғилдирак, ёки мусбат ғилдирак дейилади. Мусбат ғилдираклар учун характерли хусусият тиш қалинлиги  $S$  нинг тиш оралиғи  $E$  дан катта бўлишидир (98-шакл,  $b'$ ), яъни

$$s > \frac{\pi m}{2} > e$$

$\chi$  — силжиш коэффициенти дейилади ва унинг ишораси мусбат бўлади.

4. Аксинча, бўлувчи чизиқ ўрта модуль чизигининг заготовка марказидан қарама-қарши томонида  $\chi \cdot m$  масофада жойлашса, (98-шакл, в) у ҳолда ҳосил бўлган ғилдиракка манфий коррекция қилинган ғилдирак, ёки манфий ғилдирак дейилади. Манфий ғилдираклар учун характерли хусусият тиш қалинлиги  $s$  нинг тиш оралиғи  $e$  дан кичик бўлишидир (98-шакл,  $b'$ ), яъни

$$S < \frac{\pi m}{2} < e$$

Бунда силжиш коэффициенти  $\chi$  нинг ишораси манфий ҳисобланади. Асосий контур параметрларидаги  $h_a^*$  — тишнинг баландлик коэффициенти,  $C^*$  тишнинг оралиқ коэффициенти,  $\alpha$  — тишнинг қиялик бурчаги ёки станок илашмасининг бурчаги дейилади. Машинасозликда  $h_a^* = 1$ ,  $C^* = 0,25$ ,  $\alpha = 20^\circ$  деб олинади.

#### 4-§. ТИШЛИ ИЛАШМАЛАРНИНГ ТУРЛАРИ ВА УЛАРНИНГ ХУСУСИЯТЛАРИ

Тишлари тўғри ёки қия жойлашган тишли узатмалар ғилдиракларининг станокда ясалишида қирқувчи асбобнинг қирқилувчи заготовкага нисбатан жойлашган дастлабки вазиятига кўра ноль тишли узатма, мусбат тишли узатма ҳамда манфий тишли узатмаларга бўлинади. Узатма турлари ғилдираклар силжиш коэффициентлари йиғиндисининг ишорасига кўра белгиланади:

$$\chi_\Sigma = \chi_1 + \chi_2 \quad (9.3)$$

бу ерда  $\chi_1$  — етакловчи ғилдирак силжиш коэффициенти;  $\chi_2$  — етакланувчи ғилдирак силжиш коэффициенти.

1. Ноль узатма ( $\chi_\Sigma = 0$ ) ноль ғилдираклардан ( $\chi_1 = \chi_2 = 0$ ) ёки биттаси мусбат, бошқаси манфий силжитилган ғилдираклардан ташкил топади ( $\chi_1 = -\chi_2 \neq 0$ ).

Ноль узатманинг иккинчи ҳолдаги кўринишига тенг силжитилган узатма дейилади.

Ноль илашмалы гилдиракларнинг бўлувчи айланалари ўзаро илашиш қутби  $P$  нуқтада уринади (99-шакл, б) ва гилдиракларнинг ҳаракатланиши жараёнида улар бир-бирига нисбатан сирпанмайди.

Ноль илашмага хос бўлган асосий хусусиятлардан яна бири шуки, бунда бошланғич айлана ва бўлувчи айланалар радиуслари ўзаро тенгдир:

$$r_{\omega} = r = \frac{m \cdot z}{2}. \quad (9.4)$$

Ўқлараро масофа бўлувчи айланалар радиусларининг йиғиндисига кўра аниқланади:

$$a = r_1 + r_2 = \frac{m z_1}{2} + \frac{m z_2}{2} = \frac{m z_{\Sigma}}{2}. \quad (9.5)$$

Узатманинг илашиш бурчаги станок илашмаси бурчагига тенг бўлади:

$$\alpha_{\omega} = \alpha.$$

2. Мусбат тишли узатма иккита мусбат ( $\chi_1 > 0$ ;  $\chi_2 > 0$ ) ёки битта мусбат, иккинчи ноль ( $\chi_1 > 0$ ;  $\chi_2 = 0$ ) ва ниҳоят битта мусбат, иккинчиси манфий ( $\chi_1 > 0$ ;  $\chi_2 < 0$ ) гилдираклардан ташкил топиши мумкин. Бунда албатта мусбат гилдиракнинг силжиш коэффициенти манфий гилдиракнинг силжиш коэффицентидан катта бўлиши шарт. Мусбат тишли узатмаларда илашувчи гилдиракларнинг бўлувчи айланалари ўзаро уринмайди (99-шакл, а). Улардаги бўлувчи айланаларнинг радиуслари бошланғич айланалар радиусларидан кичик бўлади, яъни

$$r < r_{\omega}.$$

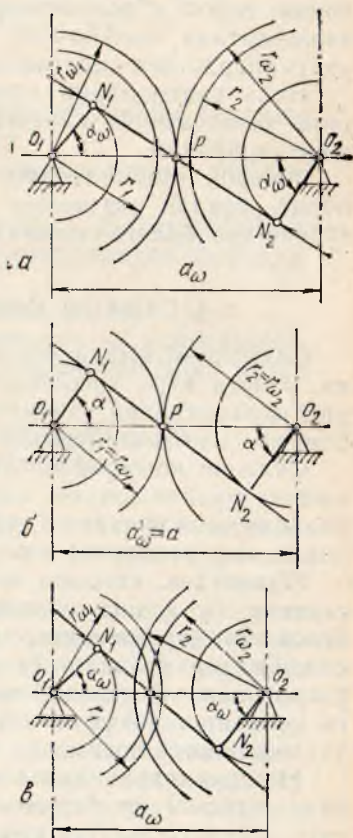
Бундай узатмаларда ўқлараро масофа  $a_{\omega}$  бошланғич айланалар радиуслари  $r_{\omega 1}$  ва  $r_{\omega 2}$  ларнинг йиғиндисига кўра аниқланади:

$$a_{\omega} = r_{\omega 1} + r_{\omega 2} \quad \text{ёки}$$

$$a_{\omega} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_{\omega}}, \quad (9.6)$$

бунда  $a_{\omega} > a$  ва  $\alpha_{\omega} > \alpha$  бўлади.

3. Манфий тишли узатма иккита



99-шакл.

манфий ( $\chi_1 < 0$ ;  $\chi_2 < 0$ ) ёки битта манфий, иккинчиси ноль ( $\chi_1 < 0$ ;  $\chi_2 = 0$ ) ва ниҳоят битта манфий, иккинчиси мусбат ( $\chi_1 > 0$ ;  $\chi_2 < 0$ ) гилдираклардан ташкил топиши мумкин. Бунда манфий гилдирак силжиш коэффициентининг абсолют қиймати мусбат гилдирак силжиш коэффициентининг абсолют қийматидан катта бўлади. Манфий тишли узатмада бўлувчи айланалар ўзаро кесишади (99- шакл, в). Улардаги бўлувчи айланалар радиуслари бошланғич айланалар радиусларидан катта бўлади, яъни

$$r > r_{\omega}.$$

Ўқлараро масофа  $a_{\omega}$  формула (9. 6) га кўра аниқланади ва бунда  $a_{\omega} < a$  ҳамда  $\alpha_{\omega} < \alpha$  бўлади.

Бир жуфт гилдиракли тишли узатмаларни лойиҳалашда уларнинг юқорида кўрсатилган хусусиятларини инobatга олиш керак.

Мусбат узатмалар ноль ва манфий узатмаларга қараганда юқори сифат кўрсаткичларига эга. Чунки бундай узатмаларда эвольвентали профилнинг эгрилик радиуслари ноль ва манфий узатмалардагига қараганда каттароқдир.

Ноль узатмаларни ҳисоблаш осонроқ. Лекин бундай узатманиннг эксплуатация кўрсаткичлари мусбат узатманикига нисбатан пастроқ бўлади.

Манфий узатмаларнинг эксплуатация кўрсаткичлари энг паст бўлиб, бундай узатмалар олдиндан берилган ўқлараро масофа бўйича ҳисоблангандагина қўлланилади.

## 5-§. СИЛЖИШ КОЭФФИЦИЕНТЛАРИНИ БЕЛГИЛАШ

Силжиш коэффициентлари  $\chi_1$  ва  $\chi_2$  ни шундай танлаш кераки, уларга кўра ҳисобланган гилдираклар ва узатманиннг геометрик параметрлари узатманиннг эксплуатация сифатларини имкони борича яхши таъминласин.

Силжиш коэффициентлари танланганда лойиҳаланаётган узатманиннг муайян ишлаш шароитлари ҳисобга олиниши керак. Улар узатманиннг қанчалик тезлик билан ҳаракатланиши, зўриқиш цикли, мой ваннасида ишлаши ёки очиқ шароитда ишлашидир.

Шунингдек, силжиш коэффициентларини яна шундай танлаш кераки, бу ҳодиса гилдиракларни ҳосил қилиш жараёнида тиш асосининг қирқилишига, тишларнинг ўткирлашувига олиб келмасин. Гилдиракларнинг ўзаро илашуви жараёнида эса тишларнинг ўзаро қадалиб қолиши юз бермаслиги керак. Шулар билан бирга қопланиш коэффициенти  $\epsilon$  нинг рухсат этилган қиймати ҳам таъминланиши лозим.

Гилдиракларни ҳосил қилиш жараёнида тиш асосида қирқилиш ҳодисаси юз бермаслиги учун танланган силжиш коэффициенти қуйидаги шартни қаноатлантириши зарур:

$$\chi \geq \chi_{min}$$



Бунда  $\chi_{min}$  қирқилиш юз бермаслиги шартига кўра силжиш коэффициентининг энг кам қийматиدير. У қуйидаги формулага кўра аниқлашади:

$$\chi_{min} = \frac{z_{min} - \varepsilon}{z_{min}} = \frac{17 - \varepsilon}{17}. \quad (9.7)$$

Формула (9.7) даги  $z_{min} = 17$  гилдирак тишлари сонининг шундай минимал қийматики, рейкасимон қирқувчи асбоб ёрдамида бу ва бундан катта қийматдаги тишлар сонига эга бўлган ҳамда тишлар асоси қирқилмаган стандарт гилдиракларни ҳосил қилиши мумкин.

Силжиш коэффициенти қиймати орта борган сари тиш ўткирлаша боради. Тишнинг ташқи айлана бўйича қалинлиги  $Sa \geq 0,2m$  шартни қаноатлантириши керак.

Бу шартни қаноатлантирадиган силжиш коэффициентининг рухсат этилган қиймати  $\chi_{max}$  билан белгиланган. Демак, узатма гилдираклари учун танланган силжиш коэффициентлари умуман қуйидаги шартни қаноатлантиришлари зарур:

$$\chi_{max} \geq \chi \geq \chi_{min}$$

Узатма гилдираклари учун қопланиш коэффициентининг минимал қиймати 1,1 дан катта бўлиши лозим:  $\varepsilon \geq 1,1$

Муайян узатмалар учун силжиш коэффициентларининг қийматларини

1) Громан М. Б. таклиф этган Т. П. ва И. А. Болотовскийлар ҳамда В. Э. Смирнов тузишган қамраш контурларидан фойдаланилган ҳолда,

2) ИСО тавсияномаларидан фойдаланилган ҳолда,

3) профессор В. Н. Кудрявцев жадвалларидан ва номограммаларидан фойдаланилган ҳолда аниқлашни алоҳида-алоҳида кўриб чиқамиз.

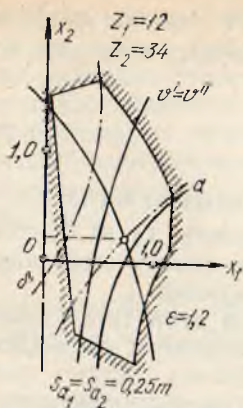
## 6-§. ҚАМРАШ КОНТУРЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИЛГАН ҲОЛДА ТИШЛИ УЗАТМАНИ ҲИСОБЛАШ

1. Қабул қилиниши мумкин бўлган коэффициентлар кўлами тишлар сони  $z_1$  ва  $z_2$  бўлган аниқ узатмалар учун алоҳида қурилган қамраш контурларида намоён бўлади.

Қамраш контури  $\chi_1$  ва  $\chi_2$  координата системасида қурилган эгри чизиқлар мажмуаси бўлиб, ўзининг штрихланган соҳаси билан узатма гилдираклари учун белгилаб олинadиган силжиш коэффициентлари  $\chi_1$  ва  $\chi_2$  учун номақбул қийматларни чеклайди.

Штрихланган соҳалар оралиғида танлаб олинadиган  $\chi_1$  ва  $\chi_2$  қийматлар гилдираклар тишларининг ўзаро қадалишига, тиш асосининг қирқилишига, тишнинг ўткирлашувига олиб келмайди. Шу билан бирга, қопланиш коэффициенти  $\varepsilon$  нинг рухсат этилган қийматини ҳам таъминлайди.

Тишлар сони  $z_1 = 12$  ва  $z_2 = 34$  бўлган тишли узатма учун қамраш контури 100= шаклда тасвирланган.



100- шакл.

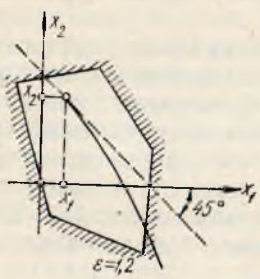
Контурдаги  $v' = v''$  чизиқ ҳар иккала ғилдиракка тегишли тишлар учун сирпаниш коэффициентини бир хил қийматда бўлишини таъминласа,  $a$  ва  $b$  чизиқлар ғилдирак материалларининг бир хил термик ишланиши шарти билан ғилдираклар тишларининг эгилишига мустаҳкамлиги бир хил бўлишини таъминлайди ( $a$  чизиғи етакловчи ғилдирак  $z_1$  бўлганда  $b$  чизиғи етакловчи ғилдирак  $z_2$  бўлганда).

Бундан ташқари, ташқи айлана бўйича ўлчанадиган тишлар қалинликлари  $S_{a1} = 0,25m$  ва  $S_{a2} = 0,25m$  ҳамда қопланиш коэффициентини  $\epsilon = 1,2$  бўлишини таъминлайдиган чизиқлар ҳам мавжуд. Т. П. ва И. А. Болотовскийлар ҳамда В. Э. Смирновларнинг «Блокирующие контуры» китобида ғилдирак тишлари сонининг ҳар хил комбинациялари учун қамраш контурлари келтирилган ва улардан қирқиш асбоби рейка кўринишида бўлганда фойдаланиш мумкин.

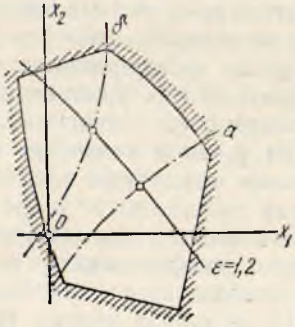
2. Ғилдиракларнинг ўқлараро масофасини таплаш ихтиёрий бўлганда силжиш коэффициентларини белгилаш қуйидаги вариантларга кўра амалга оширилади:

1) узатманинг ишлаш шароити тишларнинг контакт мустаҳкамлиги энг юқори бўлишни талаб қилади. Бундай шароит узатманинг катта қувват билан ишлаганида (узатма ғилдираклари тез ҳаракатланса ёки улар катта буровчи момент узатса) вужудга келади. Одатда, бундай узатмалар мой ваннасида ишлайди. Силжиш коэффициентларининг йиғиндисини бўлган  $u_2$  нинг мумкин бўлган максимал қийматини белгилаш учун (101-шаклга қаранг) қамраш контуридаги координата ўқларига  $45^\circ$  бурчак ҳосил қилувчи чизиқни  $\epsilon = 1,2$  эгри чизиғига уринма қилиб ўтказилади. Уриниш нуқталарининг координата қийматлари  $x_1$  ва  $x_2$  ғилдираклар учун силжиш коэффициентлари бўлади.

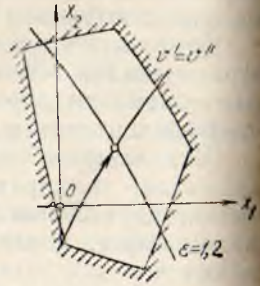
2) узатманинг ишлаш шароити ғилдираклар тишларининг эгилишга мустаҳкамлиги энг катта бўлишини талаб қилади. Бундай узатмалар мой ваннасида ишлайди. Ана шу сабабли тишлар



101- шакл.



102- шакл.



103- шакл.

юзаси мустаҳкамланган (цементацияланган, тобланган в. ҳ. к.) бўлади.

Бундай ҳолларда силжиш коэффициентини аниқлаш учун етакловчи ғилдирак  $z_1$  бўлганда  $a$  эгри чизиғи билан,  $z_2$  бўлганда  $b$  эгри чизиғи билан  $\epsilon = 1,2$  чизиғининг кесишиш нуқтасини аниқлаш керак (102-шакл).

3) Ейилишга мустаҳкамлик шартини қаноатлантириш керак бўлган узатмалар учун силжиш коэффициентини таълашда  $v' = v''$  чизиғи бўйлаб  $\epsilon = 1,2$  чизиғи томон ҳаракатланиши керак (103-шакл).

Қопланиш коэффициентининг  $\epsilon$  нинг энг катта қийматини таъминлайдиган силжиш коэффициентини белгилаш учун керакли нуқтани қамраш контурининг пастки чап бурчагидан қидириш лозим.

3. Ғилдиракларнинг ўқлараро масофаси олдиндан белгиланган бўлса, силжиш коэффициентларини аниқлаш учун қуйидаги ишларни бажарамиз.

1) келтирилган формулаларга кўра ғилдираклар тишларининг сонини аниқлаймиз:

$$z_{\Sigma} = z_1 + z_2 = \frac{2 \cdot a_{\omega}}{m}, \quad (9.8)$$

$$u_{12} = -\frac{z_2}{z_1}; \quad z_2 = -u_{12} \cdot z_1, \quad (9.9)$$

бундан

$$z_1 = \frac{2 \cdot a_{\omega}}{(1 - u_{12}) \cdot m}. \quad (9.10)$$

Тишлар сони  $z_1$  ва  $z_2$  ни бутун сонга яхлитлаймиз. Бунда узатиш нисбатигаги ўзгариш  $\pm 5\%$  дан ошмаслиги керак;

2) илашиш бурчаги ҳисобланади:

$$\cos \alpha_{\omega} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2 \cdot a_{\omega}} \cdot \cos \alpha; \quad (9.11)$$

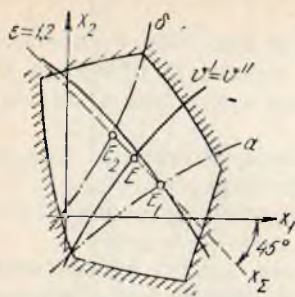
3) силжиш коэффициентининг йиғинди қиймати аниқланади:

$$\chi_{\Sigma} = \frac{(z_1 + z_2)(\operatorname{inv} \alpha_{\omega} - \operatorname{inv} \alpha)}{2 \cdot t g_{\alpha}}; \quad (9.12)$$

4) қамраш контурида  $\chi_{\Sigma}$  га мос келувчи чизиқ ўтказилади. Бунинг учун аввал  $\chi_1 = \chi_{\Sigma}$ ,  $\chi_2 = 0$ , сўнгра  $\chi_1 = 0$ ,  $\chi_2 = \chi_{\Sigma}$  нуқталар белгиланади ва уларни ўзаро туташтирувчи чизиқ ўтказилади;

5)  $\chi_{\Sigma}$  га мос келувчи  $\chi_1$  ва  $\chi_2$  нинг қийматлари механизмнинг ишлаш шароити ҳисобга олинган ҳолда ўтказилган чизиқдан аниқланади (14 = шаклдаги  $E$ ,  $E_1$ ,  $E_2$  нуқталардан бирининг координата қийматлари);

4. Узатманинг геометрик параметрларини ҳисоблаш рейкасимон қирқувчи асбоб асосий контурининг параметрлари  $m$ ,  $\alpha$ ,  $h_a^*$ ,  $C^*$  ҳамда ғил-



101- шакл.

дираклар тишлари сони  $z_1$  ва  $z_2$  га кўра амалга оширилади. Ҳисоблаш натижасида қуйидагилар аниқланади:

- 1) силжиш коэффициентлари  $\chi_1$  ва  $\chi_2$ ,
- 2) илашиш бурчаги  $\alpha_\omega$

$$\text{inv } \alpha_\omega = \text{inv } \alpha + \frac{2\chi_\Sigma \cdot \text{tg } \alpha}{z_\Sigma} \quad (9.13)$$

$\alpha_\omega$  бурчак инвалюта функцияси жадвалига кўра (1- илова) аниқланади:

- 3) бўлувчи айлана радиуслари (9.4)

$$r = \frac{mz}{2},$$

- 4) асосий айлана радиуслари

$$r_\omega = r \cos \alpha = \frac{mz}{2} \cos \alpha, \quad (9.14)$$

- 5) бошланғич айлана радиуслари

$$r = \frac{mz}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_\omega}, \quad (9.15)$$

- 6) ўқлараро масофа (9.6)

$$a_\omega = r_{\omega_1} + r_{\omega_2} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_\omega}$$

- 7) тиш ботиғи айланалари радиуслари

$$r_f = m \left( \frac{z}{2} + \chi - h_a^* - c^* \right), \quad (9.16)$$

- 8) тиш чўққиси айланалари радиуслари

$$r_{a_1} = a_\omega - r_{f_1} - c^* m, \quad (9.17)$$

$$r_{a_2} = a_\omega - r_{f_2} - c^* m,$$

- 9) тиш баландлиги

$$h = r_{a_1} - r_f, \quad (9.18)$$

- 10) бўлувчи айлана бўйича тиш қалинлиги

$$s = \frac{\pi m}{2} + 2 \chi m \text{tg } \alpha, \quad (9.19)$$

- 11) асосий айлана бўйича илашиш ёйи узунлиги

$$q_\alpha = \sqrt{r_{a_1}^2 - r_{s_1}^2} + \sqrt{r_{a_2}^2 - r_{s_2}^2} - a_\omega \sin \alpha_\omega, \quad (9.20)$$

- 12) қолланиш коэффициенти

$$\varepsilon = \frac{q_\alpha}{P_\alpha}, \quad (9.21)$$

$$P_\alpha = \pi m \cdot \cos \alpha,$$

13) ясовчи контур ўрта чизиғи бўйича тиш қалинлиги (9.2)

$$s = \frac{\pi \cdot m}{2}.$$

14) бўлувчи айлана бўйича тиш қадами

$$p = \pi \cdot m, \quad (9.22)$$

15) тиш бўйининг эгриланиши радиуси

$$\rho_f = \frac{C^* \cdot m}{1 - \sin \alpha}. \quad (9.23)$$

**Мисол.** Ўқлараро масофа ихтиёрий танланадиган тўғри тишли ташқи илашмáli узатма қуйидаги берилганларга кўра ҳисоблансин.

а) Қирқувчи рейкасимон асбоб параметрлари:

$$m = 5 \text{ мм}, \alpha = 20^\circ, h_a^* = 1, C^* = 0,25.$$

б) Ғилдиракларнинг тишлари сони  $z_1 = 12$ ;  $z_2 = 34$ .

Узатма очиқ шароитда ишлайди, тиш юзаси мустаҳкамланади.

**Ечиш.** 1) Т. В. ва И. А. Болтовскийлар ҳамда В. Э. Смирновларнинг «Блокирующие контуры» китсбидан  $z_1 = 12$  ва  $z_2 = 34$  учун қамраш контурини танлаймиз. Етакловчи ғилдирак  $z_1$  эканлигини назарда тутиб,  $a$  ва  $\varepsilon = 1,2$  чизикларнинг ўзаро кесишиш нуқтасининг координаталарини силжиш коэффициентлари  $\chi_1$  ва  $\chi_2$  қилиб оламиз:

$$\chi_1 = 0,74; \chi_2 = 0,24,$$

$$\chi_\Sigma = \chi_1 + \chi_2 = 0,74 + 0,24 = 0,98;$$

2) Илашиш бурчаги  $\alpha_\omega$  аниқланади (9.13)

$$\text{inv } \alpha_\omega = \text{inv } \alpha + \frac{2\chi_\Sigma \cdot \text{tg } \alpha}{z_\Sigma} = 0,014904 + \frac{2 \cdot 0,98 \cdot 0,364}{46} = 0,030412.$$

Инволюта жадвалига кўра (1-илова)

$$\alpha_\omega = 25^\circ 07'.$$

3) Бўлувчи айланалар радиуслари (9.4)

$$r_1 = \frac{5 \cdot 12}{2} = 30 \text{ мм} \quad r_2 = \frac{5 \cdot 34}{2} = 85 \text{ мм}.$$

4) Асосий айланалар радиуслари (9.14)

$$r_{a_1} = 30 \cdot 0,9397 = 28,191 \text{ мм} \quad r_{a_2} = 85 \cdot 0,9397 = 79,8745 \text{ мм}.$$

5) Бошланғич айланалар радиуслари (9.15)

$$\cos \alpha_\omega = \cos 25^\circ 07' = 0,9055$$

$$r_{\omega_1} = \frac{5 \cdot 12}{2} \cdot \frac{0,9397}{0,9055} = 31,134 \text{ мм} \quad r_{\omega_2} = \frac{5 \cdot 34}{2} \cdot \frac{0,9397}{0,9055} = 88,213 \text{ мм}.$$

6) Ўқлараро масофа (9.6)

$$a_\omega = 31,134 + 88,213 = 119,347 \text{ мм}$$

7) тиш ботиғи айланалари радиуслари (9.16)

$$r_{i_1} = 5 \left( \frac{12}{2} - 0,74 - 1 - 0,25 \right) = 27,45 \text{ мм,}$$

$$r_{i_2} = 5 \left( \frac{34}{2} + 0,24 - 1 - 0,25 \right) = 79,95 \text{ мм,}$$

8) тиш чўққиси айланалари радиуслари (9.17)

$$r_{a_1} = 119,347 - 79,95 - 0,25 \cdot 5 = 38,147 \text{ мм,}$$

$$r_{a_2} = 119,347 - 27,45 - 0,25 \cdot 5 = 90,647 \text{ мм,}$$

9) тиш баландлиги (9.18)

$$h_1 = 38,147 - 27,45 = 10,697 \text{ мм,}$$

$$h_2 = 90,647 - 79,95 = 10,697 \text{ мм,}$$

10) бўлувчи айлана бўйича тиш қалинликлари (9.19)

$$s_1 = \frac{3,14 \cdot 5}{2} - 2 \cdot 5 \cdot 0,74 \cdot 0,364 = 10,544 \text{ мм,}$$

$$s_2 = \frac{3,14 \cdot 5}{2} - 2 \cdot 5 \cdot 0,24 \cdot 0,364 = 8,724 \text{ мм,}$$

11) асосий айлана бўйича илашиш ёйи узунлиги (9.20)

$$\sin 25^\circ 07' = 0,4245,$$

$$q_a = \sqrt{38,147^2 - 28,191^2} + \sqrt{90,647^2 - 79,875^2} - 119,347 \times \\ \times 0,4245 = 17,88 \text{ мм.}$$

12) Қопланиш коэффициенти (21)

$$\varepsilon = \frac{17,88}{3,14 \cdot 5 \cdot 0,94} = 1,212.$$

13) Рейка ясовчи контури ўрта чизиғи бўйича тиш қалинлиги (9.2)

$$s = \frac{3,14 \cdot 5}{2} = 7,85 \text{ мм.}$$

14) Бўлувчи айлана бўйича тиш қадами (9.22)

$$p = 3,14 \cdot 5 = 15,7 \text{ мм.}$$

15) Тиш бўйинининг эгрилик радиуси (9.23)

$$\rho_f = \frac{0,25 \cdot 5}{1 - 0,3402} = 1,899 \text{ мм.}$$

#### 7-§. ИСО ТАВСИЯНОМАЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИЛГАН ҲОЛДА ТИШЛИ УЗАТМАНИ ҲИСОБЛАШ

ИСО (Халқаро стандартлаштириш ташкилоти) тавсиялари қуйидагилардан иборат.

1.  $z_1 \geq 30$  бўлганда ноль илашма қўлланилади ( $\chi_1 = 0$ ;  $\chi_2 = 0$ )
2.  $z_1 < 30$  ва  $z_2 = z_1 + z_2 > 60$  бўлганда тенг силжитилган ноль

илашма қўлланилади. Бунда силжиш коэффициентлари қуйидагича аниқланади.

$$\chi_1 = 0,03 (30 - z_1); \chi_2 = -\chi_1$$

3.  $z_1 < 30$  ва  $z_2 < 60$  бўлганда иккала филдирак силжиш коэффициентлари қуйидаги формулалардан аниқланади:

$$\chi_1 = 0,03 (30 - z_1)$$

$$\chi_2 = 0,03 (30 - z_2)$$

Узатманинг илашиш бурчаги  $\alpha_\omega$  инвалюта функцияси жадвалидан (1-илова) фойдаланилган ҳолда қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\text{inv } \alpha_\omega = \text{inv } \alpha + \frac{2\chi_\Sigma \cdot \text{tg } \alpha}{z_\Sigma} \quad (9.13)$$

Бироқ бундай ҳисоблашда тиш учи ўткирлашиб қолмаганлиги ҳамда узатма учун қопланиш коэффициентининг минимал қиймати  $\varepsilon_{min}$  нинг таъминланганлиги текширилиб кўрилади.

**Мисол.** Ўқлараро масофа ихтиёрий танланадиган тўғри тишли ташқи илашмали узатма қуйидаги берилганларга кўра ҳисоблансин.

а) Қирқувчи рейкасимон асбоб параметрлари  $m = 8$  мм.  $\alpha = 20^\circ$   
 $h_a^* = 1$ ,  $C^* = 0,25$

б) Филдиракларнинг тишлари сони  $z_1 = 9$ ,  $z_2 = 26$

**Ечиш:**

1) Филдираклар учун силжиш коэффициентининг минимал қийматлари (9.7)

$$\chi_{1min} = \frac{17 - 9}{17} = 0,4701,$$

$$\chi_{2min} = \frac{17 - 26}{17} = -0,530.$$

2. ИСО тавсияномаси бўйича силжиш коэффициентларини ҳисоблаймиз.  $z_1 < 30$ ,  $z_2 < 60$  бўлганлиги сабабли:

$$\chi_1 = 0,03 (30 - 9) = 0,63,$$

$$\chi_2 = 0,03 (30 - 26) = 0,12,$$

$$\chi_\Sigma = 0,63 + 0,12 = 0,75.$$

3. Илашиш бурчаги  $\alpha_\omega$  формула (9.13) га кўра аниқланади:  
 $z_\Sigma = z_1 + z_2 = 9 + 26 = 35$  эканлигини эътиборга олсак:

$$\text{inv } \alpha_\omega = 0,0149 + \frac{2 \cdot 0,75 \cdot 0,364}{35} = 0,030503, \text{ 1-иловага кўра:}$$

$$\alpha_\omega = 25^\circ 08', \text{ 2-иловага кўра } \cos 25^\circ 08' = 0,90532$$

4. Бўлувчи айланалар радиуслари (9.4)

$$r_1 = \frac{8 \cdot 9}{2} = 36 \text{ мм. } r_2 = \frac{8 \cdot 26}{2} = 104 \text{ мм.}$$

5. Асосий айланалар радиуслари (9.14)

$$r_{a_1} = 36 \cdot 0,9397 = 33,8 \text{ мм} \quad r_{a_2} = 104 \cdot 0,9397 = 97,54 \text{ мм}$$

6. Бошланғич айланалар радиуслари: (9.15)

$$r_{\omega_1} = \frac{8 \cdot 9}{2} \cdot \frac{0,9397}{0,9053} = 37,367 \text{ мм} \quad r_{\omega_2} = \frac{8 \cdot 26}{2} \cdot \frac{0,9397}{0,9053} = 107,948 \text{ мм}$$

7. Ўқлар орасидаги масофа (9.6)

$$\alpha_{\omega} = \frac{8(9+26)}{2} \cdot \frac{0,9397}{0,9053} = 145,32 \text{ мм}$$

8. Тиш ботиғи айланалари радиуслари (9.16)

$$r_{f_1} = 8 \left( \frac{9}{2} + 0,63 - 1 - 0,25 \right) = 31,04 \text{ мм}$$

$$r_{f_2} = 8 \left( \frac{26}{2} - 0,12 - 1 - 0,25 \right) = 94,96 \text{ мм}$$

9. Тиш чўққиси айланалари радиуслари (9.17)

$$r_{a_1} = 145,32 - 94,96 - 0,25 \cdot 8 = 48,355 \text{ мм}$$

$$r_{a_2} = 145,32 - 31,04 - 0,25 \cdot 8 = 112,275 \text{ мм}$$

10. Тиш баландлиги: (9.18)

$$h_1 = 48,355 - 31,04 = 17,315 \text{ мм}$$

$$h_2 = 112,275 - 94,96 = 17,315 \text{ мм}$$

11. Бўлувчи айланалар бўйича тиш қалинликлари: (9.19)

$$s_1 = \frac{8 \cdot 3,14}{2} + 2 \cdot 8 \cdot 0,63 \cdot 0,364 = 16,24;$$

$$s_2 = \frac{8 \cdot 3,14}{2} + 2 \cdot 8 \cdot 0,12 \cdot 0,364 = 13,25 \text{ мм}$$

12. Асосий айлана бўйича илашиш ёйи, узунлиги (9.20)

$$q\alpha = \sqrt{48,355^2 - 33,8^2} + \sqrt{112,275^2 - 97,54^2} - 145,32 \cdot 0,4247 = 28,1 \text{ мм.}$$

13. Қопланиш коэффициенти (9.21)

$$\varepsilon = \frac{28,1}{3,14 \cdot 8 \cdot 0,9397} = 1,19$$

Аниқланган қиймат рухсат этилгандан каттадир, яъни:  $1,19 > 1,1$   
Тишни ўткирлашувини текшираамиз.

Тиш чўққиси айланаси бўйича тиш қалинлиги қуйидаги формулага кўра аниқланади:

$$S_{r_a} = m \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_a} \left[ \frac{\pi}{2} + 2 \cdot \chi \cdot \operatorname{tg} \alpha - z (\operatorname{inv} \alpha_a - \operatorname{inv} \alpha) \right] \quad (9.24)$$

Ҳисоблашдан аввалроқ қуйидагиларни аниқлаб оламиз:

$$\text{а) } \cos \alpha_{a_1} = \frac{r_{a_1}}{r_{a_1}} = \frac{33,8}{48,351} = 0,70313 \quad (9.25)$$
$$\alpha_{a_1} = 45^\circ 19'$$



$$\operatorname{inv} 45^\circ 19' = 0,22019$$

$$б) \cos \alpha_{a_2} = \frac{r_{a_2}}{r_{a_2}} = \frac{97,54}{112,275} = 0,86875 \quad (9.25')$$

$$\alpha_{a_2} = 29^\circ 41'$$

$$\operatorname{inv} 29^\circ 41' = 0,051993$$

$$s_{r_{a_1}} = 8 \frac{0,9397}{0,70313} \cdot \left[ \frac{3,14}{2} + 2 \cdot 0,63 \cdot 0,364 - 9 (0,22019 - 0,014904) \right] \\ = 1,944 \text{ мм.}$$

$$s_{r_{a_2}} = 8 \frac{0,9397}{0,86875} \left[ \frac{3,14}{2} + 2 \cdot 0,12 \cdot 0,364 - 26 (0,0519933 - 0,014904) \right] \\ = 6,017 \text{ мм.}$$

$$\frac{s_{r_{a_1}}}{m} = \frac{1,944}{8} = 0,243 \quad S_{r_{a_1}} = 0,243 \cdot m > 0,2m$$

$$\frac{s_{r_{a_2}}}{m} = \frac{6,017}{8} = 0,752 \quad S_{r_{a_2}} = 0,752 m > 0,2 m$$

Ясовчи контурнинг ўрта модуль чизиги бўйича тиш қалинлиги (9.2)

$$s = \frac{\pi \cdot m}{2} = \frac{3,14 \cdot 8}{2} = 12,56 \text{ мм}$$

Тиш қадами (9.22)  $P = \pi \cdot m = 3,14 \cdot 8 = 25,12 \text{ мм}$

Тиш бўйининг эгриланиш радиуси (9.23)

$$\rho_f = \frac{0,25 \cdot 8}{1 - 0,3402} = 3,040 \text{ мм.}$$

### 8-§. ТИШЛИ УЗАТМАНИ КУДРЯВЦЕВ ЖАДВАЛЛАРИДАН ФЙДАЛАНИБ ҲИСОБЛАШ

1. В. И. Кудрявцев жадвалларида келтирилган силжиш коэффициентларининг қийматлари тишларнинг контакт мустаҳкамлигини ва ейишига чидамлилигини ошириш нуқтаи назаридан танланган.

Кудрявцев жадваллари ва номограммаларидан фойдаланганда шу парсани ҳисобга олиш керакки, ўқлараро масофа  $a_\omega$  ни ва бошланғич айланалар радиуслари  $r_{\omega_1}$  ва  $r_{\omega_2}$  ни аниқлаш формулаларига ўқлараро масофанинг ўзгариш коэффициенти  $y$ , тишнинг ботиш баландлиги  $h_{\alpha_2}$ , тиш баландлиги  $h$ , ташқи айлана радиуслари  $r_{a_1}$  ва  $r_{a_2}$  ларни аниқлаш формулаларига тескари силжиш коэффициенти  $\Delta y$  киритилган.

Коэффициент  $y$  бўлувчи айланалар орасидаги масофа  $y \cdot m$  қийматга узоқлашганини,  $\Delta y$  эса ноль илашма гилдиракларидагига қараганда тиш баландлигининг  $\Delta y \cdot m$  қийматга камайганлигини билдиради, яъни

1) ўқлараро масофа

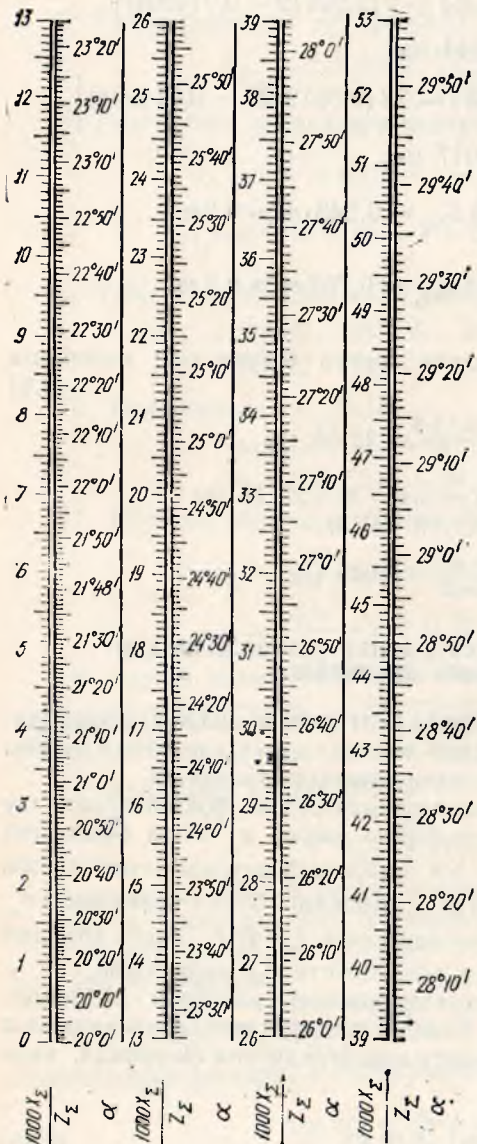
$$a_\omega = m \left( \frac{z_e}{2} + y \right), \quad (9.26)$$

2) бошланғич айланалар радиуслари

$$r_{\omega} = r \left( 1 + \frac{2 \cdot y}{z_{\Sigma}} \right), \quad (9.27)$$

3) тишнинг ботиш баландлиги

$$h_{\alpha} = (2 \cdot h_{\alpha}^* - \Delta y) m, \quad (9.28)$$



105- шакл.

4) тиш баландлиги

$$h = h_{\alpha} + c^* \cdot m, \quad (9.29)$$

5) тиш чўққиси айланасининг радиуси

$$r_a = r_f + h. \quad (9.30)$$

Қолган параметрлар илгари келтирилган (9.14); (9.16); (9.19); (9.20); (9.22); (9.23). формулалар ёрдамида аниқланади.

2. Агар узатманинг узатиш нисбати  $1 \leq u_{12} \leq 2$  бўлса,  $z_1$  нинг қийматига кўра 2- жадвалдан дастлаб тескари силжиш коэффициентни  $\Delta y$  нинг қиймати аниқланади. Сўнгра  $z_1$  ва  $z_2$  қийматларга кўра 3- жадвалдан силжиш коэффициентлари  $\chi_1$  ва  $\chi_2$  лар аниқланади. Формула (9.3) га кўра  $\chi_2$  аниқлангач, ўқлараро масофанинг ўзгариш коэффициенти  $y$  нинг қиймати қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$y = \chi_2 - \Delta y \quad (9.31)$$

Узатманинг илашиш бурчаги 105- шаклда тасвирланган номограммадан аниқланади. Масалан,  $z_{\Sigma} = 59$ ,  $\chi_{\Sigma} = 1,75$  бўлган узатма учун илашиш бурчаги  $\alpha_{\omega}$  ни аниқлаш керак бўлса, дастлаб қуйидаги ифода ни ҳисоблаймиз:

$$\frac{1000 \cdot \chi_{\Sigma}}{z_{\Sigma}} = \frac{1000 \cdot 1,75}{59} = 29,7$$

Сўнгра номограммадаги 29,7 рақами қаршисидан

2- жадвал. Узатиш нисбати  $1 < u_{12} \leq 2$  бўлган ҳол учун  $\Delta y$  нинг қийматлари

$z_1$	11	12	13	14	15	16	17
$\Delta y$	0,127	0,145	0,160	0,175	0,190	0,202	0,215
$z_1$	18	19	20	21	22	23	24
$\Delta y$	0,227	0,239	0,250	0,257	0,265	0,272	0,278

$\alpha_0 = 26^\circ 36'$  ни топамиз. Қолган параметрлар қийматлари юқорида келтирилган формулалар бўйича ҳисобланади.

3. Агар узатманинг узатиш нисбати  $2 < u_{12} \leq 5$  бўлса, у ҳолда  $z_1$  нинг қийматига кўра 4-жадвалдан  $\Delta y$  ва  $\chi_1$  нинг қийматлари, сўнгра  $z_1$  ва  $z_2$  қийматларга кўра 5-жадвалдан  $\chi_2$  нинг қиймати аниқланади. Сўнгра қолган параметрлар қийматлари юқорида баён этилган тартибда аниқланади.

**Мисол.** Ўқлараро масофа ихтиёрий танланадиган тўғри тишли ташқи илашмали узатма қуйида берилганларга кўра ҳисоблансин.

а) қирқувчи рейкасимон асбоб параметрлари:

$$m = 8 \text{ мм}; \alpha = 20^\circ; h_a^* = 1; c^* = 0,25;$$

б) филдиракларнинг тишлари сони  $z_1 = 11; z_2 = 21$ .

**Ечиш.** 1) Филдираклар учун силжиш коэффициентларининг минимал қийматлари (9.7) формулага асосан:

$$\chi_{1\text{min}} = \frac{17 - 11}{17} = 0,3529,$$

$$\chi_{2\text{min}} = \frac{17 - 21}{17} = -0,2353.$$

2) Узатиш нисбати  $u_{12} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{21}{11} = 1,91$  бўлганлиги сабабли 2-жадвалга кўра  $\Delta y$  қийматни, сўнгра 3-жадвалга кўра  $\chi_1$  ва  $\chi_2$  қийматларни аниқлаймиз:  $\Delta y = 0,127, \chi_1 = 0,617, \chi_2 = 0,299$ .

3) Узатма учун филдираклар тишлари сони йиғиндиси  $z_\Sigma$  ва силжиш коэффициентлари йиғиндиси  $\chi_\Sigma$  га кўра илашиш бурчаги  $\alpha_0$  ни аниқлаймиз. Бунинг учун:

$$\chi_\Sigma = \chi_1 + \chi_2 = 0,617 + 0,299 = 0,916, \quad z_\Sigma = z_1 + z_2 = 11 + 21 = 32.$$

$\frac{1000 \chi_\Sigma}{z_\Sigma} = \frac{1000 \cdot 0,916}{32} = 28,625$  ларни ҳисоблаб, 105-шаклдаги номограммдан  $\alpha_0 = 26^\circ 26'$  ни аниқлаймиз.

4) Ўқлараро масофанинг ўзгариш коэффициенти (9.31) формулага асосан:

$$y = 0,916 - 0,127 = 0,789.$$



4- жадвал. Узатиш нисбати  $2 < u_{12} \leq 5$  бўлган ҳол учун  $\Delta y$  ва  $\chi_1$  нинг қийматлари

$e_1$	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$\Delta y$	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26
$\chi_1$	0,66	0,73	0,80	0,86	0,92	0,98	1,04	1,10	1,16	1,22	1,27

5- жадвал. Узатиш нисбати  $2 < u_{12} \leq 5$  бўлган ҳол учун  $\chi_2$  нинг қийматлари

$z_1$ нинг қийматлари	$z_1$ нинг қийматлари										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
25	0,442	0,425	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	0,501	0,486	0,471	0,463	—	—	—	—	—	—	—
35	0,556	0,542	0,528	0,522	0,518	0,512	0,505	—	—	—	—
40	0,610	0,596	0,582	0,577	0,575	0,569	0,560	0,560	0,553	—	—
45	0,661	0,648	0,635	0,632	0,628	0,624	0,620	0,616	0,611	0,606	0,566
50	0,709	0,696	0,685	0,684	0,682	0,677	0,674	0,671	0,667	0,662	0,623
55	0,754	0,745	0,734	0,732	0,731	0,728	0,727	0,722	0,720	0,716	0,677
60	—	0,789	0,782	0,780	0,779	0,778	0,777	0,773	0,772	0,769	0,729
65	—	—	0,822	0,825	0,826	0,827	0,825	0,823	0,821	0,820	0,778
70	—	—	—	0,866	0,870	0,872	0,874	0,871	0,869	0,868	0,828
75	—	—	—	—	0,909	0,914	0,917	0,920	0,919	0,916	0,876
80	—	—	—	—	—	0,954	0,957	0,961	0,962	0,965	0,924
85	—	—	—	—	—	—	0,998	1,01	1,003	1,008	0,964
90	—	—	—	—	—	—	—	1,042	1,046	1,048	1,005
95	—	—	—	—	—	—	—	—	1,086	1,088	1,045
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,129	1,087
105	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,131

10) Тишнинг ботиш баландлиги (9.28) формулага асосан:

$$h_\alpha = (2 \cdot 1 - 0,127) \cdot 8 = 14,984 \text{ мм.}$$

11) Тиш баландлиги (9.29) формулага асосан:

$$h = 14,984 + 0,25 \cdot 8 = 16,984 \text{ мм.}$$

12) Тиш чўққиси айланалари радиуслари (9.30) формулага асосан:

$$r_{a_1} = 38,936 + 16,984 = 55,92 \text{ мм,}$$

$$r_{a_2} = 76,392 + 16,984 = 93,376 \text{ мм.}$$

Ҳисоблашларнинг тўғрилиги қуйидагича текширилади:

$$a_\omega = r_{f_1} + c^* \cdot m + r_{a_2} = 38,936 + 0,25 \cdot 8 + 93,376 = 134,312 \text{ мм,}$$

$$a_\omega = r_{f_2} + c^* \cdot m + r_{a_1} = 76,392 + 0,25 \cdot 8 + 55,92 = 134,312 \text{ мм.}$$

13) Бўлувчи айланалар бўйича тиш қалинлиги (9.19) формулага асосан:

$$s_1 = \frac{3,14 \cdot 8}{2} + 2 \cdot 0,617 \cdot 8 \cdot 0,364 = 16,1536 \text{ мм.}$$

$$s_2 = \frac{3,14 \cdot 8}{2} + 2 \cdot 0,299 \cdot 8 \cdot 0,364 = 14,3016 \text{ мм.}$$

14) Станок илашмаси учун ассий контур ўрта модуль чизиғи бўйича тиш қалинлиги (9.2) формулага асосан:

$$s = \frac{3,14 \cdot 8}{2} = 12,56 \text{ мм.}$$

15) Бўлувчи айлана бўйича тиш қадами (9.22) формулага асосан:

$$p = \pi \cdot m = 3,14 \cdot 8 = 25,12 \text{ мм.}$$

16) Тиш бўйинининг эгриланиш радиуси (9.23) формулага асосан:

$$\rho_1 = \frac{0,25 \cdot 8}{1 - 0,34202} = 3,04 \text{ мм.}$$

4. Узатма олдиндан белгиланган ўқлараро масофа  $a_\omega$ , узатиш нисбати  $u_{12}$  ва модуль  $m$  ларга кўра қуйидаги тартибда ҳисобланади. Узатмани ноль узатма деб қараб қуйидаги тенгламаларни ёзамиз:

1)  $z'_1 + z'_2 = \frac{2 \cdot a_\omega}{m}$  ва  $u_{12} = \frac{z'_2}{z'_1}$  ифодалар биргаликда ечилиб, қилди-

рақларнинг шартли тишлари сони  $z'_1$  ва  $z'_2$  нинг қийматлари аниқланади. Агар улар бутун сон бўлса  $z'_1 = z_1$ ;  $z'_2 = z_2$  бўлади. Агар  $z'_1$  ва  $z'_2$  қийматлари бутун сонлар бўлмаса, уларнинг узатиш нисбати  $u_{12}$  ни рухсат этилган нисбий хато доирасида қаноатлантирадиган бутун  $z_1$  ва  $z_2$  сонларга яхлитлаш керак бўлади.

2) Формула (9.5) га кўра  $a = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$  ифода қиймати ҳисобланади.

3) Формула (9.26) га кўра ўқлараро масофанинг ўзгариш коэффициентини  $y$  аниқланади:

$$y = \frac{a_\omega - a}{m}.$$

Ҳисоблаш ишлари аналитик усулда давом эттирилганда <sup>1</sup>

(4) силжиш коэффициентларининг йиғиндиси формула (9.13) га кўра аниқланади:

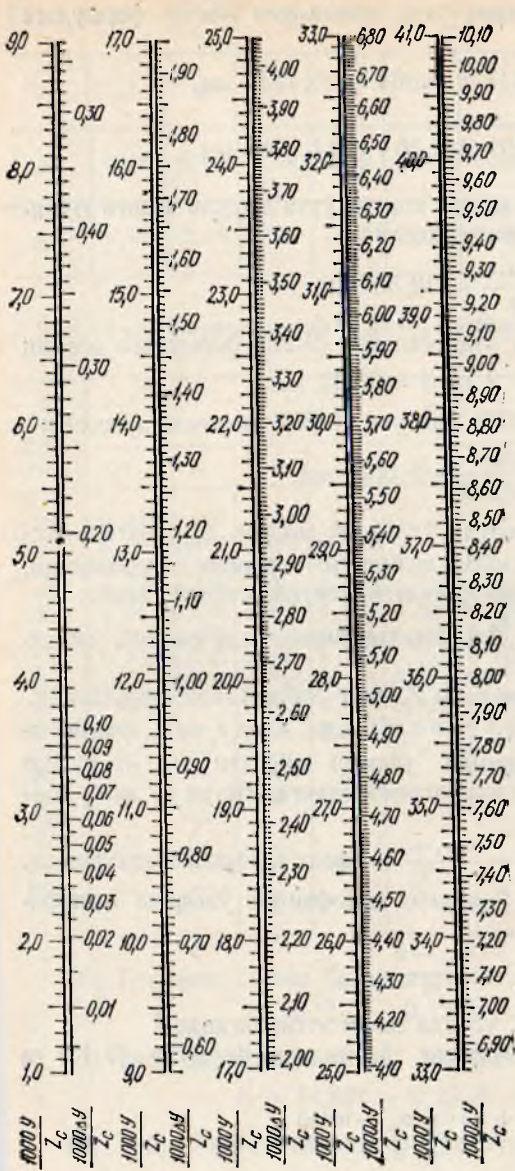
$$\chi_\Sigma = \frac{(z_1 + z_2) (\operatorname{inv} \alpha_\omega - \operatorname{inv} \alpha)}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}.$$

5) Илашиш бурчаги  $\alpha_\omega$  қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\cos \alpha_\omega = \frac{a \cdot \cos \alpha}{a_\omega}. \quad (9.32)$$

6) Тескари силжиш коэффициентини  $\Delta y$  формула (9.31) га кўра аниқланади:

$$\Delta y = \gamma_\Sigma - y.$$



:06- шакл.

7) Аниқланган  $\chi_z$  нинг қий-  
матини ташкил этувчиларга  
ажратиш учун формула (9.7)  
га кўра  $\chi_{1\min}$  ва  $\chi_{2\min}$  ларни  
аниқлаймиз, сўнгра  $\chi_1$  ва  $\chi_2$   
ларни белгилаймиз. Бунда қу-  
йдаги муносабат таъминлани-  
ши лозим:

$$\chi_1 \geq \chi_{1\min}; \chi_2 \geq \chi_{2\min}.$$

Ҳисоблаш ишлари 4- пункт-  
дан бошлаб графоаналитик  
усулда давом этгириладиган  
бўлса.

4') дастлаб тескари сил-  
жиш коэффициенти 106- шакл-  
да тасвирланган номограммадан  
аниқланади. Бунинг учун биз  
 $\frac{1000 \cdot y}{z_1 + z_2}$  ифодани олдинроқ ҳи-  
собла олишимиз зарур бўлади.

5') Сўнгра силжиш коэф-  
фициентларининг йиғиндиси  
 $\chi_z$  ни (9.31) формулага асо-  
сан қуйидагича аниқланади:

$$\chi_z = y + \Delta y.$$

6') Илашиш бурчаги  $\alpha_\omega$   
105- шаклда тасвирланган но-  
мограммадан аниқланади.

7') Аниқланган  $\chi_z$  нинг қий-  
мати 7- пунктдагидек ташкил  
этувчиларга ажратилади.

**Мисол.** Олдиндан белгилан-  
ган ўқлараро масофаси  $a_\omega =$   
 $= 170$  мм ва узатиш нисбати  
 $u_{12} = -2,06$  га кўра тўғри  
тишли ташқи илашмали узат-  
ма қуйида берилганларга кўра  
ҳисоблансин.

Қирқувчи рейкасимон асбоб  
параметрлари  $m = 8$  мм,  $\alpha =$   
 $= 20^\circ$ ,  $h_a^* = 1$ ,  $c^* = 0,25$ .

**Ечиш.** 1) Ғилдиракларнинг шартли тишлари сони  $z'_1$  ва  $z'_2$  ни аниқ-  
лаймиз:

$$z'_1 = \frac{2 \cdot a_\omega}{m(1 - u_{12})} = \frac{2 \cdot 170}{8(1 + 2,06)} = 13,89.$$

$z_1 = 14$  деб яхлитлаган ҳолда  $z'_2$  ни аниқлаймиз:

$z'_2 = z_1 \cdot u_{12} = 14 \cdot 2,06 = 28,84$ ,  $z_2 = 29$  деб қабул қиламиз. У ҳолда узатиш нисбати:  $u_{12} = -\frac{29}{14} = -2,07$ .

Нисбий хато 5 % дан кам бўлганлиги учун  $z_1 = 14$ ,  $z_2 = 29$  қийматларни қабул қиламиз.

2)  $a$  нинг қиймати (9.5) формулага асосан:

$$a = \frac{8(14 + 29)}{2} = 172 \text{ мм.}$$

3) Ўқлараро масофанинг ўзгариш коэффиценти  $y$  ни аниқлаймиз:

$$y = \frac{a_0 - a}{m} = \frac{170 - 172}{8} = -0,25.$$

4) Илашиш бурчаги  $\alpha_\omega$  ни (9.32) формулага асосан аниқлаймиз:

$$\cos \alpha_\omega = \frac{172 \cdot 0,9397}{170} = 0,9508,$$

$$\alpha_\omega = 18^\circ 03' \text{ инв } 18^\circ 03' = 0,010853.$$

5) Силжишнинг йиғинди коэффиценти (9.12) формулага асосан:

$$\chi_2 = \frac{(14 + 29)(0,010853 - 0,014904)}{2 \cdot 0,364} = -0,2393.$$

6) Тескари силжиш коэффиценти  $\Delta y$  (9.31) га асосан аниқланади:

$$\Delta y = -0,2393 - (-0,25) = 0,0107.$$

7) Силжиш коэффицентларининг минимал қийматлари (9.7) формулага асосан:

$$\chi_{1\min} = \frac{17 - 14}{17} = 0,1765, \quad \chi_{2\min} = \frac{17 - 29}{17} = 0,7059.$$

$\chi_1 > \chi_{1\min}$  ва  $\chi_2 > \chi_{2\min}$  қабул қиламиз.  $\chi_1 = 0,2$  деб олсак,  $\chi_1 > \chi_{1\min}$  бўлади.  $\chi_2 = \chi_2 - \chi_1 = -0,2393 - 0,2 = -0,4393$ ;  $-0,4393 > -0,7059$ ; демак,  $\chi_2 > \chi_{2\min}$ .

$\chi_1$  ва  $\chi_2$  қийматлар аниқлаб олинганидан сўнг қолган ҳисоблашлар ўқлараро масофани танлаш ихтиёрий бўлгандагидек давом этади.

## 9-§. ТИШЛИ ИЛАЩМА ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ ЧИЗИШ

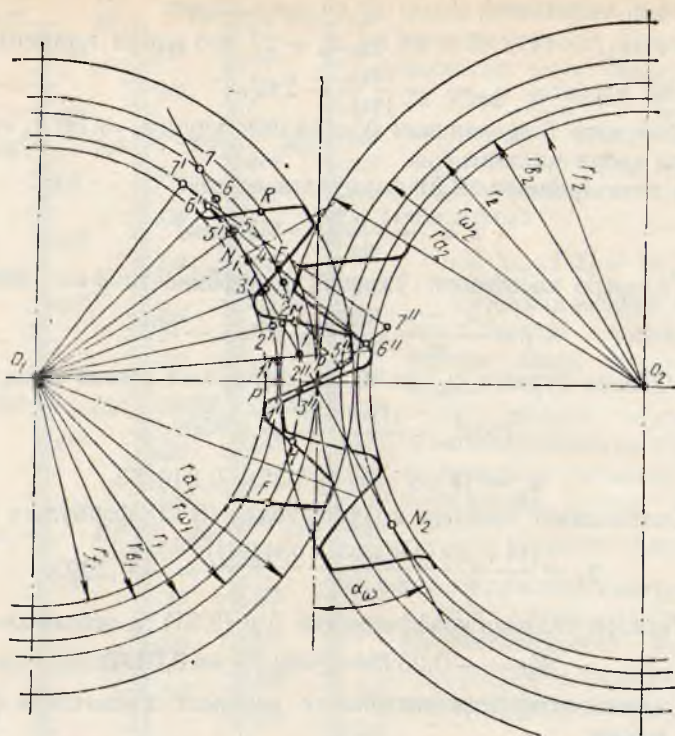
Курс лойиҳасида чизма масштаб коэффицентини шундай танлаш керакки, тишнинг чизмадаги баландлиги 50 мм дан кам бўлмасин.

Тиш профили қуйидаги кетма-кетликда чизилиши мақсадга мувофиқдир (107-шакл).

1) Чизмада ўзаро ўқлараро масофа  $a_\omega$  ни ташкил қилувчи филдираклар марказлари  $O_1$  ва  $O_2$  нуқталарни белгилаймиз. Белгиланган нуқталардан бошланғич  $r_{\omega_1}$  ва  $r_{\omega_2}$  бўлувчи  $r_1$  ва  $r_2$ , асосий  $r_{e_1}$  ва  $r_{e_2}$  ташқи  $r_{\alpha_1}$ ,  $r_{\alpha_2}$  ҳамда ички  $r_{j_1}$  ва  $r_{j_2}$  радиусли айланалар ўтказамиз.

Бошланғич айланалар ўзаро илашиш қутби  $P$  да уринади. Ўқларни туташтирувчи чизик бўйича бўлувчи айланалар оралиги  $y \cdot m$  ни





107- шакл.

ташкил қилади. Ана шу чизиқда бирор гилдиракнинг ташқи айланаси билан иккинчи гилдиракнинг ички айланаси орасидаги масофа  $C^*m$  га тенг бўлиб, у тишларнинг радиал орилиғини билдиради.

2) Илашиш қутби  $P$  нуқтадан ҳар иккала асосий айланага уринма қилиб илашиш чизиғи  $N_1 N_2$  ўтказилади. Илашиш чизиғининг ўқлар чизиғига  $P$  қутбдан ўтказилган перпендикуляр чизиқ билан ҳосил қилган бурчаги илашиш бурчаги  $\alpha_\omega$  бўлади.

( $N_1 P$ ) кесмани узунлиги 15—20 мм орилиғида бўлган ўзаро тенг бўлақларга ажратамиз [т]. ( $P1$ ) = ( $12$ ) = ( $23$ ) = ... бўлақлар, ( $N_1 P$ ) ёйни ҳам шунча бўлақларга бўламиз ( $\overset{\frown}{(P'1')}$ ) = ( $\overset{\frown}{(1'2')}$ ) = ( $\overset{\frown}{(2'3')}$ ) = ...). Шунингдек,  $P N_1$  чизиғининг  $N_1$  нуқтаси давомида ҳам ( $P1$ ) кесмага тенг бўлган кесма бўлақларини белгилаймиз ((45) = (56) = ...). Унга мос равишда асосий айланадаги  $\overset{\frown}{P_1 N_1}$  ёйнинг  $N_1$  нуқтаси давомида ўлчами ( $\overset{\frown}{(P'1')}$ ) ёй бўлагига тенг бўлган ёй бўлақлари ( $\overset{\frown}{(4'5')}$ ) =  $\overset{\frown}{(5'6')}$  = ...) белгиланади.

Асосий айланадаги  $1', 2', 3', \dots$  нуқталардан мос равишдаги  $O_1 1', O_1 2', O_1 3', \dots$ , радиусларга перпендикуляр чизиқлар (айланага уринмалар) ўтказилади. Ўтказилган чизиқларнинг уриниш нуқталари  $1', 2',$

3' ... дан ўлчамлари (1P), (2P), (3P) ... ларга мос равишда тенг бўлган кесма бўлаклари (1' 1''), (2' 2''), (3' 3'') ... лар қўйилади.

Ҳосил бўлган P', 1'', 2'', ... нуқталар узлуксиз раван эгри чизиқ билан ўзаро туташтирилиб, биринчи ғилдирак учун эвольвента чизиғи қурилади. Иккинчи ғилдиракнинг эвольвента чизиғи ҳам худди шу тарзда қурилади.

3) Эвольвента юқори томондан ташқи айлана билан, асос томонда эса ички айланага ўтадиган эгри чизиқ билан чегараланади.

Шуни айтиб ўтиш керакки, ички айлана радиуси  $r_i$  асосий айлана радиуси  $r_b$  дан катта, унга тенг ёки ундан кичик бўлиши мумкин. Бу ҳол ғилдирак тишлари сони ва силжиш коэффициенти  $\chi$  нинг қийматлари билан белгиланади:  $\downarrow$

$$\text{агар } z \geq \frac{2,5 - 2 \cdot \chi}{0,06} \text{ бўлса, } r_i \geq r_b ;$$

$$z < \frac{2,5 - 2 \cdot \chi}{0,06} \text{ бўлса, } r_i < r_b \text{ бўлади.}$$

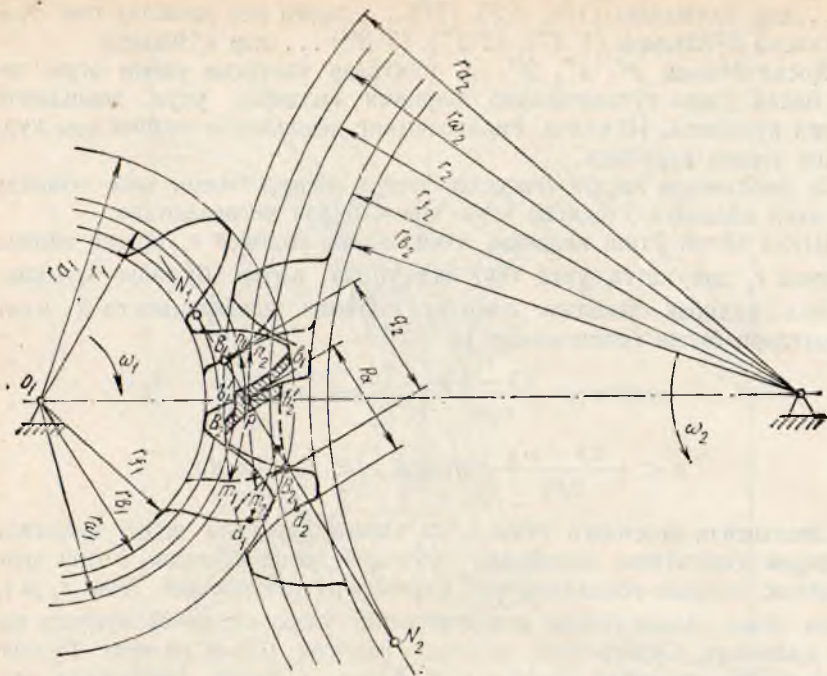
Эвольвента асосидаги ўтиш эгри чизиғи қирқувчи асбоб ёрдамида ғилдирак қирқилиши жараёнида ўз-ўзидан ҳосил бўлади. Ўтиш эгри чизиғини чизмада соддалаштириб қуришга рухсат этилади. Агар  $z_i \geq z_b$  бўлса, ички айлана билан эвольвентанинг ўзаро кесишиш нуқтаси ҳосил қилинади. Сўнгра тиш асосида радиуси  $0,3 \cdot m$  га тенг бўлган ўтиш чизиғи қурилади. Агар  $r_i < r_b$  бўлса, у ҳолда эвольвента асосидан ички айланага радиал чизиқ ўтказилади. Сўнгра тиш асосида радиуси  $0,3 \cdot m$  га тенг бўлган ўтиш эгри чизиғи қурилади.

4) Эвольвентанинг бўлувчи айлана билан кесишиш нуқтаси B дан бошлаб, ҳар бирининг узунлиги тиш қадами  $P = (\pi \cdot m)$  га тенг бўлган  $\sim(BE)$  ёй бўлагини биринчи ғилдирак бўлувчи айланасининг бир томонидан,  $\sim(BF)$  ёй бўлагини эса ана шу ғилдирак бўлувчи айланасининг иккинчи томонидан белгилаймиз. Аниқланган, E, B, F нуқталардан ҳар бирининг узунлиги тиш қалинлиги s га тенг бўлган ёй бўлаклари  $\sim(ER)$ ,  $\sim(BM)$ ,  $\sim(FH)$  ни бўлувчи айланада белгилаймиз. Сўнгра  $\sim(ER)$ ,  $\sim(BM)$ ,  $\sim(FH)$  ёй бўлақларининг тенг ўрталарини белгилаб, белгиланган нуқталарни ғилдирак маркази  $O_1$  нуқта билан туташтирамиз ва тишларнинг симметрия ўқларини ҳосил қиламиз. Шундан сўнг, қаттиқ қоғоздан тиш ярми учун андоза тайёрланиб, қолган тишларнинг эвольвента профиллари қурилади, Ҳар бир ғилдирак учун утадан тиш профили қурилиши керак.

## 10- §. АКТИВ ИЛАШИШ ЧИЗИҒИНИ, ИЛАШИШ ЁЙИНИ ВА ТИШ ПРОФИЛИНИНГ АКТИВ ҚИСМИНИ ҚУРИШ

1. Илашиш чизиғи. Назарий илашиш чизиғи  $N_1 N_2$  нинг ( $B_1 B_2$ ) бўлаги актив илашиш чизиғи дейилади.

Назарий илашиш чизиғи деб асосий айланаларга ўтказилган уринма чизиқнинг уриниш нуқталари  $N_1$  ва  $N_2$  ларнинг оралиғидаги бўлагига айтилади. 108- шакл.



108- шакл.

Актив илашиш чизиғи деб назарий илашиш чизигининг ташқи айланалар билан кесишуви натижада ҳосил бўлган нуқталар орасидаги бўлагига айтилади. Актив илашиш чизиғи тиш профиллари уриниш нуқталарининг гесметрик ўрнидир.

2. Тишларнинг ўзаро мос келувчи нуқталари деб турли филдираклар тишларидаги шундай иккита нуқтага айтиладики, улар актив илашиш чизиғида ўзаро уринади. Актив илашиш чизигининг бирор  $D$  нуқтасида (108-шакл) ўзаро уринадиган турли филдираклар тишлари профилидаги мос нуқталарни аниқлаш учун ана шу нуқтадан биринчи филдирак тиш профили билан кесишгунча ўтказамиз ва  $d_1$  нуқтани белгилаймиз. Сўнгра  $O_2D$  радиусли ёйни иккинчи филдирак тиш профили билан кесишгунча ўтказамиз ва  $d_2$  нуқтани белгилаймиз. Аниқланган  $d_1$  ва  $d_2$  нуқталар тишларнинг ўзаро мос келувчи нуқталари дейилади.

3. Тиш профилларининг иш қисми. Тиш профилларининг илашишда қатнашадиган қисмига тиш профилининг иш қисми ёки актив қисми дейилади. Тиш профилининг иш қисми узунлигини топиш учун бирор филдирак тиш профилининг учига мос келувчи бошқа филдирак профилидаги нуқтани аниқлаш керак. Тиш учидан ана шу тишда аниқланган мос нуқтагача бўлган тиш профилининг эвольвента қисми тишнинг иш қисмидир.

4. Илашиш ёйи. Бир жуфт тишнинг илашиши жараёнида бошланғич айланаларга тегишли нуқталарнинг босиб ўтган йўллари илашиш

ёйлари дейилади. Бошланғич айланалар ўзаро сирпанмасдан ҳаракатланганлиги сабабли иккала илашувчи филдиракка тегишли илашиш ёйлари узунлиги ўзаро тенг бўлади.

Илашиш ёйининг узунлигини аниқлаш учун (108- шакл) тиш профилларини илашиш бошланадиган ва тугайдиган ҳолатларда пунктир чизиқлари билан кўрсатиш керак.

Бошланғич айланаларнинг бу профиллар кесишиши натижасида ҳосил бўлган бўлаклари илашиш ёйлари бўлади.

Чизмада  $\sim(n_1, m_1)$  ва  $\sim(n_2, m_2)$  иккала филдирак бошланғич айланаларидаги илашиш ёйлариدير.

5) Қопланиш коэффициентини  $\epsilon$  ни аниқлаш формуласи:

$$\epsilon = \frac{(B_1 B_2)}{P_\alpha} = \frac{q_\alpha}{P_\alpha}$$

$\sim(B_1 B_2)$ ,  $q_\alpha$  мос равишда актив илашиш чизигини ва асосий айлана бўйича ўлчанадиган илашиш ёйини ифодалайди. Қопланиш коэффициентини аналитик усулда формула (9.21) га кўра аниқлаш мумкин. Қопланиш коэффициентини  $\epsilon$  нинг қиймати 1 дан кам бўлиши мумкин эмас. Чунки бунда тишлар илашмасида узилиш пайдо бўлиб, натижада тишлар бир-бирига зарб билан урилади ва шовқин кучаяди. Лойиҳалашда  $\epsilon \geq 1$ , 1 бўлиши талаб қилинади.

#### 79 — 84- масалалар.

79 — 84- масалаларни ечишда ҳисоблаш формулаларини 6- жадвалдан олиш мумкин.

79. Параметрлари  $\alpha = 20^\circ$ ,  $m = 10$  мм,  $h_a^* = 1$ ,  $c^* = 0,25$  бўлган рейкасимон қирқувчи асбоб ёрдамида тишлари сони  $z = 20$  бўлган стандарт (ноль) филдирак ҳосил қилинган. Филдирак тишининг бўлувчи ва тиш чўққиси айланалари бўйича ўлчанадиган қалинликлари аниқлансин.

80. Параметрлари  $\alpha = 20^\circ$ ,  $m = 10$  мм,  $h_a^* = 1$ ,  $c^* = 0,25$  бўлган рейкасимон қирқувчи асбоб ёрдамида тишлари сони  $z_1 = 10$ ,  $z_2 = 20$  бўлган филдираклар ҳосил қилинган. Силжиш коэффициентлари фақат тиш асосида қирқилиш юз бермаслигини таъминлайди ва у ҳар бир

филдирак учун  $\chi_{\min} = \frac{z_{\min} - z}{z_{\min}}$  формула ёрдамида ҳисобланади. Узатманинг ўқлараро масофаси  $a_w$  аниқлансин.

81. Параметрлари  $\alpha = 20^\circ$ ,  $m = 10$  мм,  $h_a^* = 1$ ,  $c^* = 0,25$  бўлган рейкасимон қирқувчи асбоб ёрдамида тишлари сони  $z = 10$  бўлган филдирак ҳосил қилинган. Тишнинг чўққисидан ўтувчи айлана бўйича қалинлиги  $s_a = 3$  мм. Рейканиннг силжиш коэффициентини ҳамда силжиш масофаси аниқлансин.

82. Қийматлари маълум бўлган қуйидаги параметрларига кўра филдиракнинг тишлар сони  $z$  аниқлансин:  $r_f = 40$  мм,  $m = 10$  мм,  $\chi = 0,75$ .

83. Эвольвента профилли ташқи илашмали узатма лойиҳаланган. Лойиҳаланган филдираклар учун тишлар сони  $z_1 = 20$ ,  $z_2 = 40$  бўлиб,

## 6-жадвал. Тўғри тишли цилиндрик илашманинг асосий ўлчамларини ҳисоблаш формуллари

Ҳисобланадиган параметрлар	Белгиси	Илашманинг тури		
		Ноль $\chi_\Sigma = 0; \chi_1 = \chi_2 = 0;$ $y = \Delta y = 0$	Ноль (тенг сурилган) $\chi_\Sigma = 0;$ $\chi_1 = -\chi_2 \neq 0; y = \Delta y = 0$	Мусбат ёки манфий (тенг сурилмаган) $\chi_\Sigma \neq 0; y \neq 0; \Delta y \neq 0$
Тиш қадами (бўлувчи айлана бўйича)	$p$	$p = \pi \cdot m$	$p = \pi \cdot m$	$p = \pi \cdot m$
Бўлувчи айлана радиуси	$r_1$	$r_1 = m \cdot \frac{z_1}{2}$	$r_1 = m \cdot \frac{z_1}{2}$	$r_1 = m \cdot \frac{z_1}{2}$
	$r_2$	$r_2 = m \cdot \frac{z_2}{2}$	$r_2 = m \cdot \frac{z_2}{2}$	$r_2 = m \cdot \frac{z_2}{2}$
Асосий айлана радиуси	$r_{a_1}$	$r_{a_1} = r_1 \cdot \cos \alpha$	$r_{a_1} = r_1 \cdot \cos \alpha$	$r_{a_1} = r_1 \cdot \cos \alpha$
	$r_{a_2}$	$r_{a_2} = r_2 \cdot \cos \alpha$	$r_{a_2} = r_2 \cdot \cos \alpha$	$r_{a_2} = r_2 \cdot \cos \alpha$
Тиш қалинлиги (бўлувчи айлана бўйича)	$s_1$	$s_1 = \frac{1}{2} p$	$s_1 = \frac{1}{2} p + 2 \cdot \chi_1 \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha$	$s_1 = \frac{1}{2} p + 2 \cdot \chi_1 \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha$
	$s_2$	$s_2 = \frac{1}{2} p$	$s_2 = \frac{1}{2} p + 2 \cdot \chi_2 \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha$	$s_2 = \frac{1}{2} p + 2 \cdot \chi_2 \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha$

Давоми

Ҳисобланадиган параметрлар	Белгиси	Илашманинг тури		
		Ноль $\chi_\Sigma = 0; \chi_1 = \chi_2 = 0;$ $\Delta y = 0$	Ноль (тенг сурилган) $\chi_\Sigma = 0; \chi_1 = -\chi_2 \neq 0; y = \Delta y = 0$	Мусбат ёки манфий (тенг сурилмаган) $\chi_\Sigma \neq 0; y \neq 0; \Delta y \neq 0$
Тиш ботиғи айланасининг радиуси	$r_{f_1}$	$r_{f_1} = r_1 - m (h_a^* + c^*)$	$r_{f_1} = r_1 - m (h_a^* + c^* - \chi_1)$	$r_{f_1} = r_1 - m (h_a^* + c^* - \chi_2)$
	$r_{f_2}$	$r_{f_2} = r_2 - m (h_a^* + c^*)$	$r_{f_2} = r_2 - m (h_a^* + c^* - \chi_2)$	$r_{f_2} = r_2 - m (h_a^* + c^* - \chi_1)$
Ўқлараро масофа	$a$ $a_\omega$	$a = \frac{m \cdot z_\Sigma}{2}$	$a = \frac{m \cdot z_\Sigma}{2}$	$a_\omega = m \left( \frac{z_\Sigma}{2} + y \right)$
Бошланғич айлана радиуси	$r_{\omega_1}$	$r_{\omega_1} = r_1$	$r_{\omega_1} = r_1$	$r_{\omega_1} = r_1 \left( 1 + \frac{2 \cdot y}{z_\Sigma} \right)$
	$r_{\omega_2}$	$r_{\omega_2} = r_2$	$r_{\omega_2} = r_2$	$r_{\omega_2} = r_2 \left( 1 + \frac{2 \cdot y}{z_\Sigma} \right)$
Тишнинг ботиш баландлиги	$h_\alpha$	$h_\alpha = 2 \cdot m \cdot h_a^*$	$h_\alpha = 2 \cdot m \cdot h_a^*$	$h_\alpha = m (2 \cdot h_a^* - \Delta y)$
Тиш баландлиги	$h$	$h = h_\alpha + c^* \cdot m$	$h = h_\alpha + c^* \cdot m$	$h = h_\alpha + c^* \cdot m$
Тиш чуққиси айланасининг радиуси	$r_{a_1}$	$r_{a_1} = r_{f_1} + h$	$r_{a_1} = r_{f_1} + h$	$r_{a_1} = r_{f_1} + h$
	$r_{a_2}$	$r_{a_2} = r_{f_2} + h$	$r_{a_2} = r_{f_2} + h$	$r_{a_2} = r_{f_2} + h$

Э с л а т м а: Индексдаги 1 рақами тишлари сони кам бўлган  $z_1$  гилдиракка ва 2 рақами тишлари сони кўп бўлган  $z_2$  гилдиракка тегишли,

улар  $m = 5$  мм га тенг стандарт филдираклар бўлиши лозим эди. Йиғиш вақтида эса ўқлараро масофа дастлабки ҳисобланган қийматдан 8 мм га ортиқ чиқиб қолди. Ҳосил бўлган илашиш бурчаги  $\alpha_\omega$  ва бошланғич айланалар радиуслари  $r_{\omega_1}$ ,  $r_{\omega_2}$  лар аниқлансин.

84. Қуйида берилган қийматларга кўра узатманинг қопланиш коэффициентини  $\varepsilon$  аниқлансин.

Қирқувчи рейкасимон асбобнинг параметрлари:  $\alpha = 20^\circ$ ,  $m = 10$  мм  $h_a^* = 1$ ,  $c^* = 0,25$ . Филдираклар тишлари сони:  $z_1 = 10$ ,  $z_2 = 20$ . Узатманинг ўқлараро масофаси  $a_\omega = 160$  мм.

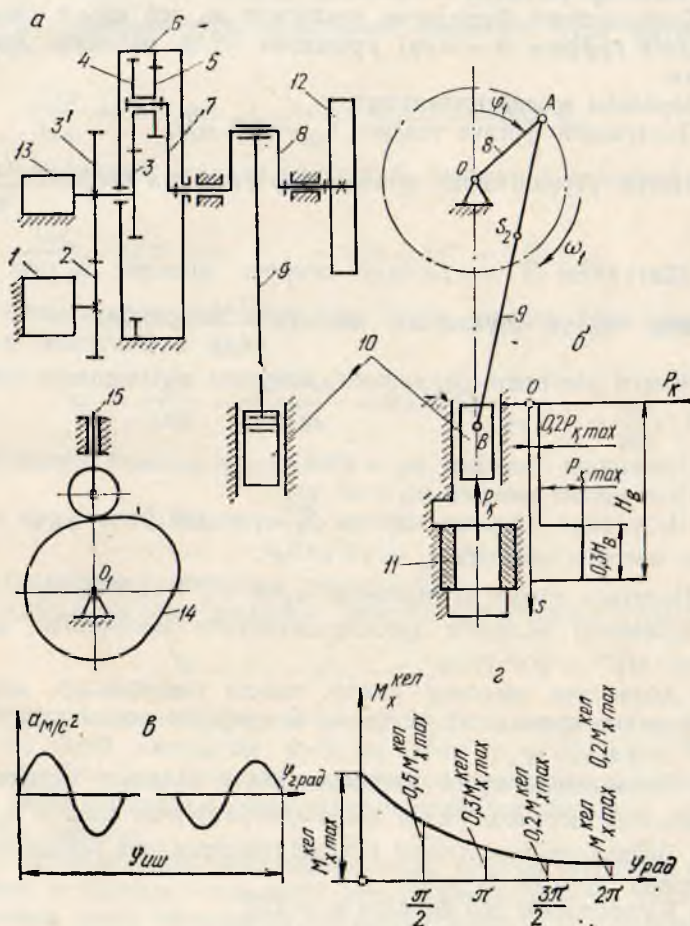
## Учинчи қисм

# ИШ МАШИНАЛАРИНИ КОМПЛЕКС ЛОЙИҲАЛАШ ВА ТАДҚИҚ ЭТИШ

## 10- боб. КРИВОШИП-ПОЛЗУНЛИ ПРЕСНИ ЛОЙИҲАЛАШ ВА ТЕКШИРИШ

### 1- §. ПРЕСНИНГ ТУЗИЛИШИ, ЛОЙИҲАЛАШ ШАРТЛАРИ, БЕРИЛГАН ҚИЙМАТЛАР

1. Вертикал кривошип-ползунли пресс хом ашёни совуқлайин итамплаш (шунингдек ўйиш, эгиш, тортиш ва ҳ. к.) учун хизмат қилади.



109- шакл.

Ҳаракат электр двигатели 1 дан (109- шакл, а) тишли илашма 2,3' ҳамда планетар узатма 3, 4, 5 ва унинг водилоси 7 орқали кривошип 8 га узатилади. Кривошип ўз навбатида шатун 9 орқали детални штампловчи ползун 10 га куч узатади. Пресслаш жараёнида ползунга таъсир этувчи қаршилик кучининг ўзгариш қонуни 109-шакл, б да кўрсатилган. Кривошип валидаги ҳаракатлангирувчи момент  $M^{кел}$  нинг ўзгариши 109- шакл, в да кўрсатилган. Кривошип валининг ўнг томонида ўрнатилган маховик 12 нинг инерция моменти пресслаш ишининг амалга ошишига ёрдам беради. Валнинг чап томонида ўрнатилган турткичдан мой насоси 13 ҳаракат олади.

Турткич 15 тезланишининг ўзгариш қонуни синусоида кўринишига эга (109- шакл, в).

2. Илова.

1) Ғилдираклар 2, 3 нинг модули 5 га тенг қилиб олинсин.

2) Планетар узатмада сателлитлар сони  $k = 3$  бўлади.

3) Кривошипнинг бошланғич тезлигини  $\omega_1$  деб қабул қилиб, бурчак тезлиги графиги  $\omega = \omega(\varphi)$  кривошип тўла айланиш жараёнида қурилсин.

3. Берилган асосий қийматлар:

1) Ползуннинг ўртача тезлиги  $v_{ур} = 0,8$  м/с.

2) Шатун узунлигининг кривошип узунлигига нисбати  $\frac{l_{AB}}{l_{OA}} = 3,4$ .

3) Шатуннинг А нуқтасидан оғирлик маркази  $S_2$  гача бўлган массфанинг шатун узунлигига нисбати  $\frac{l_{AS_2}}{l_{AB}} = 0,28$ .

4) Электр двигатели роторининг минутига айланишлари сони  $n_2 = 1398 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$ .

5) Шатуннинг массаси  $m_2 = 40$  кг.

6) Ползуннинг массаси  $m_n = 50$  кг.

7) Шатуннинг оғирлик маркази  $S_2$  нуқтадан ўтган ўққа нисбатан олинган инерция моменти  $I_{s_2} = 10$  кг·м<sup>2</sup>.

8) Ползунга қўйилган қаршилик кучи  $P_{к}^{\max} = 3000$  Н.

9) Кривошип валидаги ҳаракатлангирувчи моментнинг максимал қиймати.  $M_x^{\max} = 200$  Н·м.

10) Айланувчи звенолар (ротор, тишли ғилдираклар, маховик га ҳ. к.) ларнинг кривошипга келтирилган инерция моментлари йиғиндисини  $J_1^{кел} = 1,4$  кг·м<sup>2</sup>.

11) Механизмни кучга ҳисоблаш учун айланма ҳаракатланувчи бош звенонинг вертикал ўқдан ҳосил қилган бурчак ҳолати:  $\varphi_1 = 150^\circ$ .

12) Лойиҳаланувчи тишли илашма ғилдираклари тишларининг сон қийматлари:  $z_2 = 12$ ,  $z_3 = 20$ .

13) Кулачокнинг иш бурчаги  $\varphi = 125^\circ$ .

14) Кулачок турткичининг йўли  $h = 10$  мм.



15) Экцентритет  $e = 3$  мм.

16). Босим бурчагининг максимал қиймати  $\alpha_{\text{рух}} = 30^\circ$ .

17). Кривошипнинг минутига айланишлар сони:  $n_8 = 47 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$ .

## 2- §. РИЧАГЛИ МЕХАНИЗМНИ ГЕОМЕТРИК ЛОЙИХАЛАШ ВА УНИНГ ТУЗИЛИШНИ ТЕКШИРИШ. МЕХАНИЗМ ҲОЛАТИНИ ҚУРИШ

1. Кривошип-ползунли механизм звеноларининг узунлик ўлчамларини аниқлаймиз.

Кривошипнинг узунлиги поршеннинг ўртача тезлиги ва кривошипнинг минутига айланишлари сонига кўра аниқланади:

$$l_{OA} = \frac{15 \cdot v_{\text{ур}}}{n_8} = \frac{15 \cdot 0,8}{47} = 0,255 \text{ м.}$$

Шатун ва кривошип узунликларининг нисбатига кўра шатуннинг узунлиги:

$$\frac{l_{AB}}{l_{OA}} = 3,4 \text{ дан } l_{AB} = 3,4 \cdot 0,255 = 0,867 \text{ м.}$$

Шатун звеносидаги оғирлик маркази  $S_2$  нуқтанинг ҳолатини аниқлаймиз:

$$\frac{l_{AS_2}}{l_{AB}} = 0,28 \text{ дан } l_{AS_2} = 0,28 \cdot 0,867 = 0,243 \text{ м.}$$

Чизма кўламини ҳисобга олиб, энг катта звенога кўра узунлик масштабини белгилаймиз, яъни

$$\mu_l = \frac{l_{AB}}{(AB)} = \frac{0,867 \text{ м}}{340 \text{ мм}} = 0,00255 \frac{\text{м}}{\text{мм}}.$$

Кривошипнинг чизмадаги узунлиги

$$(OA) = \frac{l_{OA}}{\mu_l} = 100 \text{ мм.}$$

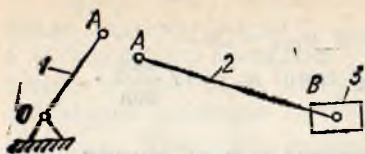
2. Механизмнинг тузилишини текшираимиз.

Унинг қўзғалувчанлик даражаси Чебишев формуласига кўра аниқланади:

$$W = 3n - 2p_1 - p_2,$$

бунда: қўзғалувчи звенолар сони  $n = 3$ ; Қуйи кинематик жуфтлар сони  $p_1 = 4$ ; Олий кинематик жуфтлар сони  $p_2 = 0$ ; демак,  $W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1$ , яъни механизмнинг ягона етакловчи звеноси бор. Етакловчи звено сифатида ҳаракат қонуни олдиндан берилган кривошипни қабул қиламиз.

Ассур — Аргоболевский классификацияси бўйича берилган механизм I класс механизми — етакловчи звено кривошипдан ва унга боғланган айланма ҳамда илгарилама кинематик жуфтли II класс звенолар группасидан ташкил топган (110- шакл).



110- шакл.

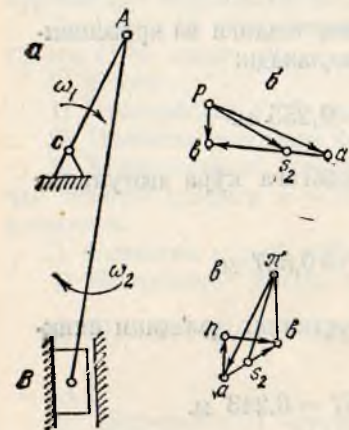
Демак, механизм II классга оид бўлиб, унинг тузилиш формуласи қуйидагича:

$$I_{(0,1)} \rightarrow II_{(2,3)}$$

3. Механизм ҳолатини қуриш учун дастлаб кривошипнинг айланиш маркази  $O_1$  нуқтани белгилаймиз.  $O$  нуқтадан цилиндрнинг ўқ чизигини ўтказамиз. Сўнг-ра кривошипнинг бирор ҳолати қурилади. Қурилган ҳолатнинг шатун билан ҳосил қилувчи айланма кинематик жуфти бўлган  $A$  нуқтани марказ қилиб, шатун узунлигининг чизма ифодасига тенг бўлган радиус билан цилиндр ўқини кесиб ўтувчи ёй бўлакчасини ўтказамиз ва шатуннинг ползун билан айланма кинематик жуфти  $B$  нуқтани ҳосил қиламиз. Сўнг-ра ползун ва цилиндрнинг ҳосил қилган илгариланма кинематик жуфтини тасвирлаймиз. Бунда ползун диаметри узунлик масштабида кўрсатилади (112- шакл).

Шатунда унинг оғирлик маркази  $S_2$  нуқтани кўрсатиш учун унинг  $A$  нуқтасидан ( $AS_2$ ) кесма ўлчаб қўямиз.

Механизмнинг 12 ҳолатини қуриш учун кривошипнинг ўзаро  $30^\circ$  бурчак билан фарқ қилувчи ҳолатлари қурилади.



111- шакл.

Механизмнинг қолган ҳолатлари юқорида баён этилган тартибда қурилади.

Шатуннинг 12 ҳолатидаги оғирлик маркази бўлган  $S_2$  нуқталарни лекало эгри чизиги ёрдамида узлуксиз туташтириб  $S_2$  нуқтанинг траекторияси ҳосил қилинади.

### 3- §. МЕХАНИЗМНИ КИНЕМАТИК ТЕКШИРИШ

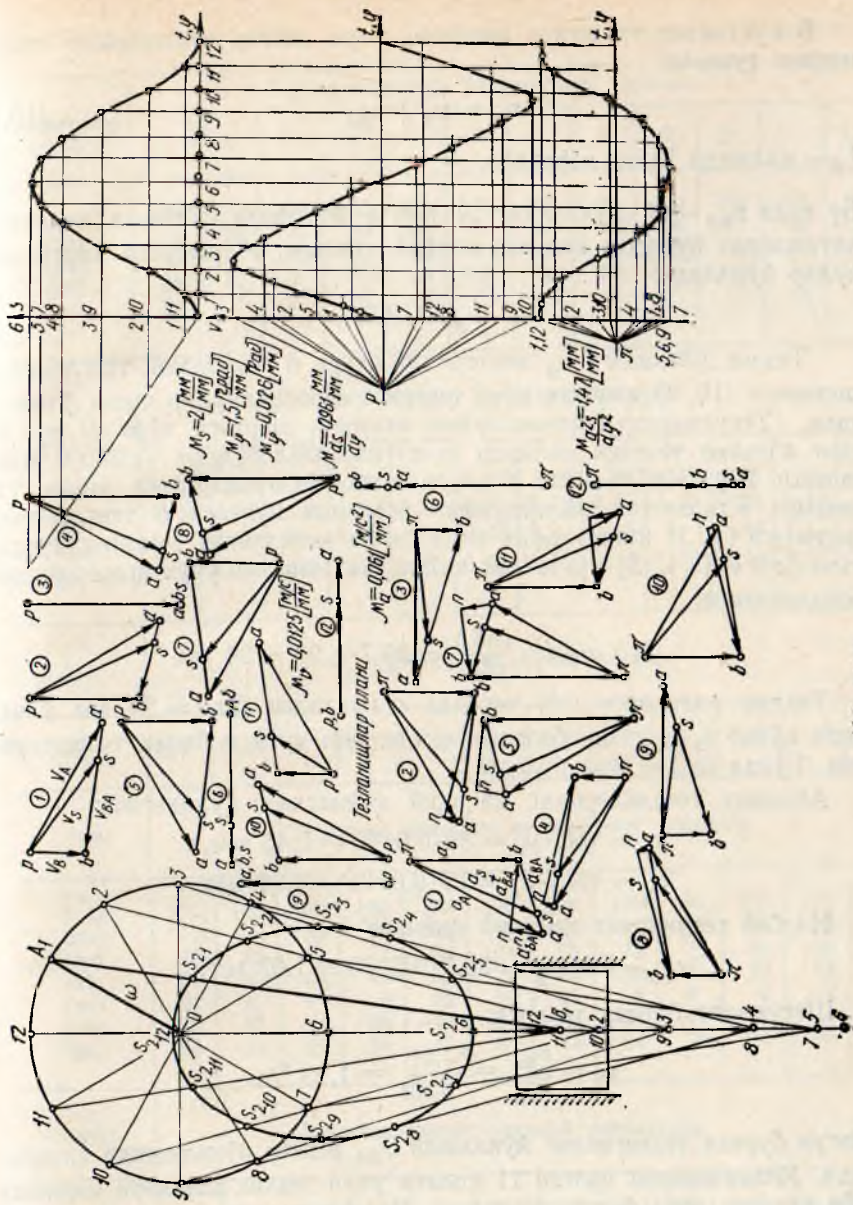
Механизмни кривошипнинг вертикал ўқидан  $30^\circ$  бурчак ҳосил қилувчи вазияти учун кинематик текширамиз (111- шакл ва 112- шакл). Кривошип  $A$  нуқтасининг тезлиги қуйидагича аниқланади:

$$v_A = l_{OA} \cdot \omega_1$$

Танланган тезлик қутби  $p_v$  га  $A$  нуқта тезлик векторини бирор ( $pa$ ) = ( $OA$ ) кесма тарзида олиб қўямиз. Бунда  $pa \perp OA$  бўлади.

Тезлик масштаби

$$\mu_v = \frac{\text{ҳақиқий тезлик}}{\text{чизма ифодаси}} = \frac{v_A}{(v_A)} = \frac{(OA) \cdot \mu_l \cdot \omega_1}{(pa)} = \mu_l \cdot \omega_1 = 0,00255 \cdot 4,91 = 0,0125 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}}, \text{ бу ерда } \omega_1 = \frac{\pi \cdot n_8}{30} = \frac{3,14 \cdot 47}{30} = 4,91 \text{ 1/с.}$$



112. шаг.

$B$  нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун вектор тенгламалар системасини тузамиз:

$$v_B = \bar{v}_A + \bar{v}_{BA} \quad (10.1)$$

$v_B$  — цилиндр ўқиға параллел.

Бу ерда  $v_{BA}$  —  $B$  нуқтанинг  $A$  нуқта атрофида айланма ҳаракати натижасида вужудга келувчи нисбий тезлиги. У шатунга перпендикуляр йўналади:

$$v_{BA} \perp AB.$$

Тезлик планидаги  $\bar{v}_A$  векторнинг охири  $a$  нуқтадан тенгламалар системаси (10.1) шартига кўра шатунга перпендикуляр чизиқ ўтказилади. Тенгламалар системасининг иккинчи шартига кўра  $B$  нуқтанинг абсолют тезлиги цилиндр ўқиға параллел бўлган чизиқда жойлашади. Шу сабабли қутб  $p$  дан цилиндр ўқиға параллел чизиқ ўтказамиз. Ўтказилган чизиқларнинг кесишиш нуқтаси  $b$  тенгламалар системаси (10.1) нинг график усул билан аниқланган ечимини беради, яъни  $(pb) = (v_a)$ .  $S_2$  нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун пропорциядан фойдаланамиз:

$$(as_2) = (ab) \cdot \frac{(AS_2)}{(AB)} = 85,7 \cdot 0,28 = 24 \text{ мм.}$$

Тезлик планидаги  $(ab)$  кесмада  $a$  нуқтадан  $(as_2) = 24$  мм ўлчамини қўйиб  $s_2$  нуқтани белгилаймиз ва уни қутб  $p$  билан туташтирамиз. Бунда  $(vs_2) = (ps_2)$  бўлади.

Абсолют тезликларнинг ҳақиқий қийматлари қуйидагича:

$$v_a = (pb) \cdot \mu_v = 36 \cdot 0,0125 = 0,45 \text{ м/с,}$$

$$v_{s_2} = (ps_2) \cdot \mu_v = 75 \cdot 0,0125 = 0,94 \text{ м/с.}$$

Нисбий тезликнинг ҳақиқий қиймати:

$$v_{BA} = (ab) \cdot \mu_v = 85,7 \cdot 0,0125 = 1,07 \text{ м/с.}$$

Шатуннинг бурчак тезлиги:

$$\omega_2 = \frac{v_{BA}}{l_{AB}} = \frac{1,07}{0,867} = 1,23 \text{ }^1/\text{с.}$$

Шатун бурчак тезлигининг йўналиши  $\vec{v}_{BA}$  вектор йўналишида аниқланади. Механизмнинг қолган 11 ҳолати учун тезлик планлари юқорида баён этилган усул билан қурилади. Механизмнинг ҳамма ҳолатлари учун звенонинг чизиқли тезлик ва бурчак тезлик қийматлари 7-жадвалда келтирилган.

2. Кривошип ўзгармас бурчак тезлик билан ҳаракатланади деб қарасак,  $A$  нуқтанинг тезланиши нормал тезланишдан иборат бўлиб қуйидагича аниқланади:

$$a_A = a_{AO}^n = \omega_1^2 \cdot l_{OA} = \omega_1^2 (OA) \cdot \mu_l.$$

Параметрлар (мм)	Тезлик планидаги кесмаларнинг узунлиги											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(pa)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
(pb)	36	73	100	99	64	0	63	99	100	73	37	0
(ps)	78	90	100	97	82	72	82	92	100	90	78	72
(ab)	88	52	0	52	88	100	88	52	0	52	88	100
(as)	24	13	0	15	24	28	24	15	0	15	24	28
м/с	Тезликларнинг ҳақиқий қийматлари											
$v_A$	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
$v_B$	0,45	0,91	1,25	1,23	0,8	0,7	0,78	1,23	1,25	0,91	0,46	0
$v_{BA}$	1,1	0,65	0	0,65	1,1	1,25	1,1	0,65	0	0,65	1,1	1,25
$v_S$	0,97	1,12	1,25	1,21	1,02	0,9	1,02	1,15	1,25	1,12	0,97	0,9
1/с	Шатуннинг бурчак тезлиги											
$\omega_2$	1,27	0,75	0	0,75	1,27	1,44	1,27	0,75	0	0,75	1,27	1,44
(мм)	Тезланиш планидаги кесмаларнинг узунлиги											
(па)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
(pb)	72	64	30	36	103	129	100	36	30	66	73	71
(ps)	90	82	72	77	93	108	99	78	72	82	90	92
(ab)	52	87	104	89	52	29	52	88	104	89	53	29
(an)	22	8	0	8	22	29	22	8	0	8	22	29
(nb)	48	87	104	88	48	0	48	87	104	88	48	0
(as)	15	24	29	25	15	8	15	24	29	25	15	8
м/с <sup>2</sup>	Тезланишларнинг ҳақиқий қийматлари											
$a_A$	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
$a_B$	4,4	3,9	1,8	2,2	6,3	7,9	6,1	2,2	1,8	4,0	4,4	5,6
$a_S$	5,5	5,0	4,4	4,7	5,7	6,6	5,9	4,7	4,4	5,0	5,5	5,6
$a_{BA}$	3,2	5,3	6,3	5,4	3,2	1,8	3,2	5,4	6,3	5,4	3,23	1,8
$a_{BA}^n$	1,3	0,5	0	0,5	1,3	1,8	1,3	0,5	0	0,5	1,3	1,8
$a_{BA}^\tau$	2,9	5,3	6,3	5,4	2,9	0	2,9	5,3	6,3	5,4	2,9	0

$1/c^2$	Шатуннинг бурчак тезланиши											
$\varepsilon_2$	3,4	6,16	7,37	6,23	3,4	0	3,4	6,16	7,37	6,23	3,4	0

Танланган тезланиш қутби  $\pi$  нуқтадан  $A$  нуқта тезланиши векторини  $(\pi a) = (OA)$  кесма билан белгилаймиз. Унинг йўналиши кривошипга параллел бўлиб,  $A$  нуқтадан  $O$  нуқтага қараб йўналган бўлади. У ҳолда тезланиш масштаби:

$$\mu_a = \frac{a_A}{(\pi a)} = \frac{\omega_1^2 \cdot (OA) \cdot \mu_l}{(\pi a)} = \mu_l \cdot \omega_1^2.$$

Сон қиймати:

$$\mu_a = 0,00255 \cdot 4,91^2 = 0,061 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}$$

Қиймати ва қайси томонга йўналганлиги номаълум бўлган ползуннинг ( $B$  нуқтанинг) тезланишини аниқлаш учун  $B$  нуқта тезланиши вектори  $\vec{a}_B$  ни аниқлашга қулай бўлган ташкил этувчиларга ажратиб, вектор тенгламалар системасини (тезланиш планини қуриш шартини) ёзамиз:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_{A_2} + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t \quad (10.2)$$

$\vec{a}_B$  — цилиндр ўқига параллел.

Тенгламалар системасидаги  $\vec{a}_{BA}^n$   $B$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан nisбий айланма ҳаракатидан вужудга келувчи нормал тезланиши векторидир. Унинг тезланиш масштабида олинган кесмаси узунлиги:

$$(an) = \frac{a_{BA}^n}{\mu_a} = \frac{(ba)^2}{(AB)} = \frac{85,7^2}{340} = 22 \text{ мм}$$

Бу ерда  $(ab)$  кесма узунлиги тезлик планидан  $(AB)$  схемадан ўлчаб олинади.

Энди тенгламалар системаси (10.2) нинг 1-тенгламаси шартига кўра  $\vec{a}_A$  векторини ифодаловчи  $(\pi a)$  кесма охирдан  $\vec{a}_{BA}^n$  векторини ифодаловчи  $(an) = 22$  мм кесмани ўлчаб қўямиз. Унинг таъсир чизиғи шатунга параллел жойлашган бўлиб  $B$  нуқтадан  $A$  нуқтага қараб йўналади. Нормал тезланиш вектори  $\vec{a}_{BA}^n$  нинг охири  $n$  нуқтадан тангенциал тезланиш вектори  $\vec{a}_{BA}^t$  нинг таъсир чизиғини шатун  $AB$  га перпендикуляр дилиб ўтказамиз. Тенгламалар системасининг 2-шартига кўра қутб  $\pi$  қан цилиндр ўқига параллел чизиқ ўтказамиз. Чизиқларнинг кесилиш нуқтаси  $b$  тенгламалар системасининг график усулдаги ечимини

беради. Аниқланган  $b$  ва  $a$  нуқталар ўзаро туташтирилиб,  $B$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан нисбий тезланиш вектори  $\vec{a}_{BA}$  ни ифодаловчи  $(ab)$  кесмани ҳосил қиламиз. Шатун оғирлик маркази  $S_2$  нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун пропорционал кесмалар усулидан фойдаланамиз:

$$(as_2) = (ab) \cdot \frac{(AS_2)}{(AB)} = 54 \cdot 0,28 = 15 \text{ мм.}$$

Бу ерда  $(ab)$  — тезланиш планидан олинган кесма узунлиги. Аниқланган нуқтани қутб  $\pi$  билан туташтирувчи кесма  $(\pi s_2) S_2$  нуқтанинг абсолют тезланиш векторини ифодалайди. Тезланишларнинг ҳақиқий қийматлари:

1) ползуннинг абсолют тезланиши:

$$a_B = (\pi b) \cdot \mu_a = 72 \cdot 0,061 = 44 \text{ м/с,}$$

2) шатун оғирлик марказининг абсолют тезланиши:

$$a_{s_2} = (\pi s_2) \cdot \mu_a = 90 \cdot 0,061 = 5,5 \text{ м/с.}$$

3)  $B$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан нисбий тангенциал тезланиши:

$$a_{BA}^t = (nb) \cdot \mu_a = 47,5 \cdot 0,061 = 2,9 \text{ м/с}^2,$$

4) шатуннинг бурчак тезланиши:

$$\epsilon_2 = \frac{a_{BA}^t}{l_{AB}} = \frac{(nb) \cdot \mu_a}{(AB) \cdot \mu_1} = \frac{(nb)}{(AB)} \cdot \omega^2 = \frac{47,5}{340} \cdot 4,91^2 = 3,4 \text{ } 1/\text{с}^2.$$

Бурчак тезланиш  $\epsilon_2$  нинг йўналиши тангенциал тезланиш вектори  $\vec{a}_{BA}^t$  нинг йўналишида аниқланади.

Механизмнинг қолган ҳолатлари учун звеноларга тегишли нуқталарнинг тезланишлари 7-жадвалда келтирилган. Қурилган тезлик ва тезланиш планларига қараб шуни кўрамизки, кривошипга тегишли  $A$  нуқта тезликлари  $\omega_1$  бурчак тезлик бўйича кривошипга тик йўналгандир. Ползунга тегишли  $B$  нуқтанинг тезлиги қутб  $p$  дан ўтувчи вертикал чизиқда ётади.

$A$  нуқтанинг тезланиши ҳамма ҳолатларида кривошип айланиш марказига томон йўналган бўлади.  $B$  нуқтанинг тезланиши эса қутбдан ўтувчи вертикал чизиқда ётади. Механизмнинг 6 ва 12 ҳолатларида ползуннинг тезлиги нолга тенг бўлиб, 3 ва 9 ҳолатларда энг катта қийматларга эришади.  $B$  нуқтанинг тезланишлари эса механизмнинг 6 ҳолатида энг катта қийматга эришиб, 3 ва 4 ҳолатлар оралиғи ҳамда 8 ва 9 ҳолатлар оралиғида қиймати 0 га тенг бўлади (кўрилаётган мисолда бу ҳолатлар алоҳида кинематик текширилган эмас). Тезланиш планига қараб шу нарсани кўрамизки, 3 ва 9 ҳолатда шатуннинг бурчак тезланишлари энг катта қийматга эришган ҳолда бурчак тезликлари 0 га тенг бўлади. 6 ва 12 ҳолатда эса шатуннинг бурчак тезланиши 0 бўлиб бурчак тезлиги катта қийматларга эришади.

3. Ползун кинематикасини диаграммалар усулида текшириш (112-шакл).

Биз бунда ўзаро вертикал кетма-кетликда жойлашган ползуннинг йўл, тезлик ва тезланиш графикларини кўраемиз. Йўл диаграммасидан қолган бошқа диаграммаларни келтириб чиқаришда ватарлар усули ёрдамида график дифференциаллаймиз.

Йўл диаграммасини қуриш учун  $OS$ ,  $O\phi$  координата системасининг  $O\phi$  ўқида кривошипнинг цикл давридаги бурилиш бурчаги  $360^\circ$  ни 240 мм кесма тарзида белгилаймиз. Бу кесма давр вақти  $T = \frac{2\pi}{\omega}$  ни ҳам ифодалайди. 240 мм кесмани оралиғи 20 мм дан бўлган тенг 12 бўлакка бўламиз.  $O\phi$  ўқидаги белгиланган нуқталар 1, 2, 3 га ползун  $B$  нинг босиб ўтган масофалари  $(B_0 - B_1)$ ,  $(B_0 - B_2)$ ,  $(B_0 - B_3) \dots$  ни мос равишда йўл диаграммасига келтириб қўямиз. Келтирилган  $\sigma_k$  кесмаларнинг учлари лекало эгри чизиғи билан туташтирилиб, ползуннинг йўл диаграммаси ҳосил қилинади. Ҳосил қилинган диаграмма график усулда дифференциалланиб, тезлик диаграммаси қурилади. Тезлик диаграммаси иккинчи бор график дифференциалланиб, тезланиш диаграммаси ҳосил қилинади.

Диаграммалар учун масштаблар:  
йўл масштаби:

$$\mu_s = \frac{S}{(s)} = 2 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$$

$S$  — йўлнинг ҳақиқий максимал қиймати.  
 $(S)$  — йўлнинг чизмадаги (максимал) қиймати.

Градусда ифодаланган бурчак масштаби:

$$\mu_\phi^o = \frac{\phi}{(\phi)} = \frac{360}{240} = 1,5 \frac{\text{град}}{\text{мм}}$$

Радиянда ифодаланган бурчак масштаби:

$$\mu_\phi^r = \mu_\phi^o \cdot \frac{\pi}{180} = 1,5 \cdot \frac{3,1416}{180} = 0,026 \frac{\text{рад}}{\text{мм}}$$

$\phi = 360^\circ$  — кривошипнинг тўлиқ айланиш бурчаги.  
 $(\phi)$  — бурилиш бурчагининг чизмадаги ифодаси.

Вақт масштаби:  $\mu_t = \frac{60}{n \cdot (\phi)} = 0,005 \frac{\text{с}}{\text{мм}}$

Тезлик аналоги масштаби:

$$\mu_{ds} = \frac{\mu_s}{H_1 \cdot \mu_\phi} = 0,961 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$$

Бу ерда  $H_1$  — қутб масофаси. Ҳақиқий тезлик масштаби:

$$\mu_v = \frac{\mu_{ds} \cdot \omega_1}{1000} = 0,0125 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}}$$

$\omega_1 = \frac{\text{рад}}{\text{с}}$  да ифодаланган кривошипнинг ўртача бурчак тезлигидир.

Тезланиш аналоги масштаби:



$$\mu \frac{d^2 s}{d\varphi^2} = \frac{\mu \frac{ds}{d\varphi}}{H_2 \cdot \mu_\varphi} = \frac{\mu_s}{H_1 \cdot H_2 \cdot \mu_\varphi} = 1,47 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$$

$H_2$  — тезланиш қутб масофаси.

Ҳақиқий тезланиш масштаби:

$$\mu_a = \frac{\mu \frac{ds \omega_1^2}{d\varphi}}{1000} = 0,061 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}$$

Диagramмаларни кузатиш натижасида шу нарсани кўрамизки 6-ва 12-ҳолатларда ползуннинг тезлик қийматлари 0 га тенг бўлиб 3 ва 4-оралиғида ҳамда 8- ва 9-оралиғида тезланиш қийматлари 0 га тенг бўлади. Бу ҳолатларда тезлик қийматлари энг катта бўлади.

#### 4-§. ИШ МАШИНАСИНING ДИНАМИКАСINI БАРҚАРОР БЎЛМАГАН РЕЖИМДА ТЕКШИРИШ (113-шакл.)

1. Бунда биз машинанинг ишга тушиши даврида унга таъсир этувчи кучларга кўра механизмнинг ҳаракат қонунини аниқлаймиз.

Машинанинг иш бажариш органи—киривошип-ползунли механизмга қуйидаги кучлар таъсир қилади:

1) Ползунга таъсир этувчи қаршилик кучи  $P_k$ .

Унинг киривошип тўла айланиш жараёнидаги циклограммаси 109-шакл, б да тасвирланган. Пресслаш вақтида ползунга қўйилган қаршилик кучи  $P_{k\text{max}} = 3000$  Н бўлиб, қолган вақтда унинг қиймати  $P_k = 0,2 \cdot P_{k\text{max}} = 600$  Н.

2) Шатун ва ползуннинг оғирлик кучлари:

$$G_2 = m_2 \cdot g = 40 \cdot 9,81 = 392 \text{ Н}; \quad \sigma_3 = m_3 g = 50 \cdot 9,81 = 490 \text{ Н}.$$

3) Қривошипга қўйилган ҳаракатлантурувчи момент.

Ҳаракатлантурувчи момент  $M_x$  нинг киривошип бурилиш бурчагига боғлиқлик диаграммаси (109-шакл, г) да келтирилган.

2. Келтирилган моментни ҳисоблаш. Бош звенога келтирилган моментлар қийматини механизмнинг асосий ҳолати учун ҳисоблаймиз:

1) Ползунга қўйилган қаршилик кучидан келтирилган момент:

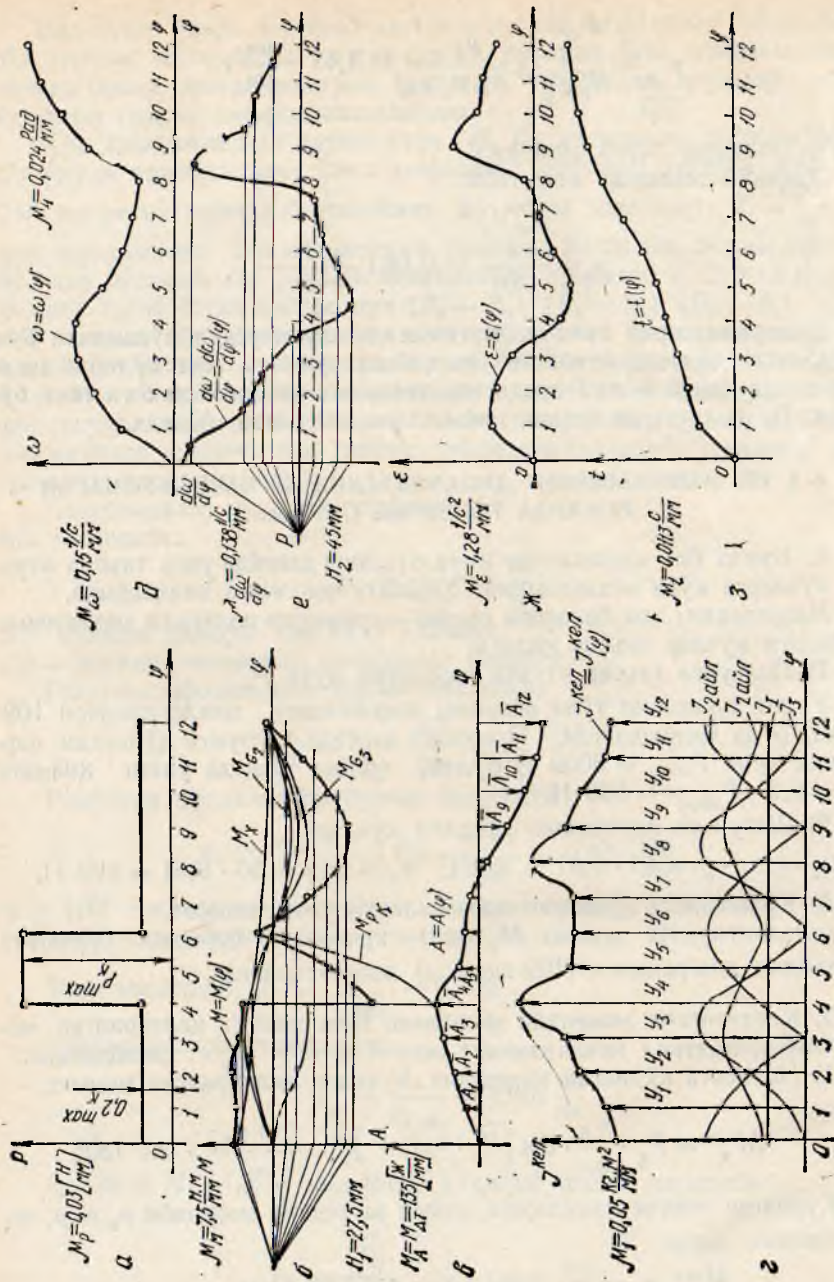
$$M_k^{\text{кел}} = P_k \cdot \frac{v_B}{\omega_1} \cdot \cos(\vec{P}_k \cdot \vec{v}_B) = p_k \cdot \frac{(pb) \cdot \mu_v}{\omega_1} \cdot \cos 180^\circ.$$

Қурилган тезлик планларига асосан ва тезлик масштаби  $\mu_v = \mu_l \cdot \omega_1$  ни ҳисобга олсак:

$$M_k^{\text{кел}} = -p_k \cdot (pb) \cdot \mu_e = -55,08 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2) Шатун оғирлигидан келтирилган момент:

$$M_{G_2}^{\text{кел}} = G_2 \cdot (p S_2) \cdot \mu_e \cdot \cos(\vec{G}_2 \cdot \vec{v}_2) = 49,72 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$



3) Ползун оғирлигидан келтирилган момент:

$$M_{G_3} = G_3 \cdot (pb) \cdot \mu_l \cdot \cos(\vec{G}_3 \cdot \vec{v}_B) = 49,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$\cos(\vec{G}_3 \cdot \vec{v}_B)$  ишораси 0—6 ҳолатларда мусбат 7—12 ҳолатларда манфий бўлади.

Кривошипнинг вертикал ўқ чизигидан  $\frac{\pi}{3}$  рад бурчакка бурилган ҳолатидаги асосий вазиятида унга таъсир қилувчи ҳаракатлантирувчи моментнинг қиймати 109-шакл, 2 га кўра  $M_x = 140 \text{ Н} \cdot \text{м}$  бўлади. Бош звенога келтирилган моментлар йиғиндисининг қийматини механизмнинг асосий ҳолати учун ҳисоблаймиз:

$$M_1^{\text{кел}} = M_{\kappa}^{\text{кел}} + M_{G_1}^{\text{кел}} + M_{G_3}^{\text{кел}} \times M_x = -55,08 + 44,72 + 49,9 + 140 = 179,62 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Механизмнинг қолган 11 ҳолати учун алоҳида-алоҳида кучлардан келтирилган моментларнинг қийматлари ҳамда уларнинг йиғиндиси бўлган ҳамма кучлардан келтирилган моментнинг қийматлари 8-жадвалда келтирилган.

Келтирилган моментларнинг энг катта қийматига кўра момент масштабини танлаймиз:

$$\mu_m = 7,5 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{мм}}.$$

Механизмнинг биринчи ҳолати учун келтирилган моментнинг чизма қиймати:

$$y_1 = \frac{M_1^{\text{кел}}}{\mu_m} = \frac{179,62}{7,5} = 24 \text{ мм}.$$

3. Келтирилган момент ва иш диаграммаларини қуриш. Танланган  $M$ ,  $\varphi$  координата системасида кривошипнинг 2 $\pi$  бурчакка буриш жараёни учун келтирилган моментнинг кривошип бурилиш бурчаги  $\varphi$  га боғлиқлик графиги  $M = M(\varphi)$  ни қурамиз (113-шакл, б).

Бурчак масштаби:

$$\mu_\varphi = \frac{2\pi}{(0-12)} = 0,024 \frac{\text{рад}}{\text{мм}}.$$

Ҳосил бўлган  $M = M(\varphi)$  эгри чизиқ ватарлар усулида интеграллашиб, бажарилган иш графиги  $A = A(\varphi)$  ҳосил қилинади (113-шакл, в). Бунда интегралланиш қутб масофаси  $H_1$  олдинроқ танланган иш масштаби  $\mu_A$  га кўра аниқланади. Бунда  $\mu_A = 5 \frac{\text{ж}}{\text{мм}}$ ;

$$H_1 = \frac{\mu_A}{\mu_m \cdot \mu_\varphi} = \frac{5}{7,5 \cdot 0,024} = 27,5 \text{ мм}.$$

Ҳосил бўлган бажарилган иш графиги  $A = A(\varphi)$  кинетик энергиянинг ўзгариш графиги  $\Delta T = \Delta T(\varphi)$  ҳамдир, яъни  $A_i = \Delta T_i$ .

4. Иш машинасининг кривошип валига келтирилган инерция моменти ҳисоблаш. Ҳамма ҳаракатланувчи звенолардан кривошип валига келтирилган инерция моменти алоҳида звенолардан келтирилган инерция моментларининг йиғиндисига тенг. Ҳамма звеноларни икки туркумга бўлсак:

$$J_{\text{кел}} = J_{\text{кел}1} + J_{\text{кел}11} \quad (10.3)$$

Бу ерда  $J_{\text{кел}1}$  кривошип вали билан ўзгармас узатиш нисбати орқали боғланган звеноларнинг келтирилган инерция моментлари йиғиндиси,  $J_{\text{кел}11}$  кривошип вали билан ўзгарувчан узатиш нисбати орқали боғланган звеноларнинг келтирилган инерция моментлари йиғиндиси. Унинг қиймати қуйидаги формуладан аниқланади:

$$J_{\text{кел}11} = J_{\text{2айл}}^{\text{кел}} + J_{\text{2илг}}^{\text{кел}} + J_{\text{3}}^{\text{кел}}$$

$J_{\text{2}}^{\text{кел}}$  шатуннинг ўз оғирлик маркази  $S_2$  нуқта атрофида айланма ҳаракати натижасида вужудга келувчи бош звенога келтирилган инерция моменти;  $J_{\text{2илг}}^{\text{кел}}$ ,  $J_{\text{3}}^{\text{кел}}$  шатун  $S_2$  нуқтасининг ҳамда ползун 3 нинг илгариллама ҳаракати натижасида бош звенога келтирилган инерция моментлари.

Уларнинг қийматларини аниқлаш формуллари қуйидагича:

$$J_{\text{2айл}}^{\text{кел}} = J_{s_2} \cdot \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2}; \quad J_{\text{2илг}}^{\text{кел}} = m_2 \cdot \frac{v_{s_2}^2}{\omega_1^2}; \quad J_{\text{3}}^{\text{кел}} = m_3 \cdot \frac{v_B^2}{\omega_1^2};$$

$$\omega_2 = \omega_1 \cdot \frac{(ba)}{(AB)}; \quad v_{s_2} = (ps_2) \cdot \mu l \cdot \omega_1; \quad v_B = (pb) \cdot \mu l \cdot \omega_1$$

эканлигини назарда тутиб келтирилган инерция моментлари қийматларини механизмнинг биринчи ҳолати учун ҳисоблаймиз:

$$J_{\text{2айл}}^{\text{кел}} = J_{s_2} \cdot \frac{(ba)^2}{(AB)^2} = 10 \cdot \frac{85,7^2}{340^2} = 0,632 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

$$J_{\text{2илг}}^{\text{кел}} = m_2 \cdot (ps_2)^2 \cdot \mu^2 = 40 \cdot 75^2 \cdot 0,00255^2 = 1,46 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

$$J_{\text{3}}^{\text{кел}} = m_3 \cdot (pb)^2 \cdot \mu^2 = 50 \cdot 36^2 \cdot 0,00255^2 = 0,42 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Тенгламаларда  $(AB)$  шатун 2 нинг узунлиги.  $\mu$  — узунлик масштаби.  $(ba)$ ,  $(ps_2)$  ва  $(sb)$  тезлик планидаги кесма узунликлари.

Формула (10.3) га кўра иш машинасининг ҳамма звеноларидан кривошип валига келтирилган инерция моменти қийматини ҳисоблаймиз.

$$\begin{aligned} J_{\text{кел}} &= J_{\text{кел}1} + J_{\text{кел}11} = J_{\text{кел}1} + J_{\text{2айл}}^{\text{кел}} + J_{\text{2илг}}^{\text{кел}} + J_{\text{3}}^{\text{кел}} = \\ &= 1,4 + 0,632 + 1,46 + 0,42 = 3,91 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \end{aligned}$$

Келтирилган инерция моментларининг қолган 11 ҳолат учун алоҳида ва йиғинди қийматлари 8-жадвалда кўрсатилган.

$J_{\text{кел}} = J_{\text{кел}}(\varphi)$  графигини  $J_{\text{кел}}$ ,  $\varphi$  координата системасида  $\mu_j = 0,05$

$\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{мм}}$  ҳамда  $\mu_\varphi = 0,024 \frac{\text{рад}}{\text{мм}}$  масштабларга кўра қураимиз. Бунинг учун инерция моментларининг чизма қийматларини  $y_i = \frac{J_i^{\text{кел}}}{\mu_J}$  нисбат

бўйича аниқлаб оламиз:

$$y_1 = \frac{J_1^{\text{кел}}}{\mu_J} = 78 \text{ мм}; \quad y_2 = \frac{J_2^{\text{кел}}}{\mu_J} = 83,2 \text{ мм}; \quad y_3 = \frac{J_3^{\text{кел}}}{\mu_J} = 86 \text{ мм}.$$

ва ҳоказо.

$J^{\text{кел}} = J^{\text{кел}}(\varphi)$  графиги 113-шакл,  $g$  да тасвирланган.

5. Кривошипнинг ҳаракат қонунини аниқлаш. а) Бурчак тезлик графиги  $\omega = \omega(\varphi)$  ни қуриш.

Бош звено — кривошип вертикал ўқ билан ҳосил қилган бошланғич ҳолат бурчаги  $\varphi_6$  дан  $\varphi_1$  бурчакка бурилганда унга қўйилган келтирилган моментлар йиғиндисининг иши сўнги ва бошланғич ҳолатлардаги механизм кинетик энергиялари айирмаларидан аниқланади:

$$A_i = T_i - T_{\text{бошл}} = \Delta T_i. \quad (10.4)$$

Сўнги ва бошланғич ҳолатлардаги кинетик энергиялар қийматлари қуйидаги формулалардан топилади:

$$T_i = \frac{J_i^{\text{кел}} \cdot \omega_i^2}{2}, \quad (10.5)$$

$$T_{\text{бошл}} = \frac{J_{\text{бошл}} \cdot \omega_{\text{бошл}}^2}{2}. \quad (10.6)$$

Энди формула (10.4) ни қуйидагича ёзамиз:

$$\frac{J_i^{\text{кел}} \cdot \omega_i^2}{2} - T_{\text{бошл}} = A_i,$$

бундан

$$\omega_i = \sqrt{\frac{2(T_{\text{бошл}} + A_i)}{J_i^{\text{кел}}}}$$

Механизмнинг ишга тушиши  $\varphi = 0$  дан бошланиб, бу вақтда  $\omega_{\text{бошл}} = 0$  эди. Шунга кўра формула (10.6) га асосан  $T_{\text{бошл}} = 0$  бўлади. Демак, биз бурчак тезлик қийматини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$\omega_i = \sqrt{\frac{2 \cdot A_i}{J_i^{\text{кел}}}},$$

бу ерда  $A_i = (A_i) \cdot \mu_A$  га  $J_i^{\text{кел}} = y_i \cdot \mu_J$

эканлигини ҳисобга олиб, механизмнинг 12 ҳолати учун бурчак тезлик қийматларини ҳисоблаймиз:

$$\omega_0 = 0; \quad \omega_1 = \sqrt{\frac{2(A_1) \cdot \mu_A}{y_1 \cdot \mu_J}} = 5,2 \text{ } 1/\text{с}.$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot (A_2) \cdot \mu_A}{y_2 \cdot \mu_J}} = 7,69 \text{ } 1/\text{с} \dots$$

Ўлчам	Келтирилган моментларнинг қийматлари													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
$M_{\kappa}^{\text{кел}}$	0	-55	111,6	-153	-151 -157	-489,6	0	-96	-151	-153	-111,6	-56,6	0	
$M_{G_2}^{\text{кел}}$	0	41,72	82,01	99,96	89,25	53,77	0	53,77	-84,65	-99,56	-82,81	-67,52	0	
$M_{G_3}^{\text{кел}}$	0	49,9	91,2	124,95	123,7	79,96	0	-78,7	-123,7	-124,9	-91,21	-46,23	0	
$M_x$	200	140	120	100	90	80	60	54	46	40	40	40	40	
$M^{\text{кел}}$	200	179,62	181,91	171,91	151,95 -454	-275	60	-174,4	-313	-337	-245	-130	40	
кгм <sup>2</sup>	Инерция моментларининг қийматлари													
	$I_{\text{АЙЛ}}^{\text{кел}}$	2,94	2,58	1,53	0	1,53	2,58	2,94	2,58	1,53	0	1,53	2,58	2,94
	$I_{\text{АЙЛ}}^{\text{кел}}$	1,34	1,58	2,1	2,6	2,45	1,75	1,34	1,75	2,2	2,6	2,1	1,59	1,34
	$I_3^{\text{кел}}$	0	0,44	1,73	3,25	3,19	1,33	0	1,29	3,19	3,25	1,73	0,44	0

$I_1$	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
$I^{\text{кел}}$	3,68	3,91	4,76	5,25	6,57	5,06	5,02	5,02	6,32	5,25	4,76	4,00	3,68
$1/c$	Бурчак тезликнинг қийматлари												
$\omega$	0	5,2	7,69	8,8	8,9	6,7	5,15	4,16	3,8	8,18	10,3	12,72	13,78
$1/c^2$	Бурчак тезланишнинг қийматлари												
$e$	38	36,59	28,31	18,2	-18,4	-27,7	-12,79	-5,16	9,4	67,7	45,7	42,12	30,42
$c$	Вақт												
$t$	0	0,232	0,321	0,389	0,45	0,514	0,611	0,74	0,885	0,991	1,049	1,095	1,135

Кривошипнинг 12 ҳолати учун аниқланган бурчак тезлик қийматлари 8-жадвалда келтирилган бўлиб,  $\omega = \omega(\varphi)$  кўринишидаги бурчак тезликнинг кривошип ҳолатига боғлиқ бўлган ўзгариш қонунияти эгри чизиғини 113-шакл,  $e$  да кўрсатилган.

Бунда бурчак тезлик масштаби:

$$\mu_{\omega} = \frac{\omega_{max}}{(\omega_{max})} = 0,15 \frac{1/c}{\text{мм}};$$

бу ерда,  $\omega_{max}$  — бурчак тезликнинг энг катта қиймати;  $(\omega_{max})$  — унинг чизмадаги ифодаси.

б) Бурчак тезланиш графиги  $\varepsilon = \varepsilon(\varphi)$  ни қуриш.

Бурчак тезланишнинг дифференциал тенгламаси  $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$  ни  $d\varphi$  га кўпайтириш ва бўлиш йўли билан унинг исталган ҳолатдаги қийматини қуйидаги формуладан аниқлай оламиз:

$$\varepsilon_i = \frac{d\omega_i}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \left(\frac{d\omega}{d\varphi}\right)_i \cdot \omega_i \quad (10.7)$$

Формулага кўра бурчак тезланиш қийматларини аниқлаш учун бурчак тезлиги графиги  $\omega = \omega(\varphi)$  дифференциалланиб  $\frac{d\omega}{d\varphi} = \frac{d\omega}{d\varphi}(\varphi)$  эгри чизиғи қурилади. Қурилган графикдаги  $\left(\frac{d\omega}{d\varphi}\right)_i$  қийматлар шу ҳолатлардаги бурчак тезлик қийматлари  $\omega_i$  га кўпайтирилиб бурчак тезланиш қийматлари  $\varepsilon_i$  аниқланади. Аниқланган қийматларга кўра  $\mu_{\varepsilon}$  масштабга асосланиб  $\varepsilon = \varepsilon(\varphi)$  эгри чизиғи чизилади.

Юқорида айтилганларга кўра: 1)  $\omega = \omega(\varphi)$  эгри чизиғини уринмалар усулида график дифференциаллаб,  $\frac{d\omega}{d\varphi} = \frac{d\omega}{d\varphi}(\varphi)$  эгри чизиғини қурамыз.

$\frac{d\omega}{d\varphi}(\varphi)$  график эгри чизиғининг масштаб коэффициентини

$$\mu_{\frac{d\omega}{d\varphi}} = \frac{\mu_{\omega}}{H_2 \cdot \mu_{\varphi}} = \frac{0,15}{45 \cdot 0,024} = 0,138 \frac{1/c}{\text{мм}}$$

$H_2 = 45$  мм дифференциаллаш қутб масофаси.

$$\omega = \omega(\varphi) \text{ ва } \frac{d\omega}{d\varphi} = \frac{d\omega}{d\varphi}(\varphi)$$

эгри чизиқлардан фойдаланган ҳолда кривошипнинг 12 ҳолати учун унинг бурчак тезланишини формула (11.7) га кўра ҳисоблаймиз.

$$\varepsilon_i = (y_i) \cdot (\omega_i) \cdot \mu_{\frac{d\omega}{d\varphi}} \cdot \mu_{\omega},$$

бу ерда  $(y_i)$ ,  $(\omega_i)$  лар  $\frac{d\omega}{d\varphi}(\varphi)$  ва  $\omega = \omega(\varphi)$  — эгри чизиқларнинг ордината қийматлари, яъни

$$\varepsilon_1 = (y_1) \cdot (\omega_1) \cdot \frac{\mu_{d\omega}}{d\varphi} \cdot \mu_\omega = 36,59 \text{ 1/c}^2,$$

$$\varepsilon_2 = (y_2) \cdot (\omega_2) \cdot \frac{\mu_{d\omega}}{d\varphi} \cdot \mu_\omega = 28,31 \text{ 1/c}^2,$$

$$\varepsilon_3 = (y_3) \cdot (\omega_3) \cdot \frac{\mu_{d\omega}}{d\varphi} \cdot \mu_\omega = 18,2 \text{ 1/c}^2 \dots \text{ ва ҳоказо.}$$

Кривошипнинг 12 ҳолати учун бурчак тезланиш  $\varepsilon$  нинг қийматлари 8- жадвалда келтирилган.

Аниқланган қийматларга кўра бурчак тезланиш масштаби  $\mu_\varepsilon = 1,28 \frac{1/c^2}{\text{мм}}$  га кўра бурчак тезланишининг чизма ифодаларини аниқлаймиз

ва унинг диаграмма эгри чизигини чизамиз (113- шакл, ж),

$\varepsilon = \varepsilon(\varphi)$  графиги ординаталари қуйидагича аниқланган:

$$(\varepsilon_1) = \frac{\varepsilon_1}{\mu_\varepsilon} = \frac{36,59}{1,28} = 28,59 \text{ мм}; \quad (\varepsilon_2) = \frac{\varepsilon_2}{\mu_\varepsilon} = 22,11 \text{ мм} \dots \text{ ва ҳ. к.}$$

в) Вақт графиги  $t = t(\varphi)$  ни қуриш.

Кривошип  $i$  ва  $k$  қўшни ҳолатлари орасидаги ўртача бурчак тезлик:

$$\omega_{ik} = \frac{d\varphi_{ik}}{\Delta t_{ik}},$$

бу ерда  $\Delta\varphi_{ik}$  — кривошипнинг қўшни ҳолатга бурилиш бурчаги  $\Delta t_{ik}$  — кривошипнинг  $i$ - ҳолатдан  $k$ -ҳолатга бурилиш учун кетган вақти;

$$\text{бу ерда} \quad \Delta t_{ik} = \frac{\Delta\varphi_{ik}}{\omega_{ik}}.$$

Ҳаракат бошланиш вақтидан бошлаб кривошипнинг исталган ҳолатга бурилиши учун кетган вақт қуйидагича аниқланади:

$$t_k = t_i + \Delta t_{ik}.$$

Бу формулага кўра кривошипнинг бошланғич ҳолати  $\varphi_0 = 0^\circ$  дан бошлаб кейинги ҳолатларга бурилиш учун кетган вақтни аниқлаймиз. Бизда қўшни ҳолатлар орасидаги бурчаклар ўзаро  $30^\circ$  тенг бўлиб,

радиандаги ўлчам  $\Delta\varphi = \frac{\pi}{6}$  рад бўлади, яъни

$$t_1 = \Delta t_{01} = \frac{\pi/6}{\omega_{01}} = \frac{\pi/6}{(\omega_{01}) \cdot \mu_\omega} = 0,232 \text{ с},$$

$$t_2 = t_1 + \frac{\pi/6}{6 \cdot (\omega_{12}) \cdot \mu_\omega} = 0,321 \text{ с},$$

$$t_3 = t_2 + \frac{\pi/6}{(\omega_{23}) \cdot \mu_\omega} = 0,389 \text{ с} \dots$$

формулардаги  $(\omega_{01})$ ,  $(\omega_{12})$ ,  $(\omega_{23}) \dots$  кесмалар  $\omega = \omega(\varphi)$  графигининг 0 — 1, 1 — 2, 2 — 3  $\dots$  оралиқ ўрталарига мос келувчи ордината



қийматлари. Кривошипнинг бошланғич ҳолатдан кейинги ҳар бир ҳолатга буриш учун кетган вақтнинг цикл мобайнидаги қийматлари 8-жадвалда келтирилган.

Аниқланган қийматларга кўра вақтнинг кривошип бурилиш бурчагига боғлиқлик графиги  $t = t(\varphi)$  координата системасида кўрсатилган (113-шакл, з). Диаграмма учун вақт масштаби:

$$\mu_t = \frac{t_{12}}{(t_{12})} = 0,01135 \frac{\text{с}}{\text{мм}}$$

Бурчак масштаби:

$$\mu_\varphi = 0,028 \frac{\text{рад}}{\text{мм}}$$

### 5- §. МЕХАНИЗМНИ КУЧ ТАЪСИРИДА ҲИСОБЛАШ (114- шакл)

1. Кинетостатик ҳисоблаш учун кривошипнинг кўрсатилган ҳолати  $\varphi_1 = 150^\circ$  да механизм звеноларига қўидаги ташқи кучлар таъсир қилади:

- 1) звенолар оғирликлари  $G_2$  ва  $G_3$ ,
- 2) инерция кучлари  $P_{u_2}$ ,  $P_{u_3}$ ,
- 3) шатунга таъсир этувчи инерция кучининг моменти  $M_{u_2}$ ,
- 4) ползунга таъсир этувчи прессланувчи деталнинг қаршилиги  $P_k = 3000 \text{ Н}$ .

Оғирлик кучларини аниқлаймиз.

$$G_2 = -m_2 \cdot g = -40 \cdot 9,81 = -392 \text{ Н}, G_3 = -m_3 g = -50 \cdot 9,81 = -490 \text{ Н}.$$

Инерция кучларини аниқлашда механизмнинг берилган ҳолати учун қурилган тезланишлар планидан фойдаланамиз.

1) Ползунга таъсир этувчи инерция кучи бош векторининг модул қиймати

$$P_{u_2} = -m_3 \cdot a_B = -m_3 \cdot (\pi b) \cdot \mu_a = 50 \cdot 10,3 \cdot 0,061 = -314,15 \text{ Н}.$$

2) Шатуннинг оғирлик марказига таъсир этувчи инерция кучи бош векторининг қиймати:

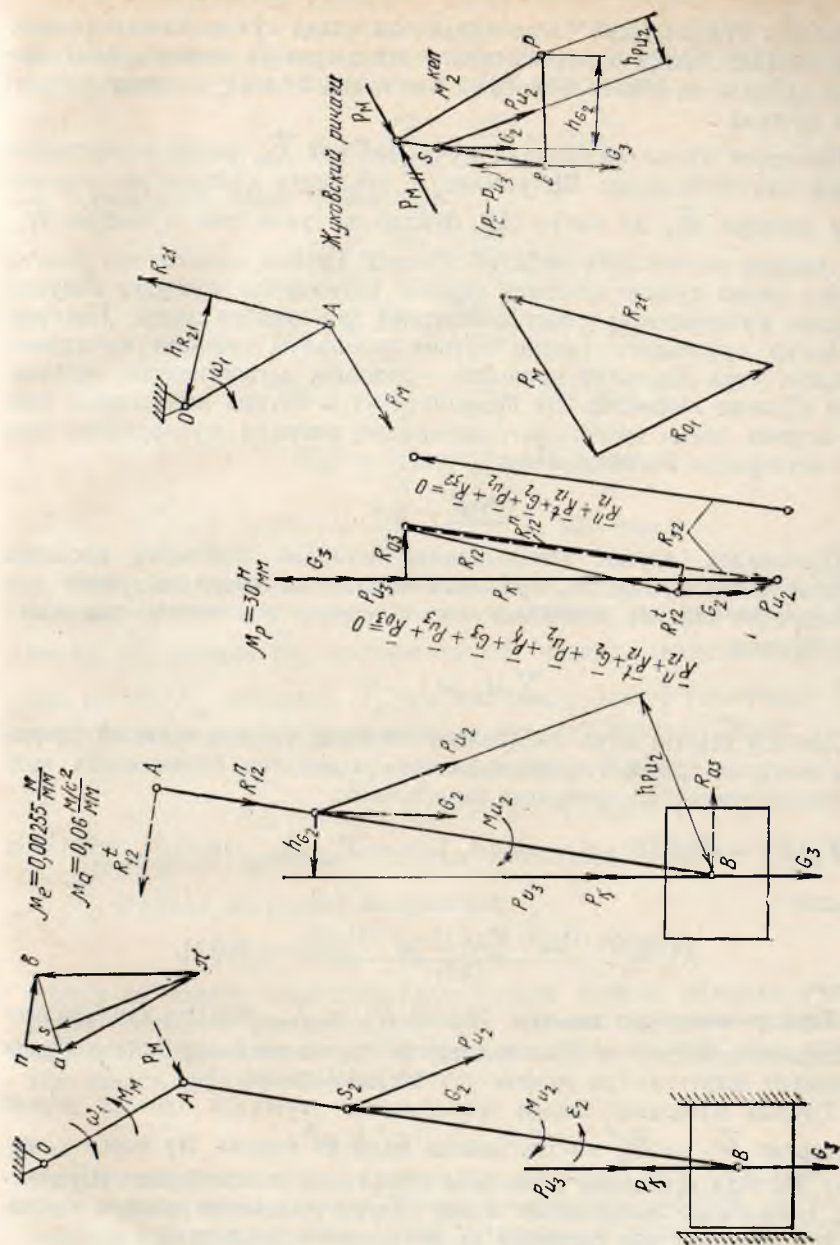
$$P_{u_3} = -m_2 \cdot a_{s_2} = -m_2 \cdot (\pi s_2) \cdot \mu_a = 40 \cdot 9,3 \cdot 0,061 = -226,92 \text{ Н}.$$

3) шатунга таъсир этувчи инерция кучларининг бош моменти:

$$M_{u_2} = -I_{s_2} \cdot \varepsilon_2 = -I_{s_2} \frac{(a_{BA}^T) \cdot \mu_a}{l_{AB}} = -33,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Механизмни куч таъсирида ҳисоблаш унинг тузилиш формуласида кўрсатилган охириги Ассур группасидан бошланиб, етакловчи звено билан тугалланади.

2. Шатун ва ползундан ташкил топган II класс Ассур группасини куч таъсирида ҳисоблаймиз. Бунинг учун группа звеноларини уларнинг ҳолатларини ўзгартирмаган ҳолда механизмдан ажратиб, алоҳида чизамиз (114- шакл). Группа звеноларига таъсир этувчи кучларини ҳаммасини, жумладан инерция кучлари ва унинг моментларини ҳам



звеноларга йўналишлари ўзгартирилмаган ҳолда кўчириб келтирилади. Звеноларнинг ташқи боғланишларига эса ажралган звеноларнинг ҳозирги қиймати ва вектор йўналиши номаълум бўлган реакция кучларини қўямиз.

Ползунга қўйилган реакция кучи вектори  $\vec{R}_{03}$  унинг йўналтирувчисига тик жойлашади. Шатуннинг  $A$  нуқтасига қўйладиган реакция кучи вектори  $\vec{R}_{12}$  ни шатун  $AB$  бўйлаб ва унга тик йўналган  $\vec{R}_{12}^n$ ,  $\vec{R}_{12}^t$  ташкил этувчиларга ажратиб қўямиз. Группа звеноларига таъсир этувчи ҳамма кучлар қаторида ҳаракат натижасида вужудга келувчи инерция кучларини ва унинг моментини ҳам ҳисобга олдик. Натижада Ассур группасига таъсир этувчи номаълум реакция кучларини аниқлаш учун Даламбер принципи — динамик мувозанатлаш принципини қўллаш кифоядир. Бу принципга кўра группа звеноларига таъсир этувчи ҳамма кучларнинг, жумладан инерция кучларининг ҳам бош векторлари йиғиндиси нолга тенг:

$$\sum \vec{P}_i = 0.$$

Шунингдек, группа звеноларининг исталган нуқтасига нисбатан олинган ҳамма кучлардан, жумладан инерция кучлари ва унинг моментларидан олинган моментларнинг алгебраик йиғиндиси ҳам нолга тенг бўлади:

$$\sum M_B(P_i) = 0$$

Ана шу шартга кўра ажратилган звенолар группасининг  $B$  нуқтасига нисбатан ҳамма кучлардан олинган моментлар йиғиндисини нолга тенглаштириб  $R_{12}^t$  қийматни аниқлаймиз:

$$\sum M_B(P_i) = R_{12}^t(AB) \cdot \mu_l - G_2 \cdot (h_{G_2}) \cdot \mu_l - P_{u_2} \cdot (h_{P_{u_2}}) \cdot \mu_l - M_{u_2} = 0, \quad (10.8)$$

бундан

$$R_{12}^t = \frac{G_2 \cdot (h_{G_2}) + (P_{u_2}) \cdot (h_{P_{u_2}}) + M_{u_2} / \mu_l}{(AB)} = 160 \text{ Н.}$$

Таъсир чизиқлари маълум бўлган  $\vec{R}_{12}^n$  ва  $\vec{R}_{03}$  реакция кучлари векторларининг қиймат ва йўналишларини группа звеноларининг динамик мувозанат шартига кўра график усулда аниқлаймиз.

Группа мувозанат шарти тенгламасини тузганда ташкил этувчи векторлар  $\vec{R}_{12}^n$  ва  $\vec{R}_{12}^t$  ни тенгламада ёнма-ён ёзамиз. Бу нарса уларнинг йиғинди векторини осонлиқча аниқлашга имкон беради. Шунингдек, қийматлари аниқланиши лозим бўлган номаълум реакция кучлари тенгламанинг энг олдинига ва энг охирига ёзилади.

$$\vec{R}_{12}^n + \vec{R}_{12}^t + \vec{G}_2 + \vec{P}_{u_2} + \vec{P}_\kappa + \vec{G}_3 + \vec{P}_{u_3} + \vec{R}_{03} = 0 \quad (10.9)$$

Тенгламанинг нолга тенглиги қуриладиган куч кўпбурчагининг ёпиқ бўлишини кўрсатади.

Куч кўпбурчагини қуришдан аввал чизма сатҳини ҳисобга олган ҳолда танланган куч масштабига кўра кучларнинг чизма ифодалари аниқлаб олинади. Куч масштаби қиймати яхлит сон бўлиши мақсадга мувофиқдир ва у энг катта кучга кўра аниқланади:

$$\mu_p = \frac{P_\kappa}{(P_\kappa)} = \frac{3000}{100} = 30 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$$

Кучларнинг чизма қийматлари:

$$(R_{12}^\tau) = \frac{R_{12}^\tau}{\mu_p} = \frac{160}{30} = 5,3 \text{ мм};$$

$$(P_{u_2}) = \frac{P_{u_2}}{\mu_p} = \frac{226,92}{30} = 7,5 \text{ мм};$$

$$(G_2) = \frac{G_2}{\mu_p} = \frac{392}{30} = 13,0 \text{ мм};$$

$$(G_3) = \frac{G_3}{\mu_p} = \frac{490}{30} = 16,3 \text{ мм};$$

$$(P_{u_2}) = \frac{P_{u_2}}{\mu_p} = \frac{314,15}{30} = 10,5 \text{ мм}.$$

Куч кўпбурчаги дастлаб тенглама (10. 9) даги чизма узунликларни аниқ бўлган векторлар кетма-кетлигига кўра қурилади. Сўнгра вектор  $\vec{R}_{12}^\tau$  учидан  $\vec{R}_{12}^n$  вектори таъсир чизиғи ўтказилади. Шунингдек вектор  $\vec{P}_{u_2}$  охиридан  $\vec{R}_{03}$  вектори таъсир чизиғи ўтказилади. Уларнинг кесишув нуқтаси тенгламанинг ечимини беради. Демак:

$$R_{12}^n = (R_{12}^n) \cdot \mu_p = 56 \cdot 30 = 1680 \text{ Н},$$

$$R_{03} = (R_{03}) \cdot \mu_p = 10,3 \cdot 30 = 310 \text{ Н}.$$

$R_{12}$  реакция кучининг абсолют қийматини аниқлаш учун  $\vec{R}_{12}^n + \vec{R}_{12}^\tau$  йиғинди векторини аниқлаймиз:

$$R_{12} = (R_{12}) \cdot \mu_p = 56,5 \cdot 30 = 1695 \text{ Н}.$$

Шатун ва ползун орасидаги ўзаро таъсир кучини аниқлаш учун бирорта звенонинг мувозанат шартини тузамиз. Шатуннинг мувозанат шартига кўра ползуннинг шатунга реакция кучи  $R_{32}$  ни аниқлаш тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$\vec{R}_{12} + \vec{G}_2 + \vec{P}_{u_2} + \vec{R}_{32} = 0.$$

Ёзилган тенгламадаги кучларнинг кетма-кетлиги тенглама (10. 9) даги кучлар кетма-кетлиги бўйича ёзилганлиги сабабли шатун учун алоҳида куч кўпбурчагини қуриб ўтирмасдан олдинги қурилган куч кўпбурчагидан фойдаланамиз. Яъни  $\vec{R}_{32}$  вектори  $\vec{R}_{12}^n$ ,  $\vec{R}_{12}^\tau$ ,  $\vec{G}_2$ ,  $\vec{P}_{u_2}$  векторларнинг ёпувчисидир.  $\vec{R}_{32}$  чизмада пунктир кўринишида тасвирланган. Демак,  $R_{32}$  нинг ҳақиқий қиймати  $R_{32} = (R_{32}) \cdot \mu_p = 2230 \text{ Н}$ .

Звено 1 нинг мувозанат шартига кўра кривошипнинг  $A$  нуқтасига звенога тик равишда қўйилган мувозанатловчи куч (механизмни ҳаракатга келтирувчи куч) ва қўзғалмас звенонинг кривошипка реакция кучини аниқлаймиз.

3. Мувозанатловчи куч  $P_M$  нинг қиймати кривошипнинг  $O$  нуқтасига нисбатан унга таъсир этувчи кучларидан олинган моментлар йиғиндисининг нолга тенглиги шартидан аниқланади.

$$\sum M_O(P_i) = R_{21} \cdot (h_{R_{21}}) - P_M \cdot (OA) = 0,$$

бундан

$$P_M = R_{21} \cdot \frac{(h_{R_{21}})}{(OA)} = 1146,6 \text{ н.}$$

Қўзғалмас звенонинг кривошипка реакция кучи  $R_{01}$  ни аниқлаймиз:

$$\vec{R}_{21} + \vec{P}_M + \vec{R}_{01} = 0,$$

$$R_{01} = (R_{01}) \cdot \mu_p = 1170 \text{ н.}$$

4. Мувозанатловчи кучнинг қийматини Жуковский усули билан аниқлаймиз. Бунда  $90^\circ$  га бурилган тезлик планининг мос нуқталарига кучларнинг йўналиши ўзгартирилмаган ҳолда келтирилади. Сўнгра ҳамма кучлар ва кривошип валига келтирилган инерция кучи моменти  $M_{u_2}^{\text{кел}}$  дан қутб  $P$  га нисбатан олинган моментларнинг йиғиндиси нолга тенглаштирилади:

$$(P_K - P_{u_3} - G_3)(p\theta) - P_{u_2} \cdot (h_{p_{u_2}}) - G_2 \cdot (h_{G_2}) + M_{u_2}^{\text{кел}}/\mu_l + P'_M \cdot (pa) = 0.$$

$$\text{Бу ерда } M_{u_2}^{\text{кел}}/\mu_l = M_{u_2} \cdot \frac{\omega_2}{\omega_1 \cdot \mu_l} = M_{u_2} \cdot \frac{(a\theta) \cdot \omega_1}{(AB) \omega_1 \cdot \mu_l} = M_{u_2} \cdot \frac{(a\theta)}{l_{AB}}$$

$$P'_M = \frac{-(P_K - P_{u_3} - G_3)(p\theta) + P_{u_2} \cdot (h_{p_{u_2}}) - G_2 \cdot (h_{G_2}) - M_{u_2} \cdot \frac{(a\theta)}{l_{AB}}}{(pa)} = -1080 \text{ Н.}$$

Аниқланган қийматнинг ишораси манфийлиги мувозанатловчи кучнинг биз томондан дастлаб белгиланган йўналиши унинг ҳақиқий йўналишига қарама-қарши эканлигини билдиради.

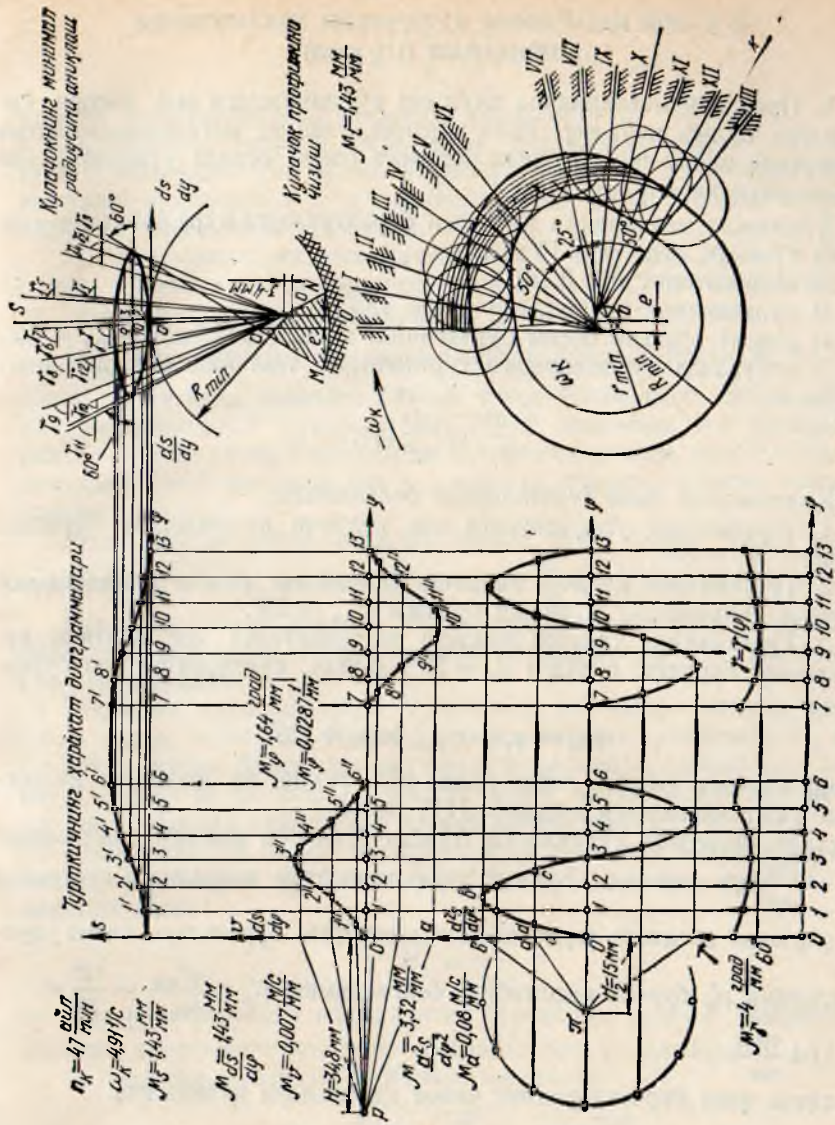
Мувозанатловчи моментнинг ҳар икки усул билан аниқланган қийматлари:

$$M_M = P_M \cdot l_{oA} = 290,95 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M^1_M = P^1_M \cdot l_{oA} = 275,4 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Иккала усул билан аниқланган мувозанатловчи кучлар ёки мувозанатловчи моментлар қийматлари орасидаги фарқ:

$$\Delta M = \frac{M_M - M^1_M}{M_M} \cdot 100\% = \frac{P_M - P^1_M}{P^1_M} \cdot 100\% = 5,35\%.$$



115. шакл.

**6-§. МОЙ НАСОСНИНГ КУЛАЧОКЛИ МЕХАНИЗМИНИ  
ЛОЙИҲАЛАШ (115-шакл)**

1. Пресслаш механизмида плунжер кўринишидаги мой насоси ўрнатилган бўлиб, плунжер, яъни турткич, ўзининг илгариланма-қайтма ҳаракатида мойни ишқаланувчи юзаларга босим остида етказиб бериб туриш учун хизмат қилади.

Кулачокли механизми куйидаги берилганларга кўра лойиҳалаймиз:

- 1) турткич йўли  $h = 10$  мм,
- 2) эксцентритет  $e = 3$  мм,
- 3) кулачокнинг иш бурчаги  $\varphi_{иш} = 125^\circ$ ,
- 4) рухсат этилган босим бурчагининг энг катта қиймати  $\alpha_{рух} = 30^\circ$ ,
- 5) синусоида кўринишидаги турткичнинг тезланиш аналоги диаграммаси:

$$\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi).$$

Кулачокнинг фаза бурчақларини белгилаймиз.

1. Турткичнинг узоқлашувига мос келувчи кулачокнинг бурилиш бурчаги:  $\varphi_y = 50^\circ$ .

2. Турткичнинг кулачок айланиш ўқидан энг узоқда туришига мос келувчи кулачокнинг бурилиш бурчаги  $\varphi_{y.m} = 25^\circ$ .

3. Турткичнинг кулачок томонга яқинлашувига мос келувчи кулачокнинг бурилиш бурчаги  $\varphi_x = 50^\circ$ . Демак, кулачокнинг иш бурчаги:

$$\varphi_{иш} = \varphi_y + \varphi_{y.m} + \varphi_x = 125^\circ.$$

Чизма сатҳини ҳисобга олган ҳолда йўл, тезлик ва тезланиш аналоглари диаграммаларини қураимиз. (115-шакл).

Дастлаб синусоида кўринишида бўлган тезланиш аналоги диаграммаси

$\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi)$  қурилади. Бунинг учун танланган координата системаси

$\frac{d^2s}{d\varphi^2}$ ,  $\varphi$  нинг абсцисса ўқига кулачокнинг фаза бурчақлари чизма узун-

ликларини  $\mu_\varphi^\circ$  бурчак масштабида белгилаймиз:  $\mu_\varphi^\circ = \frac{\varphi_{иш}^\circ}{(\varphi_{иш})} = \frac{125}{76} =$

$$= 1,64 \frac{\text{град}}{\text{мм}}.$$

Кулачок фаза бурчақларининг чизма қийматлари қуйидагича:

$$(\varphi_y) = (\varphi_x) = \frac{\varphi_y}{\mu_\varphi} = \frac{50}{1,64} = 30,4 \text{ мм.}$$

$\varphi$  ўқидан белгиланган узоқлашиш ва яқинлашиш бурчақларини ўзаро тенг бўлақларга ажратамиз. Бизнинг мисолимизда уларнинг ҳар бири тенг 6 бўлақка бўлинган. Чизма геометрия фанида ўрганилган усул ёрдамида узоқлашиш ва яқинлашиш бурчақлари учун тезланиш аналогини ифодаловчи синусоидалар чизилади.

Топшириқ шартига биноан  $\varphi_y = \varphi_x$  бўлганлиги сабабли синусоидалар амплитуда қийматлари ўзаро тенг бўлади, яъни

$$h'' = h' \left( \frac{\varphi_y}{\varphi_x} \right)^2 = 21 \text{ мм.}$$

График интеграллашни қуйидагича бажарамиз:

1) Абсцисса ўқидаги ажратилган бўлақлар  $0-1$ ,  $1-2$ ,  $2-3$  нинг ўрталаридан тик чизиқ чизилиб, тезланиш эгри чизиғи билан кесишиш нуқталари  $a$ ,  $b$ ,  $c$  лар белгиланади ва белгиланган нуқталар ордината ўқиға проекцияланади;

2)  $O\varphi$  ўқининг иккинчи томонидаги  $O$  нуқтадан  $H_2 = 15$  мм масофада ётувчи  $\pi$  нуқта ордината ўқидаги  $a$ ,  $b$ ,  $c$  нуқталар билан тўғри чизиқлар орқали туташтирилади;

3)  $\frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$  координата системаси маркази бўлган  $O$  нуқтадан  $O-1$  ориликда  $pa$  чизиққа параллел бўлган чизиқ ўтказилади. Ҳосил бўлган қия чизиқ охири  $1''$  нуқтадан яна  $1-2$  орилиғида  $\pi b$  чизиққа параллел бўлган чизиқ ўтказилади. Бу чизиқнинг ҳам охири бўлган  $2''$  нуқтадан  $2-3$  ориликда яна  $\pi c$  чизиққа параллел бўлган чизиқ ўтказилади ва қ.

Ҳосил бўлган синиқ чизиқлар лекало эгри чизиғи билан алмаштирилади ва тезлик аналогиси эгри чизиғи  $\frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$  ҳосил қилинади.

Қурилган тезлик аналогиси эгри чизиғи юқорида баён этилган усул билан яна бир марта график усулда интегралланиб йўл диаграммаси  $s = s(\varphi)$  қурилади.

Тезланиш қутб масофаси  $H_2 = 15$  мм ни чизма сатҳини ҳисобга олган ҳолда танладик. Бунда шу нарса назарда тутилдики,  $H_2$  масофа қанча кичик бўлса, тезлик аналогиси ордината қийматлари шунча катта чиқади ва аксинча  $H_2$  масофа қанча катта бўлса тезлик аналоглари ордината қийматлари шунча кичик чиқади.

Тезлик аналогиси ва йўл диаграммалари бир хил масштабда қурилиши учун тезлик қутб масофаси  $H_1$  ни қуйидаги нисбатга кўра аниқлаб олдик:

$$H_1 = \frac{1}{\mu_\varphi},$$

бу ерда  $\mu_\varphi$  — радианда ифодаланган бурчак масштаби. Диаграммалар масштаб коэффициентларининг қиймагларини аниқлаймиз:

1) градусда ифодаланган бурчак масштаби:

$$\mu_\varphi^\circ = \frac{\varphi_{\text{мм}}}{(\varphi_{\text{ш}})^\circ} = \frac{125^\circ}{76} = 1,64 \frac{\text{град}}{\text{мм.}}$$

2) радианда ифодаланган бурчак масштаби:

$$\mu_\varphi = \mu_\varphi^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 0,0287 \frac{\text{рад}}{\text{мм.}}$$

3) йўл масштаби:

$$\mu_s = \frac{h}{(h)} = \frac{1}{7} = 1,43 \frac{\text{мм}}{\text{мм.}}$$



4) тезлик аналогли масштаби:

$$\mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \frac{\mu_s}{H_1 \cdot \mu_\varphi} = \frac{1,43}{34,8 \cdot 0,0287} = 1,43 \cdot \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$$

Бу ерда  $\mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \mu_s$  шартига кўра  $H_1 = \frac{1}{\mu_\varphi} = 34,8$  мм қабул қил-

ганмиз.

Тезланиш аналогли масштаби:

$$\mu_{\frac{d^2s}{d\varphi^2}} = \frac{\mu_{\frac{ds}{d\varphi}}}{H_2 \cdot \mu_\varphi} = \frac{1,43}{15 \cdot 0,0287} = 3,32 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$$

2. Кулачок минимал радиусини динамик шартга кўра аниқлаш. Лойиҳаланган кулачокли механизмнинг исталган ҳолатида кулачокнинг турткичага босим бурчагининг қиймати  $\alpha_i \leq \alpha_{\text{рух}}$  ёки  $\gamma_i \geq \gamma_{\text{min}}$  шартни бажариши лозим. Бу ерда  $\gamma_{\text{min}} = 90^\circ - \alpha_{\text{рух}} = 60^\circ$  бўлади.

Бунинг учун кулачок минимал радиуси  $R_{\text{min}}$  қиймати йўлнинг тезлик аналогига боғлиқ диаграммаси  $s = s \left( \frac{ds}{d\varphi} \right)$  дан фойдаланилган ҳолда аниқланади.

$s = s \left( \frac{ds}{d\varphi} \right)$  диаграммаси  $s = s(\varphi)$  ва  $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$  диаграммаларидан улардаги  $\varphi$  параметрини йўқотиш йўли билан қурилади. Бунинг учун  $s$ ,  $\varphi$  диаграммаси  $\varphi$  ўқининг давомида танланган бирор 0 нуқтадан бошлаб  $s$ ,  $\frac{ds}{d\varphi}$  координата ўқларини ўтказамиз ва унинг  $O_s$  ўқига йўл диаграммаси  $s=s(\varphi)$  даги турткич учи ҳолатлари  $s_i$  ларни келтириб қўямиз. Белгиланган ҳолатлардан  $\frac{ds}{d\varphi}$  ўқига параллел йўналишида тезлик

аналогларининг чизма қийматлари  $\left( \frac{ds}{d\varphi} \right)_i$  лар келтириб қўйилади. Бунда кўтарилиш бурчагига мос келадиган тезлик аналогларининг мусбат қийматлари  $os$  ўқининг ўнг томониغا, яқинлашиш бурчагига мос келадиган манфий қийматлар эса  $os$  ўқининг чап томониغا қўйилади.  $os$  ўқининг ҳар икки томониغا йўналтирилган  $\left( \frac{ds}{d\varphi} \right)$  векторларнинг учлари узлуксиз лекало эгри чизиғи билан туташтирилиб эллипсимон ёпиқ чизиқ  $s = s \left( \frac{ds}{d\varphi} \right)$  диаграммаси ҳосил қилинади.

Ҳосил бўлган ёпиқ эгри чизиқ  $s = s \left( \frac{ds}{d\varphi} \right)$  нинг ўнг ва чап томонларига  $\varphi$  ўқи билан  $\gamma_{\text{min}} = 60^\circ$  бурчак ҳосил қилувчи уринма чизиқлар ўтказамиз ва уларнинг ўзаро кесишувидан  $MO'N$  (штрихланган) соҳа ҳосил бўлади.  $o's$  чизиғининг ўнг томонидан эксцентрицитет қийматининг чизма узунлигига тенг бўлган  $(e) = \frac{e}{\mu_s} = 2,1$  мм ма-

софада вертикал чизиқ ўтказамиз ва унинг  $O'N$  чизиғи билан кесишув нуқтасидан 3—4 мм пастроқда танланган  $O$ , нуқта кулачок айланиш марказининг геометрик ўрни бўлади. Демак, кулачокнинг минимал радиуси белгиланган  $O_1$  нуқтадан координата маркази  $O$  гача бўлган оралиқдир, яъни  $R_{\min} = (O, O) = 27$  мм.

3. Кулачок сиртини чизиш.

Кулачок сиртини чизиш учун қуйидаги ишларни бажарамиз:

1) кулачок айланиш маркази  $O_1$  ни белгилаб  $R_{\min} = 27$  мм бўлган радиус билан айлана чизамиз;

2)  $O_1$  нуқтадан  $e = 2,1$  мм бўлган радиус билан айлана чизамиз ва бу айланага уринма бўлган вертикал чизиқ ўтказамиз;

3) ўтказилган уринманинг  $R_{\min}$  радиуси айлана билан кесишув нуқтаси  $O$  дан юқори томонга турткич ҳолатлари 1, 2, 3, . . . ни белгилаймиз;

4) турткичнинг пастки ҳолати  $O$  ва кулачок айланиш маркази  $O_1$  ни туташтирувчи чизиқдан ўнг томонга кулачокнинг фаза бурчаклари  $\varphi_v = 50^\circ$ ;  $\varphi_{\text{т}} = 25^\circ$ ;  $\varphi_{\text{я}} = 50^\circ$

бурчакларга тиралиб турувчи ёй бўлақларини белгилаймиз. Белгиланган узоқлашиш ва яқинлашиш бурчакларини тенг 6 бўлакка бўлиб бўлиниш нуқталарини ҳосил қиламиз. Ҳосил қилинган бўлиниш нуқталаридан  $e = 2,1$  мм радиусли айланага чап томонидан уринма чизиқлар ўтказамиз. Бу ўтказган чизиқларимиз чизма текислигига қиймати кулачок бурчак тезлигига тенг йўналиши унга қарама-қарши бўлган бурчак тезлик берганимиздаги турткич ўқ чизиғининг турли ҳолатлари бўлади. Турткич ҳолатлари рим белгилари билан кўрсатилган;

5) кул чок айланиш маркази  $O_1$  дан турткич ҳолатлари 1, 2, 3 гача бўлган масофалар  $R_{0,1}$ ;  $R_{0,2}$ ;  $R_{0,3}$  ни радиуслар қилиб ёйлар ўтказамиз ва уларнинг турткичнинг айланма ҳаракатдаги ўқ чизиқлари ҳолатлари I, II, III, . . . билан кесишиш нуқталарини белгилаймиз. Белгиланган нуқталар узлуксиз эгри чизиқ орқали туташтирилиб кулачокнинг назарий сирти ҳосил бўлади.

Ролик радиуси ва кулачокнинг ҳақиқий сирти қуйидагича аниқланади. Кулачок назарий сиртининг энг эгри қисми эгрилик радиуси  $\rho_{\min} = (AS) = 30$  мм кесмага кўра ролик радиуси қуйидаги шартига асосан белгиланади:

$$r_{\text{рол}} \leq 0,7 \rho_{\min} = 21 \text{ мм.}$$

Иккинчидан қуйидаги шарт ҳам бажарилиши керак:

$$r_{\text{рол}} \leq 0,4 R_{\min} = 10,8 \text{ мм.}$$

Иккала шартни қаноатлантирадиган ролик радиусини белгилаймиз:

$$r_{\text{рол}} = 9 \text{ мм.}$$

Кулачокнинг ҳақиқий профилини ҳосил қилиш учун назарий профилининг иш бурчагига мос келувчи қисмида ҳар 2—3 мм масофада олинган нуқталарни айланиш маркази сифатида қабул қилиб ролик

радиуси  $r_{\text{рол}}$  билан айланачалар ўтказамиз. Бу айланачаларнинг ички томонидан умумий уринма эгри чизигини ўтказиш орқали назарий профилга эквидистант бўлган ҳақиқий профил-ишчи профилни ҳосил қиламиз,

### 7- §. ТИШЛИ УЗАТМАНИ ЛОЙИҲАЛАШ (116- шакл)

1. Тўғри тишли ташқи илашмали тишли узатмани ИСО тавсияномасидан фойдаланиб ҳисоблаймиз.

Берилган асбоб учун  $m = 5$  мм,  $\alpha = 20^\circ$ ,  $h_a^* = 1$ ,  $c^* = 0,25$  узатма учун  $z_1 = 12$ ,  $z_2 = 20$

Силжиш коэффициенти қийматини  $z_1 < 30$ ,  $z_2 < 60$  бўлганда аниқлаш формуласи:

$$\chi = 0,03 (30 - z),$$

$$z_s = z_1 + z_2 = 32.$$

Демак,

Ҳар икки ғилдирак учун силжиш коэффициентининг танланган қийматлари қуйидагича:

$$\chi_1 = 0,03 (30 - 12) = 0,54,$$

$$\chi_2 = 0,03 (30 - 20) = 0,30,$$

$$\chi_s = \chi_1 + \chi_2 = 0,84,$$

Силжиш коэффициентларининг ҳар иккала ғилдираклар учун минимал қийматлари: 9.7 га асосан

$$\chi_{1 \min} = \frac{17 - 12}{17} = 0,294,$$

$$\chi_{2 \min} = \frac{17 - 20}{17} = 0,176.$$

$$\chi_1 > \chi_{1 \min}$$

Демак,

$$\chi_2 > \chi_{2 \min}$$

2. Илашиш бурчагини қуйидаги формуладан аниқлаймиз: (9.13) га асосан

$$\text{Inv} \alpha_\omega = \text{inv} + \frac{2\chi_s \text{tg} \alpha}{z_s}$$

ёки

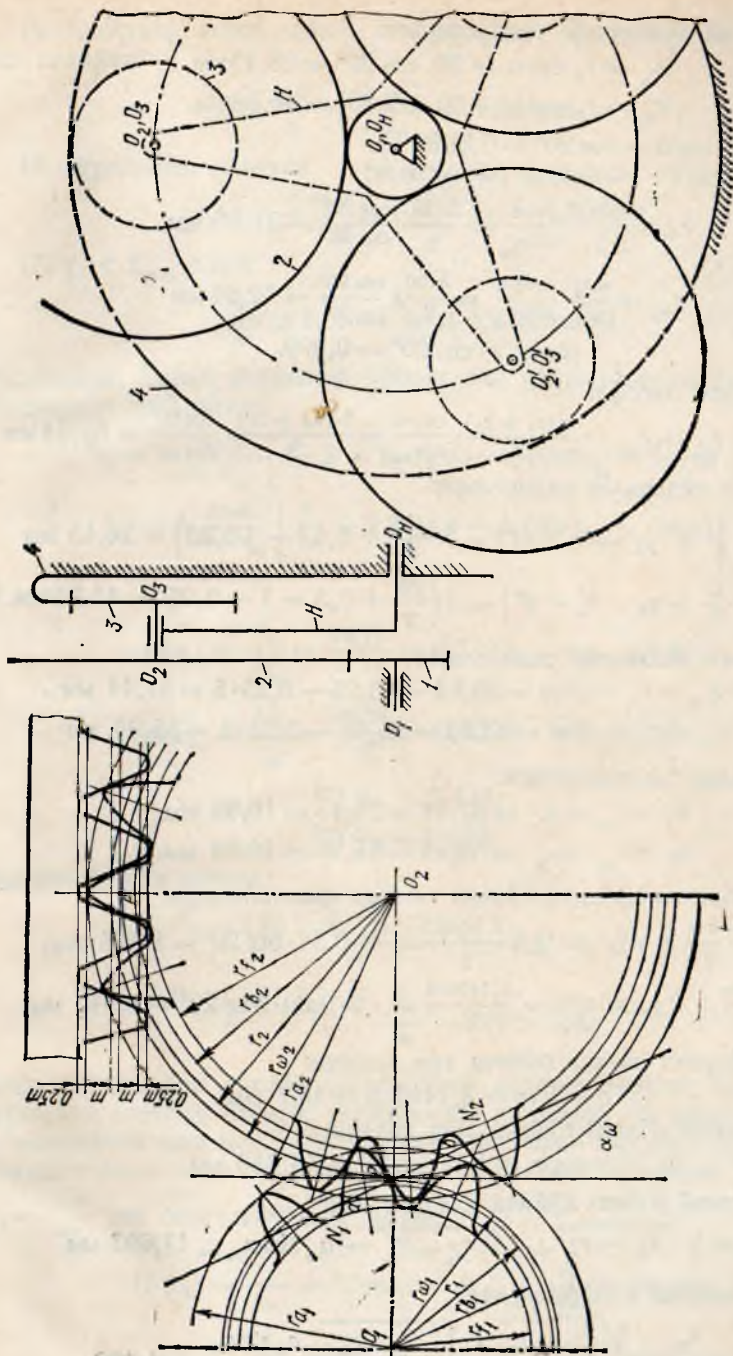
$$\text{Inv} \alpha_\omega = \text{inv} 20^\circ + \frac{2 \cdot 0,84 \cdot \text{tg} 20^\circ}{32} = 0,0340.$$

$\alpha_\omega$  бурчак инвалюта жадвалидан фойдаланиб аниқланади: (1-илова)  $\alpha_\omega = 26^\circ$ .

3. Бўлувчи айланалар радиуслари:

$$r_1 = \frac{mz}{2} = \frac{5 \cdot 12}{2} = 30 \text{ мм},$$

$$r_2 = \frac{mz_2}{2} = \frac{5 \cdot 20}{2} = 50 \text{ мм}.$$



116- шапка л.

4. Асосий айланалар радиуслари:

$$r_{a_1} = r_1 \cos \alpha = 30 \cdot \cos 20^\circ = 28,19 \text{ мм,}$$

$$r_{a_2} = r_2 \cos \alpha = 50 \cdot \cos 20^\circ = 46,98 \text{ мм.}$$

Бу ерда  $\cos \alpha = \cos 20^\circ = 0,9397$ .

5. Бошланғич айланалар радиуслари:

$$r_{\omega_1} = \frac{mz_1}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_\omega} = \frac{5 \cdot 12}{2} \cdot \frac{\cos 20^\circ}{\cos 26^\circ} = 31,36 \text{ мм,}$$

$$r_{\omega_2} = \frac{mz_2}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_\omega} = \frac{5 \cdot 20}{2} \cdot \frac{\cos 20^\circ}{\cos 26^\circ} = 52,26 \text{ мм}$$

$$\cos \alpha_\omega = \cos 26^\circ = 0,899.$$

Ўқлараро масофа:

$$a_\omega = r_{\omega_1} + r_{\omega_2} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_\omega} = \frac{5 \cdot (12 + 20)}{2} \cdot \frac{\cos 20^\circ}{\cos 26^\circ} = 83,64 \text{ мм}$$

7. Ички айланалар радиуслари:

$$r_{i_1} = m \left( \frac{z_1}{2} + \chi_1 - h_a^* - c^* \right) = 5 \left( \frac{12}{2} + 0,54 - 10,25 \right) = 26,45 \text{ мм}$$

$$r_{i_2} = m \left( \frac{z_2}{2} + \chi_2 - h_a^* - c^* \right) = 5 \left( \frac{20}{2} + 0,3 - 1 - 0,25 \right) = 45,25 \text{ мм}$$

8. Ташқи айланалар радиуслари:

$$r_{a_1} = a_\omega - r_{i_2} - c^* m = 83,64 - 45,25 - 0,25 \cdot 5 = 37,14 \text{ мм}$$

$$r_{a_2} = a_\omega - r_{i_1} - c^* m = 83,64 - 26,45 - 0,25 \cdot 5 = 55,94 \text{ мм.}$$

9. Тишлар баландликлари:

$$h_1 = r_{a_1} - r_{i_1} = 37,14 - 26,45 = 10,69 \text{ мм,}$$

$$h_2 = r_{a_2} - r_{i_2} = 55,94 - 45,25 = 10,69 \text{ мм.}$$

10. Бўлувчи айланалар бўйича тишлар қалинликлари:

$$s_1 = \frac{\pi m}{2} + 2 \chi_1 \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha \frac{3,1416 \cdot 5}{2} + 2 \cdot 0,54 \cdot 5 \operatorname{tg} 20^\circ = 9,815 \text{ мм,}$$

$$s_2 = \frac{\pi m}{2} + 2 \chi_2 \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{3,1416 \cdot 5}{2} + 2 \cdot 0,30 \cdot 5 \operatorname{tg} 20^\circ = 8,941 \text{ мм,}$$

11. Бўлувчи айлана бўйича тиш қадами:

$$p = \pi m = 3,1416 \cdot 5 = 15,7 \text{ мм.}$$

12. Асосий айлана бўйича тиш қадами;

$$p_\alpha = p \cos \alpha = 15,7 \cos 20^\circ = 14,753 \text{ мм.}$$

13. Асосий айлана бўйича илашиш ёйи:

$$q_\alpha = \sqrt{r_{a_1}^2 - r_{\delta_1}^2} + \sqrt{r_{a_2}^2 - r_{\delta_2}^2} - a_\omega \sin \alpha_\omega = 17,693 \text{ мм}$$

14. Қопланиш коэффициенти:

$$\varepsilon = \frac{q_\alpha}{p_\alpha} = \frac{\sqrt{r_{a_1}^2 - r_{\delta_1}^2} + \sqrt{r_{a_2}^2 - r_{\delta_2}^2} - a_\omega \sin \alpha_\omega}{\pi m \cos \alpha} = 1,198,$$

15. Қирқувчи асбоб асосий контури ўрта бўлувчи чизиги бўйича тиш қалинлиги:

$$S = \frac{\pi m}{2} = \frac{3,14 \cdot 5}{2} = 7,85 \text{ мм}$$

16. Эгриланиш радиуси

$$\rho_f = \frac{c^* m}{1 - \sin \alpha} = \frac{0,25 \cdot 5}{1 - \sin 20^\circ} = 1,899 \text{ мм}$$

17.  $\chi_1 \ll \chi_{\max}$  шарт,

$$\frac{S_{a_1}}{m} \geq 0,2; \quad \frac{S_{a_2}}{m} \geq 0,2 \text{ бўлганда}$$

бажарилади. Ташқи айланалар бўйича тиш қалинлигини қуйидаги формулалардан аниқлаймиз:

$$S_{a_1} = m \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_{a_1}} \left[ \frac{\pi}{2} + 2\chi_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha - \bar{s}_1 (\operatorname{inv} \alpha_{a_1} - \operatorname{inv} \alpha) \right]$$

$$S_{a_2} = m \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_{a_2}} \left[ \frac{\pi}{2} + 2\chi_2 \operatorname{tg} \alpha - \bar{s}_2 (\operatorname{inv} \alpha_{a_2} - \operatorname{inv} \alpha) \right]$$

бу ерда

$$\cos \alpha_{a_1} = \frac{r_{e_1}}{r_{a_1}} = \frac{28,19}{37,14} = 0,7590; \quad = \alpha_{a_1} 40^\circ 37';$$

$$\cos \alpha_{a_2} = \frac{r_{e_2}}{r_{a_2}} = \frac{46,98}{55,94} = 0,8398; \quad = \alpha_{a_2} 32^\circ 53';$$

$$\operatorname{inv} \alpha_{a_1} = 0,149;$$

$$\operatorname{inv} \alpha_{a_2} = 0,073.$$

Буларни ўрнига қўйсақ:

$$S_{a_1} = 2,011 \text{ мм}, \quad \frac{S_{a_1}}{m} = 0,4 > 0,2,$$

$$S_{a_2} = 3,5 \text{ мм}, \quad \frac{S_{a_2}}{m} = 0,7 > 0,2.$$

Чизма масштабини танлаб ҳисобланган параметрларнинг чизма қийматларини аниқлаб оламиз: филдираклар илашмаси 24 формат қоғозида чизилганда тиш масштаби шундай танланиши керакки, бунда тиш баландлигининг чизма узунлиги 50 мм дан кичик бўлмасин. Масалан,

$\mu_s = 1 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$  деб белгилаймиз. У ҳолда:

$$1) (r_1) = \frac{r_1}{\mu_s} = 30 \text{ мм}, \quad (r_2) = \frac{r_2}{\mu_s} = 50 \text{ мм},$$

$$2) (r_{e_1}) = \frac{r_{e_1}}{\mu_s} = 28,19 \text{ мм}, \quad (r_{e_2}) = \frac{r_{e_2}}{\mu_s} = 46,98 \text{ мм},$$

$$3) (r_{\omega_1}) = \frac{r_{\omega_1}}{\mu_s} = 31,36 \text{ мм} \quad (r_{\omega_2}) = \frac{r_{\omega_2}}{\mu_s} = 52,28 \text{ мм},$$

$$4) (a_{\omega}) = \frac{a_{\omega}}{\mu_s} = 83,64 \text{ мм}.$$

$$5) (r_{f_1}) = \frac{r_{f_1}}{\mu_s} = 26,45 \text{ мм}, \quad (r_{f_2}) = \frac{r_{f_2}}{\mu_s} = 45,25 \text{ мм},$$

$$6) (r_{a_1}) = \frac{r_{a_1}}{\mu_s} = 37,14 \text{ мм}, \quad (r_{a_2}) = \frac{r_{a_2}}{\mu_s} = 55,94 \text{ мм},$$

$$7) (h_1) = \frac{h_1}{\mu_s} = 10,69 \text{ мм}, \quad (h_2) = \frac{h_2}{\mu_s} = 10,69 \text{ мм},$$

$$8) (s_1) = \frac{s_1}{\mu_s} = 9,82 \text{ мм}, \quad (s_2) = \frac{s_2}{\mu_s} = 6,94 \text{ мм},$$

$$9) (p) = \frac{p}{\mu_s} = 15,7 \text{ мм},$$

$$10) (s) = \frac{s}{\mu_s} = 7,85 \text{ мм},$$

$$11) (\rho_f) = \frac{\rho_f}{\mu_s} = 1,90 \text{ мм}.$$

2. Тишли илашма элементларини чизиш. Тиш профиллари қуйидаги кетма-кетликда чизилади:

1) Ўзаро  $a_{\omega} = 83,64$  мм масофада иккала ғилдирак марказлари  $O_1$  ва  $O_2$  белгиланади. Сўнгра бошланғич  $r_{\omega_1} = 31,36$  мм ва  $r_{\omega_2} = 52,28$  мм, бўлувчи  $r_1 = 30$  мм ва  $r_2 = 50$  мм, асосий  $r_{e_1} = 28,19$  мм ва  $r_{e_2} = 46,98$  мм, ташқи  $r_{a_1} = 37,14$  мм ва  $r_{a_2} = 35,94$  мм, ички  $r_{f_1} = 26,45$  мм ва  $r_{f_2} = 45,24$  мм айланалар радиуслари бўйича ёйлар чизилади. Бунда  $r_{\omega_1}$  ва  $r_{\omega_2}$  радиуслар бўйича чизилган айланалар ўзаро Қутб  $P$  да уринадилар.  $r_{a_1}$  ва  $r_{f_2}$ ,  $r_{a_2}$  ва  $r_{f_1}$  радиусли айланалар орасида  $\frac{c^*m}{\mu_s} = 1,25$  мм бўлган радиал зазор ҳосил бўлади.

2) Қутб  $P$  дан  $r_{e_1}$  ва  $r_{e_2}$  радиусли асосий айланаларга уринма равишда илашиш чизиги  $N_1 N_2$  ўтказилади. Илашиш чизиги ўқлар ораси чизигига  $P$  нуқтадан ўтказилган перпендикуляр чизиқ билан  $\alpha_{\omega}$  бурчак ҳосил қилади.

3)  $N_1 N_2$  чизигининг ҳар икки асосий айланага нисбатан сирпанмай ҳаракатланиш натижасидаги  $P$  нуқта чизган траекторияси—эвольвенталар асосий айлана ва ташқи айланалар оралиқларида қурилади.

4) Бўлувчи айланада унинг эвольвента чизиги билан кесишув нуқтасидан бошлаб ана шу нуқтанинг ўнг ва чап томонда тиш қадами  $p = 15,7$  мм масофада нуқталар белгиланади.

Сўнгра белгиланган нуқталардан чап томонга (чизилган эвольвентанинг ботиқ томонига) тиш қалинлигининг чизма қийматига тенг ёй бўлаклари белгиланади. Сўнгра уларнинг ўрталари белгиланиб, белгиланган нуқталар айлана маркази билан туташтирилади ва тишларнинг симметрия ўқлари ҳосил қилинади. Тишнинг ярми учун қаттиқ қозғо-

дан андоза тайёрланиб, тишларнинг симметрия чизигидан фойдаланган ҳолда ҳамма тишларнинг профиллари чизилади. Ҳар бир гилдирак учун 3 тадан тиш чизилади.

3. Илашманинг сифат кўрсаткичлари. 1. Илашиш чизигининг асосий айланаларига уриниш нуқталари  $N_1$  ва  $N_2$  орасидаги бўлаги илашманинг назарий илашиш чизиги бўлади.

2. Назарий илашиш чизиги  $N_1 N_2$  нинг ташқи айланалар  $r_{a_1}$  ва  $r_{a_2}$  билан кесишувидан ҳосил бўлган ( $av$ ) кесма актив илашиш чизигидир. Ҳар иккала гилдирак тишларининг сиртлари ўзаро фақат актив илашиш чизигидагина уринадилар. Шу сабабли актив илашиш чизиги  $av$  нинг бирор  $D$  нуқтасида уринадиган ҳар иккала гилдирак тишлари сиртларидаги нуқталар  $d_1$  ва  $d_2$  ларнинг геометрик ўрнини топиш учун  $D$  нуқтадан  $O_1 D$  ва  $O_2 D$  ёйлар ўтказамиз. Уларнинг тиш профиллари билан кесишувида ҳосил бўлган нуқталар  $d_1$  ва  $d_2$  ўзаро уринувчи нуқталар бўлади.

Ҳар икки гилдирак тиш сиртларининг ишчи қисмини ҳосил қилиш учун актив илашиш чизигининг чекка нуқталари  $a$  ва  $v$  дан ҳар икки гилдирак ўқлари  $O_1$  ва  $O_2$  нуқталар атрофида ёйлар ўтказамиз. Уларнинг тиш сиртлари билан кесишуви натижасида ҳар икки гилдирак тиш сиртларининг ишчи қисми  $a'v'$  ва  $a''v''$  (штрихланган қисми) аниқланади.

Илашиш ёйлари деб бир жуфт тиш илашиш жараёнида тишларнинг бошланғич айланадаги нуқталарининг босиб ўтган йўлларига айтилади. Илашиш ёйларининг узунликларини аниқлаш учун актив илашиш чизигининг четки  $a$  ва  $v$  нуқталарида илашувчи тиш профиллари пунктир чизиқлар билан чизилади. Уларнинг бошланғич айланалар билан кесишув нуқталари оралиғидаги ёй бўлаклари  $\sphericalangle n_1 m_1$  ва  $\sphericalangle n_2 m_2$  ҳар иккала гилдираклар учун илашиш ёйлариدير.

Қопланиш коэффициенти  $\epsilon$  нинг қийматини график усулда аниқлаш учун қуйидаги формуладан фойдаланамиз.

$$\epsilon = \frac{av}{r_a} \approx 1, 24,$$

$av$  актив илашиш чизиги,  $r_a$  асосий айлана бўйича ўлчанадиган тиш қадами.

Уларнинг ҳар иккисининг қийматлари чизмадан тўғридан-тўғри ўлчаб олинади.

## 8- §. ПЛАНЕТАР РЕДУКТОРНИ ЛОЙИҲАЛАШ

Электродвигатель валидан кривошипгача бўлган узатманинг узатиш нисбати:

$$u_{28} = \frac{n_2}{n_8} = \frac{1398}{47} = 29, 75,$$

$$u_{28} = u_{23}' \cdot u_{37}^6,$$

$$u_{23}' = \frac{z_3'}{z_2} = \frac{20}{12} = 1, 75,$$

$$u_{37}^6 = u_{пл} = \frac{u_{28}}{u_{23}'} = \frac{29, 75}{1, 75} = 17.$$



Ғилдираклари икки қатор жойлашган биттадан ташқи ва ички илашмали планетар редукторни лойиҳалаш учун қабул қиламиз. Бундай узатманинг узатиш нисбати қуйидаги формуладан аниқланади.

$$u_{37}^6 = 1 + \frac{z_4 \cdot z_6}{z_3 \cdot z_5}$$

бундан

$$\frac{z_4 \cdot z_6}{z_3 \cdot z_5} = u_{37}^6 - 1 = 17 - 1 = 16.$$

Узатиш нисбатини қаноатлантирадиган тишлар сони  $z_3, z_4, z_5, z_6$  ни аниқлаш учун аввало уларга пропорционал бўлган сонларни қабул қиламиз:

$$\frac{z_4 \cdot z_6}{z_3 \cdot z_5} = \frac{B \cdot D}{A \cdot C} = \frac{B(D-C)}{A(D-C)} \cdot \frac{D(A+B)}{C(A+B)}$$

Тенгламадан кўриниб турибдики:

$$\begin{aligned} z_3 &= A(D-C)q, & z_4 &= B(D-C) \cdot q, \\ z_5 &= C(A+B)q, & z_6 &= D(A+B) \cdot q. \end{aligned}$$

Умумий кўпайтувчи  $q$  ни шундай танлаймизки, ҳамма тишлар сони бутун сон бўлсин ва қуйидаги шарт ҳам қаноатлантирилсин:

$$\begin{aligned} 1) \quad z_3 &\geq 17, & z_4 &\geq 17, \\ 2) \quad z_5 &\geq 20, & z_6 &\geq 85, & z_6 - z_5 &\geq 8. \end{aligned}$$

Кўрсатилган шартлар нуль ғилдиракларнинг асосида қирқилиш юз бермаслиги ва ички илашмали ғилдиракларда уларнинг ўзаро қадалмаслигини таъминлайди.

$$\frac{z_4 \cdot z_6}{z_3 \cdot z_5} = \frac{4 \cdot 4}{1 \cdot 1} = \frac{8 \cdot 2}{1 \cdot 1} = \frac{2 \cdot 8}{1 \cdot 1} = \frac{B \cdot D}{A \cdot C} = \frac{B(D-C)}{A(D-C)} \cdot \frac{D(A+B)}{C(A+B)}$$

Қуйидаги қийматларга эга бўлган ғилдираклар тишлари сони қабул қилинган узатиш нисбати  $u_{37} = 17$  ни қаноатлантиради.

$$\begin{array}{ccc} \left. \begin{array}{l} z_3 = 1(4-1) \\ z_4 = 4(4-1) \\ z_5 = 1(4+1) \\ z_6 = 4(4+1) \end{array} \right\} \times 6 & \left. \begin{array}{l} z_3 = 1(2-1) \\ z_4 = 8(2-1) \\ z_5 = 1(8+1) \\ z_6 = 2(8+1) \end{array} \right\} \times 17 & \left. \begin{array}{l} z_3 = 1(8-1) \\ z_4 = 2(8-1) \\ z_5 = 1(2+1) \\ z_6 = 8(2+1) \end{array} \right\} \times 6 \\ z_3 = 18 & z_3 = 17 & z_3 = 42 \\ z_4 = 72 & z_4 = 136 & z_4 = 84 \\ z_5 = 30 & z_5 = 153 & z_5 = 18 \\ z_6 = 120 & z_6 = 306 & z_6 = 144 \end{array}$$

Механизм кўламининг ихчам бўлишлиги мулоҳазаси бизни биринчи вариантдаги тишлар сонини қабул қилишга ундайди. Яъни, лойиҳаланган планетар редукторнинг ғилдираклари тишлар сони қуйидагича:

$$z_3 = 18, \quad z_3 > 17,$$

$$\begin{aligned}
 z_4 &= 72, & z_4 &> 17, \\
 z_5 &= 30, & z_5 &> 20, \\
 z_6 &= 120, & z_6 &> 85. \\
 z_6 - z_5 &= 120 - 30 > 6,
 \end{aligned}$$

Ўқларнинг устма-уст тушиш шarti:  $z_3 + z_4 = z_6 - z_5$ ,  
 $90 = 90$ .

Йиғиш шarti:

$$\frac{z_3 \cdot u_{пл}}{K} = (1 + p_k) = B, \quad \frac{18 \cdot 17}{3} (1 + 0.3) = 102.$$

Қўшничилик шarti:

$$\begin{aligned}
 \sin \frac{180^\circ}{3} &> \frac{72 + 2}{18 + 72} = \frac{74}{90}, \\
 \sin 60^\circ &> \frac{74}{90}, \quad 0,866 > 0,822.
 \end{aligned}$$

Демак, ҳамма шartлар бажарилади. Шу сабабли биз қабул қилган планетар редукторнинг узатиш нисбати  $u_{пл} = 17$  бўлиб, сателлитлар сони 3 га тенг.  $z_3 = 18$ ,  $z_4 = 72$ ,  $z_5 = 30$ ,  $z_6 = 120$ .

## инча қийматлари жадвали

Тартиб	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	
1	0,000	00177	00225	00281	00346	00420	00504	00598	00704	00821	00950	01092	01248
2	0,000	01418	01603	01804	02020	02253	02503	02771	03058	03364	03639	04035	04402
3	0,000	05790	05201	05634	06091	06573	07078	07610	08167	08751	09362	10000	10658
4	0,000	11364	12090	12847	13634	14153	15005	16189	17107	18059	19045	20067	21125
5	0,000	22220	23352	24522	25731	26978	28286	29594	30963	32394	33827	35324	16864
6	0,00	04845	04008	04175	04347	04524	04706	04892	05083	05280	05481	05687	05808
7	0,00	06115	06337	06564	06797	07035	07279	07528	07783	08044	08310	08582	08861
8	0,00	09145	09435	09732	10034	10343	10659	10980	11308	11643	11984	12332	12687
9	0,00	13048	13416	13792	14174	14563	14060	15363	15774	16193	16618	17051	17492
10	0,00	17941	18397	18860	19332	19812	20290	20795	21299	21810	22330	22859	23396
11	0,00	23941	24495	25057	25628	26208	26797	27394	28001	28616	29241	29875	30518
12	0,00	31171	31832	32504	33185	33875	34555	35285	36005	36735	36474	38224	38084
13	0,00	39754	40534	41325	42126	42938	43790	44553	45437	46291	47157	48033	48921
14	0,00	49819	50729	51650	52582	53526	54482	55448	56427	57417	58420	59434	60460
15	0,00	61488	62548	63611	64686	65773	66873	67985	69110	70248	71398	72561	73738
16	0,0	07493	07613	07635	07857	07982	08107	08234	08362	08492	08623	08756	08889
17	0,0	09025	09161	09299	09439	09580	09722	09866	10012	10158	10307	10456	10608
18	0,0	10760	10915	11071	11228	11387	11547	11709	11873	12038	12205	12373	12543
19	0,0	12715	12888	13063	13240	13418	13598	13779	13963	14148	14334	14523	14713
20	0,0	14904	15098	15293	15490	15689	15890	16092	16296	16502	16710	16920	17132
21	0,0	17345	17560	17777	17996	18217	18440	18665	18891	19120	19350	19583	19817
22	0,0	20054	20292	20533	20775	21019	21266	21514	21765	22018	22272	22529	22788
23	0,0	23044	23312	23557	23845	24114	24386	24660	24936	25214	25495	25778	26062
24	0,0	26350	26639	26931	27225	27521	27820	28121	28424	28729	29037	29348	29660
25	0,0	29975	30293	30613	30935	31260	31587	31917	32249	32583	32920	33260	33602
26	0,0	33947	34294	34644	34997	35352	35709	36069	36432	36798	37166	37537	37910
27	0,0	38287	38666	39047	39432	39819	40209	40602	40397	41395	41797	42201	42607
28	0,0	43017	43430	43845	44264	44685	45110	45537	45967	46400	46837	47276	47718
29	0,0	48164	48612	49064	49518	49876	50437	50901	51363	51838	52312	52788	53208
30	0,0	53761	54238	54728	55221	55717	56217	56720	57226	57736	58249	58765	59285
31	0,0	58809	60335	60856	61600	61937	62478	63022	63570	64122	64677	65236	65798
32	0,0	66364	66934	67507	68080	68655	69250	69838	70430	71026	71626	72230	72838

## I-илавининг давоми

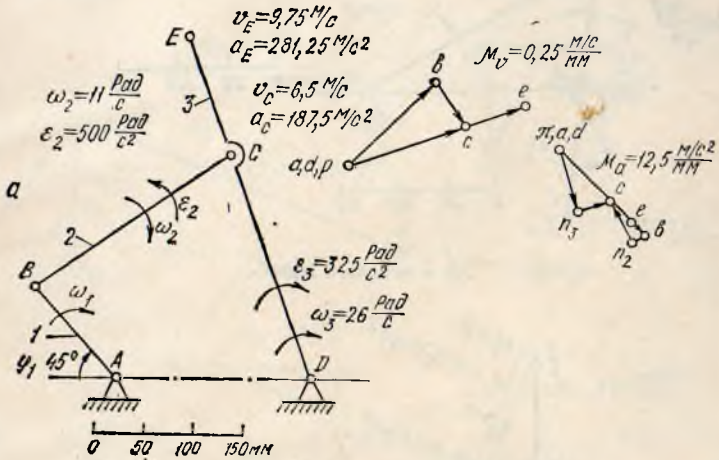
Тартиб	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	
33	0,0	73449	74064	74684	75307	75934	76565	77200	77839	78483	79130	79781	80437
34	0,0	81097	81760	82428	83100	83777	84457	85142	85832	86525	87223	87925	88631
35	0,0	89342	90058	90777	91502	92230	92963	63701	94443	95190	95942	96698	97450
36	0,	09802	09899	09977	10055	10133	10212	10292	10371	10452	10533	10614	10696
37	0	10778	10861	10944	11028	11113	11197	11283	11369	11455	11542	11630	11718
38	0	11806	11895	11985	12075	12165	12257	12348	12441	12534	12627	12721	12815
39	0	12911	13086	13102	13199	13297	13395	13493	13592	13692	13792	13893	13995
40	0,	14097	14200	14303	14407	14511	14616	14722	14829	14936	15043	15152	15261
41	0,	15370	15408	15591	15703	15815	15928	16041	16156	16270	16386	16502	16619
42	0,	16737	16855	16974	17093	17214	17335	17457	17579	17702	17826	17951	18076
43	0,	18202	18329	18457	18585	18714	18844	18975	19106	19238	19371	19505	19639
44	0,	19774	19910	20047	20185	20323	20463	20603	20743	20885	21028	21171	21312
45	0	21460	21606	21753	21900	22049	22198	22348	22499	22651	21804	21958	23112
46	0	23268	23424	23582	23740	23899	24059	24220	24382	24545	24709	24874	25040
47	0,	25206	25374	25543	25713	25883	26055	26228	26401	26576	26752	26929	27107
48	0,	27285	27465	27646	27828	28012	28196	28381	28567	28755	28943	29133	29324
49	0	29516	29709	29903	30098	30295	30492	30691	30891	31092	31295	31498	31703
50	0	31909	32116	32324	32534	32745	32957	33171	33385	33601	33818	34037	34257
51	0	34578	34700	34924	36149	35376	35604	35833	36063	36295	36529	36763	36999
52	0	37237	37476	37716	37958	38202	38446	38693	38941	39190	39441	39603	39947
53	0	40202	40459	40717	40977	41239	41502	41767	42034	42302	42571	42843	43116

cos $\alpha$  қийматларининг жадвали

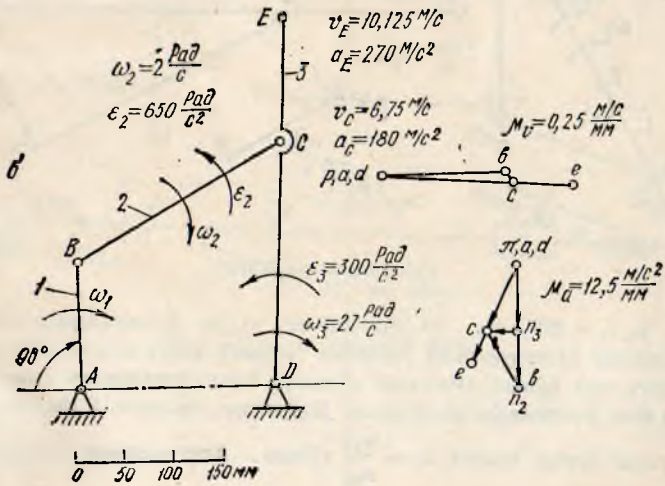
Бурчак	Тартыб	0,0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'
20°	0	940	939	938	937	936	935	934
21°	0	934	932	931	930	929	928	927
22°	0	927	926	925	924	923	922	920
23°	0	920	919	918	917	916	915	913
24°	0	913	912	911	910	909	907	906
25°	0	906	905	904	903	901	900	899
26°	0	899	897	896	895	894	892	891
27°	0	891	890	888	887	886	884	883
28°	0	883	882	880	879	877	876	875
29°	0	875	873	872	870	869	867	866
30°	0	866	865	863	862	860	859	857

### ЖАВОБЛАР

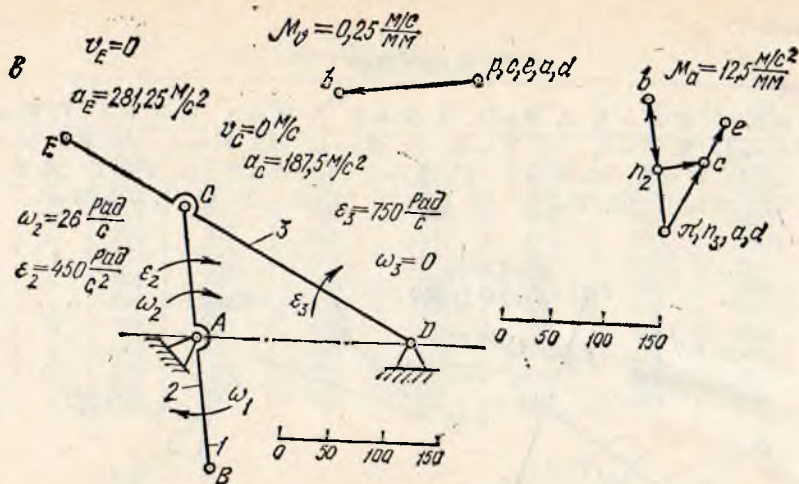
1.  $W = 0$ . 2.  $W = -1$ . 3.  $W = 1$ . 4.  $W = 1$ . 5.  $W = 0$ . 6.  $W = 3$ . 7.  $W = 3$ .  
 8.  $W = -1$ . 9.  $W = 1$ . 10.  $W = 1$ . 11.  $W = 1$ . 12.  $W = 1$ . 13.  $W = 1$ . 14.  
 $W = 3$ . 15.  $W = 2$ . 16.  $W = 1$ . 17.  $W = 1$ . 18.  $W = 0$ . 19.  $W = 1$ . 20.  $W =$   
 $= 1$ . 21.  $W = 1$ . 22.  $W = 1$ . 23.  $W = 2$ . 24.  $W = 2$ . 48.  $v_A = 2,33 \text{ м/с}$ . 49.



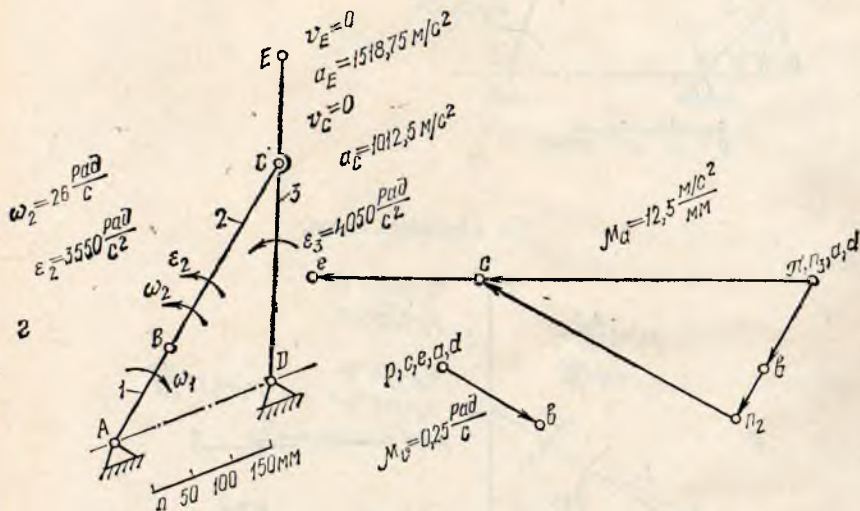
30- а масалага жавоб.



30- б масалага жавоб.

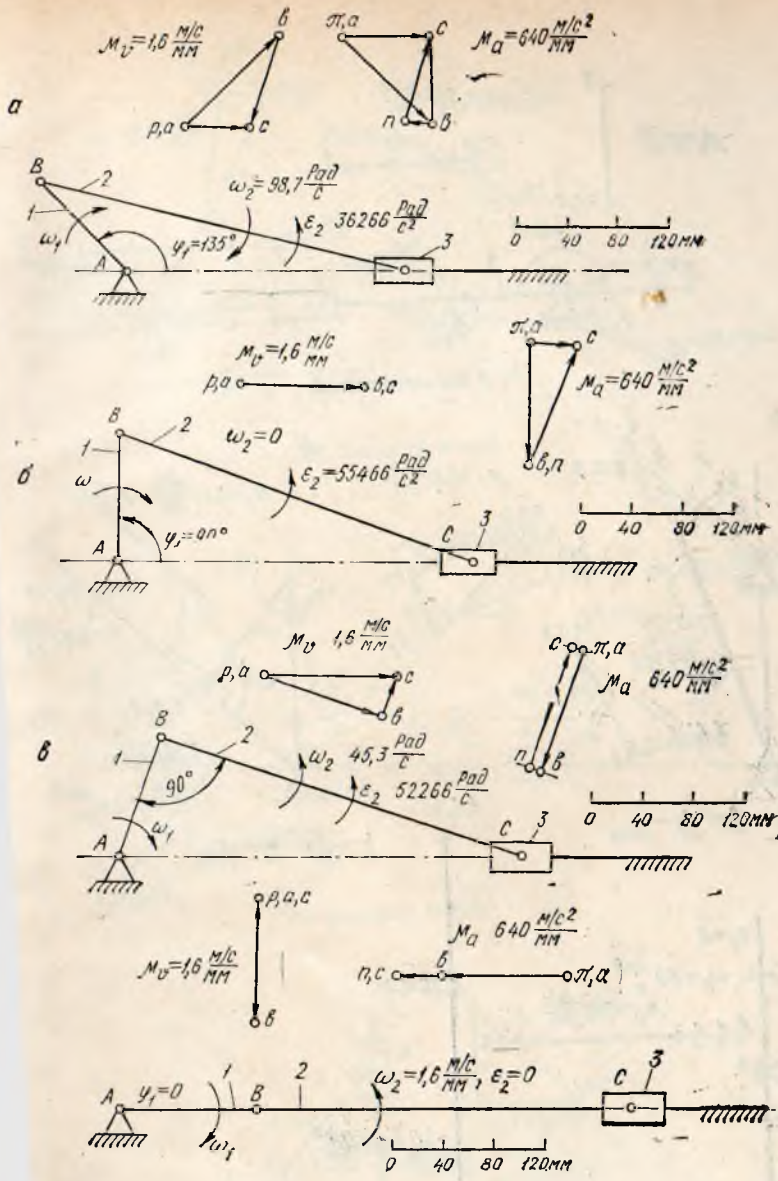


30- в масалага жавоб.

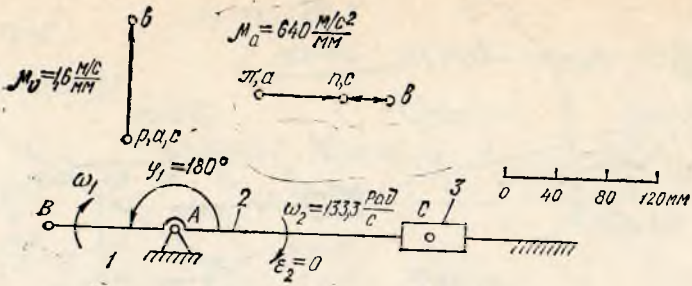


30- г масалага жавоб.

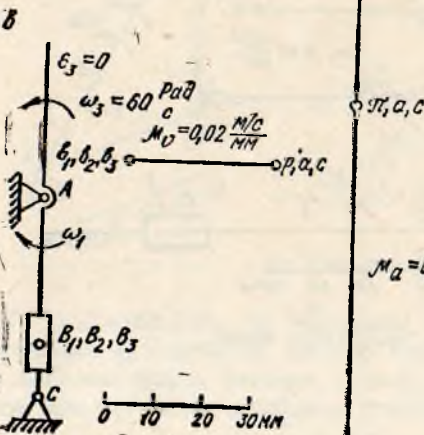
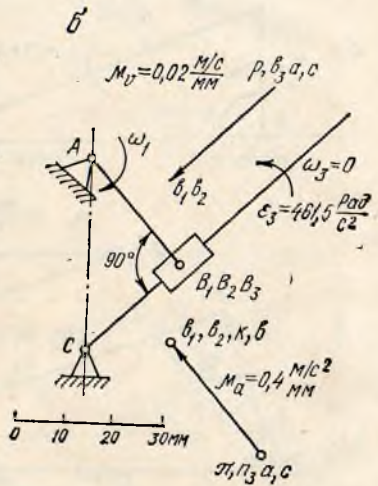
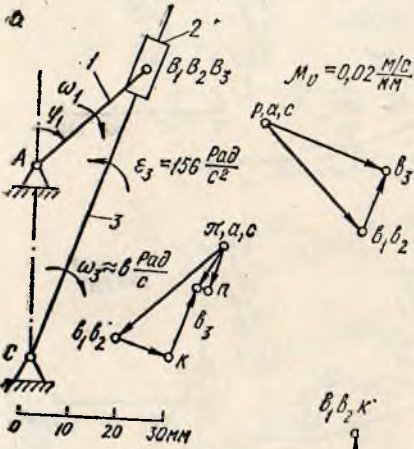
$u_{18} = 2$ .  $l_{o_1 o_3} = 495,5$  мм. 50. Масаланинг а) ва б) шартларида тасвирланган механизмларнинг қўзғалувчанлик даражаси Чебишев формуласи ва формула (4. 1) га асосан нолга тенг бўлади (текшириб кўринг). Бироқ ғилдирақлар сони жуфт бўлган қатор ёпиқ узатмаларда ишлайдилар. Дарҳақиқат, ғилдирақ 6 ғилдирақ 1 дан ажратилса унинг бурчак тезлиги  $\omega_6 = \frac{\omega_1}{u_{16}}$  бўлади. Агар ғилдирақ 6 ғилдирақ 5 дан ажратилса, унинг бурчак тезлиги яна  $\omega_6 = \frac{\omega_1}{u_{16}}$  бўлади. Демак, ғилдирақлар сони



31- а, б, в, г масалаларга жавоб.

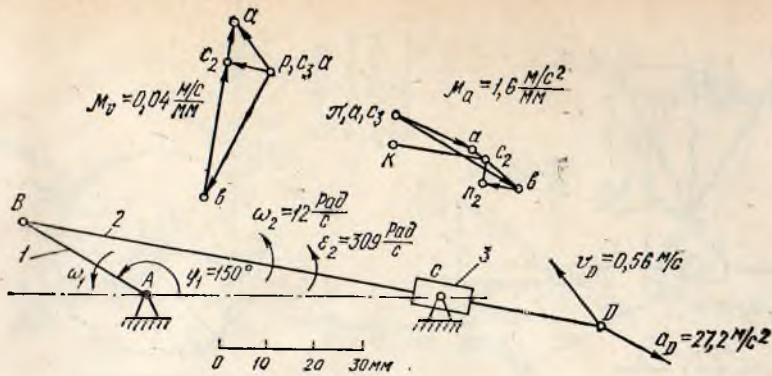


31-d масаллага жавоб.

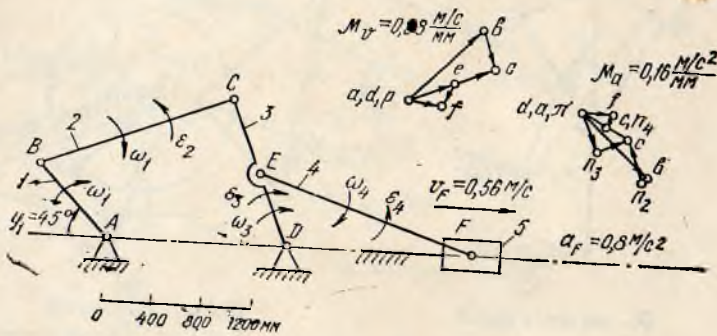


32- а, б, в масалаларга жавоб.

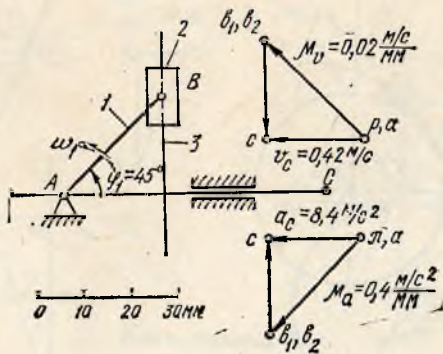




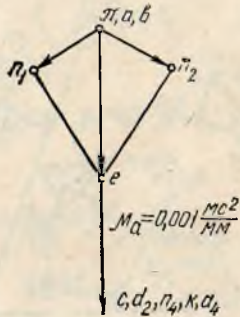
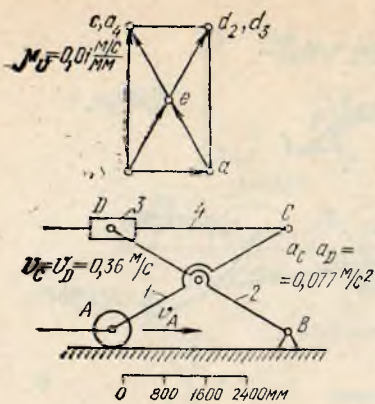
33- масалага жавоб.



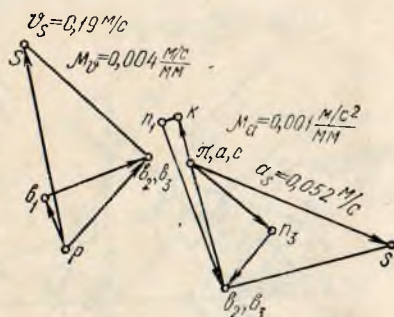
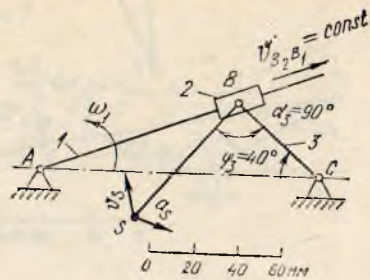
34- масалага жавоб.



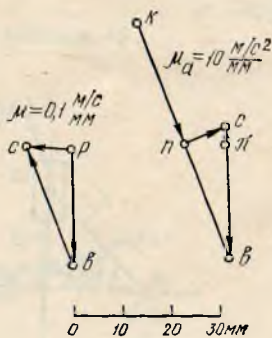
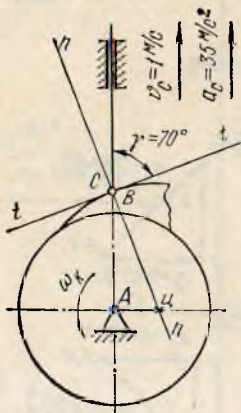
35- масалага жавоб.



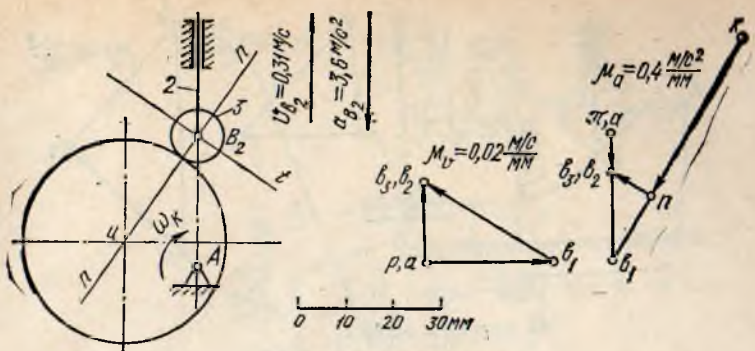
36- масалага жавоб.



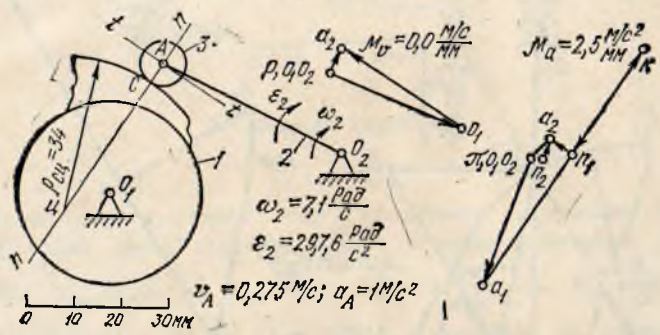
37- масалага жавоб.



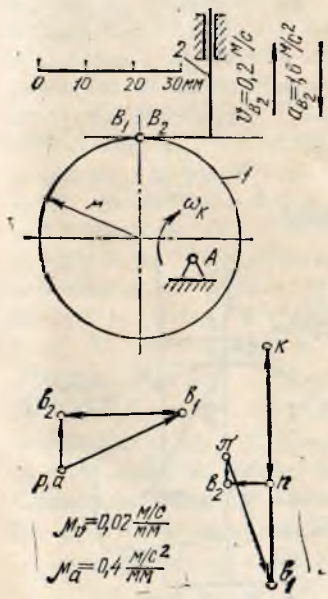
38- масалага жавоб



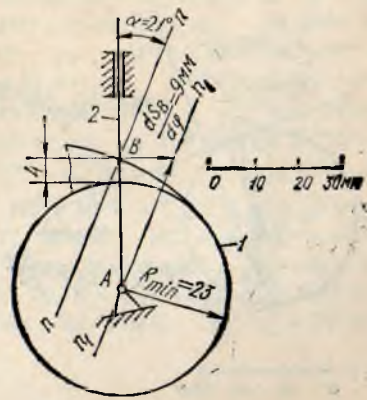
39- масалага жавоб.



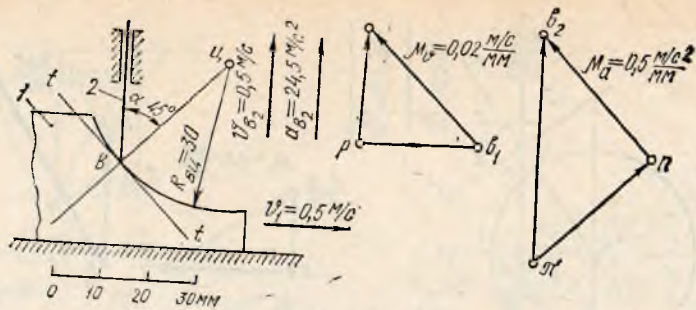
40- масалага жавоб.



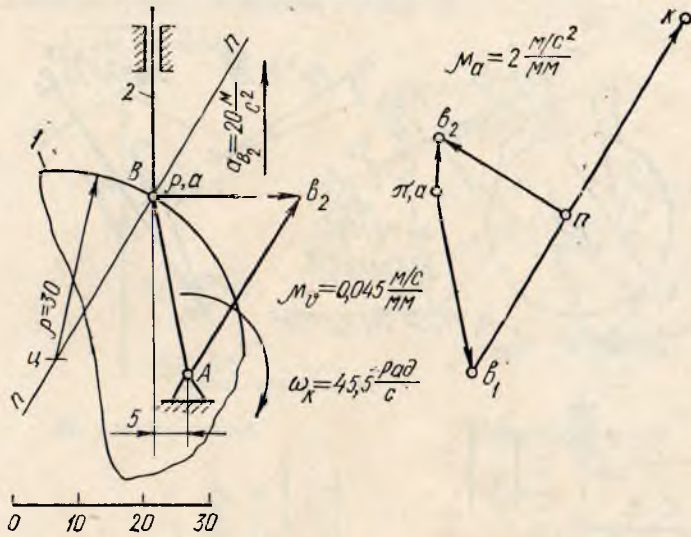
41- масалага жавоб.



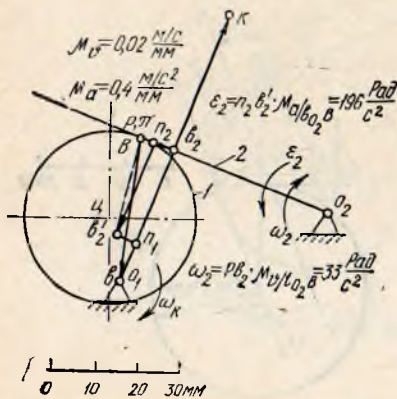
42- масалага жавоб.



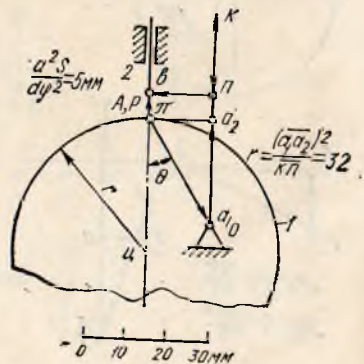
43- масалага жавоб.



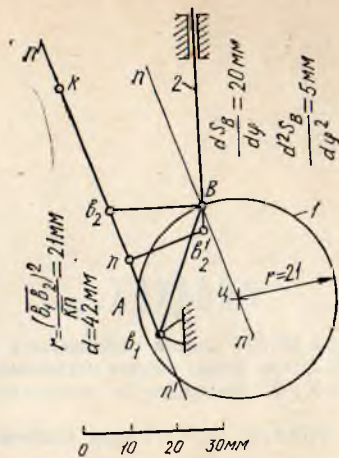
44- масалага жавоб.



45- масалага жавоб.



46- масалага жавоб.



47- масалага жавоб.

жуфт бўлган қатор узатманинг охириги ва биринчи филдираклари ўзаро плашб ёпиқ узатма ҳосил қилсалар бундай узатмалар ишлайдилар. 51.  $u_{1H} = 160$ . 52.  $u_{1H2} = 20$ . 53.  $u_{1H} = 13$ ,  $n_H = 50 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$ ; 54.  $R_{01} = R_{12} = R_{23} = R_{13} = 141,42 \text{ Н}$ .  $M_M = 0$ . 55.  $R_{12} = 1002 \text{ Н}$ .  $R_{03} = 920 \text{ Н}$ .  $R_{23} = 1360 \text{ Н}$ .  $R_{01} = 70 \text{ Н}$ .  $M_M = 100 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . 56.  $R_{23} = 715,56 \text{ Н}$ .  $R_{03} = 620 \text{ Н}$ .  $R_{01} = 370 \text{ Н}$ .  $M_M = 39,35 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . 57.  $M_M = 7,11 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . 58.  $R_{01} = R_{12} = R_{23} = R_{03} = 353,55 \text{ Н}$ .  $M_M = 12,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . 59.  $M_{\text{кел}} = 400 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,064 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 60.  $M_{\text{кел}} = 1000 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 4 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 61.  $M_{\text{кел}} = 14 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,00245 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 62.  $M_{\text{кел}} = 2,575 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,0006634 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 63.  $M_{\text{кел}} = 5,21 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,0021776 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 64.  $M_{\text{кел}} = 100 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,025 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 65. 1)  $\varphi = 0^\circ$  да  $M_{\text{кел}} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ,  $J_{\text{кел}} = 0 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 2)  $\varphi = 45^\circ$  да  $M_{\text{кел}} = 4,24 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,005 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 3)  $\varphi = 90^\circ$  да  $M_{\text{кел}} = 6 \text{ кг} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,01 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 66.  $M_{\text{кел}} = 16,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,10562 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 67.  $M_{\text{кел}} = 0,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,00018 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 68.  $M_{\text{кел}} = 0,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,00004 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 69.  $\varphi = 0^\circ$  да  $M_{\text{кел}} = 26 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,05408 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 2)  $\varphi = 180^\circ$  да  $M_{\text{кел}} = 93,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,6949 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 70.  $M_{\text{кел}} = 7,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 71.  $M_{\text{кел}} = 115 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,082944 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 72.  $M_{\text{кел}} = 250 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 2,103125 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 73.  $M_{\text{кел}} = 250 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{2,3}^{\text{кел}} = 0,015 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ,  $J_{4,5}^{\text{кел}} = 0,0225 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .  $J_6^{\text{кел}} = 0,125 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .  $J_{\text{кел}} = 0,07 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 74.  $M_{\text{кел}} = 30 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,0375 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 75.  $M_{\text{кел}} = 7,692 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $J_{\text{кел}} = 0,0333726 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . 76.  $z_2 = 63$ ,  $z_3 = 144$ . 77.  $K \leq 5$ . 78.  $z_1 = 24$   $z_2 = 72$ ,  $z_3 = 24$ ;  $z_4 = 100$ , чунки:  $z_1 > 17$ ;  $z_2 > 17$   $z_3 > 20$   $z_4 > 85$ .  $z_4 - z_3 > 8$ . Сателлитлар блокининг максимал сони  $k = 3$ . 79.  $s = 15,714 \text{ мм}$ ,  $s_a = 6,81 \text{ мм}$ ; 80.  $\chi_1 = 0,412$ ;  $\chi_2 = -0,176$ ;  $a_\omega = 305,79 \text{ мм}$ . 82.  $\vartheta = 9$ . 83.  $\alpha_\omega = 26^\circ 50'$ ;  $r_{\omega_1} = 52,667 \text{ мм}$   $r_{\omega_2} = 105,333 \text{ мм}$ .

## АДАБИЁТ

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин М., «Наука», 1975г.
2. Гавриленко В. А. ва бошқ. Теория механизмов. «Высшая школа», 1973г.
3. Усмонхўжаев Х. Х. Механизм ва машиналар назарияси. «Ўқитувчи» нашриёти, Т., 1981 й.
4. Юдин В. А. Петрокас Л. В. Теория механизмов и машин. М., «Высшая школа», 1967 г.
5. Иззатов З. Х. Механизм ва машиналар назариясидан курсавий лойиҳалаш. «Ўқитувчи» нашриёти, Т. 1979 й.
6. Артоболевский И. И. Эдельштейн. Б. В. Сборник задач по теории механизмов и машин. М. «Наука».
7. Безвесельный Е. С. Вопросы и задачи по теории механизмов и машин. Киев «Вища школа», 1977 г.
8. Юдин В. А. Барсов Г. А. Сборник задачи примеров по теории механизмов и машин. РосВУЗИЗДАТ, 1963 г.
9. Рустамходжаев Р. П. Волкова П. И. Безмашинный метод программированного обучения и контроля по курсу «Теория механизмов и машин». Сборник научно-методических статей. Повышение эффективности и качество обучения. «Ўқитувчи». Т., 1981 г.
10. Рустамхўжаев Р. П. Қодиров Р. Х. Машина ва механизмлар назариясидан курс лойиҳасини бажариш учун методик қўлланма. I ва II қисм. ТАДИ. 1979 г.
11. Рустамхўжаев Р. П. Қўндаланг рандалаш станогли механизмлари ва қисмларини тадқиқ этиш ва лойиҳалаш. ТАДИ 1981 й.
12. Рустамхўжаев Р. П. Кривошип-ползунли пресс механизмлари ва қисмларини лойиҳалаш ва тадқиқ этиш ТАДИ. 1981 й.
13. Рустамходжаев. Р.П. Методические указания к лабораторным работам о курсу ТММ.ТАДИ. 1982 г.

## М У Н Д А Р И Ж А

Сўз боши . . . . .	3
<b>Биринчи қисм</b>	
<b>МЕХАНИЗМЛАРНИ ТЕКШИРИШ</b>	
<b>1-боб. Механизмларнинг тузилишини текшириш ва уларнинг классификацияси . . . . .</b>	<b>4</b>
1-§. Асосий тушунчалар . . . . .	4
2-§. Звенолар ва кинематик жуфтларни шартли белгилаш . . . . .	5
3-§. Текисликдаги механизмларнинг тузилишини текшириш . . . . .	6
4-§. Текис механизмларни ҳосил қилиш. Механизмларнинг Ассур — Артоблевский классификацияси . . . . .	7
<b>2-боб. Рычагли механизмларнинг кинематикасини текшириш . . . . .</b>	<b>14</b>
1-§. Асосий масалалар ва умумий мулоҳазалар . . . . .	14
2-§. Механизмнинг кинематик схемасини чизиш . . . . .	15
3-§. Механизмнинг турли ҳолатларини қуриш. Нуқта траекториясини аниқлаш . . . . .	17
4-§. Механизм кинематикасини диаграммалар усули билан текшириш . . . . .	19
5-§. Рычагли механизм кинематикасини қутбий тезлик ва қутбий тезланиш планлари ёрдамида текшириш . . . . .	23
6-§. Айланма кинематик жуфтли иккинчи класс Ассур группаси учун тезлик ва тезланишларни аниқлаш . . . . .	25
7-§. Илгариланма ва айланма кинематик жуфтли иккинчи класс Ассур группаси учун тезлик ва тезланишларни аниқлаш . . . . .	31
8-§. Учинчи класс Ассур группалари учун тезлик ва тезланишларни аниқлаш . . . . .	52
<b>3-боб. Кулачокли механизмларни кинематик текшириш . . . . .</b>	<b>64</b>
1-§. Кинематик текшириш усуллари. Алмаштирувчи механизмларни ҳосил қилиш . . . . .	64
2-§. Тезлик ва тезланишларни аниқлаш. Уларнинг ҳақиқий ва аналог қийматлари . . . . .	66
<b>4-боб. Мураккаб тишли гилдиракли механизмларни кинематик текшириш</b>	
1-§. Ўқлари қўзғалмас бўлган тишли узатмаларни кинематик текшириш . . . . .	76
2-§. Ўқлари ҳаракатланувчи тишли гилдиракли механизмлар (эпициклик механизмлар) . . . . .	79
3-§. Планетар редукторларнинг характеристикалари . . . . .	80
4-§. Планетар механизмларни аналитик усулда текшириш (Вилис формуласи) . . . . .	81
5-§. Планетар механизмларни график усулда текшириш (Смирнов усули) . . . . .	83
<b>5-боб. Механизмларни кучлар таъсирида текшириш . . . . .</b>	<b>87</b>
1-§. Механизмга таъсир этувчи кучлар . . . . .	87
2-§. Механизм звеноларидаги инерция кучларини аниқлаш . . . . .	89
3-§. Механизмларни кучлар таъсирида ҳисоблаш. Кинематик жуфтларда кучларни аниқлаш усули . . . . .	93

4- §. Айланма кинематик жуфтли иккинчи класс Ассур группаси учун кинематик жуфтлардаги реакция кучларини аниқлаш . . . . .	94
5- §. Илгарилама ва айланма кинематик жуфтли иккинчи класс Ассур группаси учун кинематик жуфтлардаги реакция кучларини аниқлаш . . . . .	96
6- §. Айланма ҳаракат қилувчи етакловчи звено кинематик жуфтларидаги реакция кучларини аниқлаш . . . . .	99
7- §. Мувозанатловчи кучни Жуковский усули билан аниқлаш . . . . .	100
<b>6- боб. Механизмлар динамикасини текшириш . . . . .</b>	<b>110</b>
1- §. Куч ва массаларни келтириш усули . . . . .	110

## Иккинчи қисм

### Механизмларни лойиҳалаш

<b>7- боб. Кулачокли механизмларни лойиҳалаш . . . . .</b>	<b>123</b>
1- §. Кулачокли механизмларни лойиҳалаш тартиби . . . . .	123
2- §. Механизм схемасини танлаш . . . . .	124
3- §. Турткичнинг ҳаракат қонунини белгилаш . . . . .	124
4- §. График интеграллаш . . . . .	126
5- §. Диаграммалар учун қутб масофаси $H_1$ ва $H_2$ ни танлаш . . . . .	127
6- §. Кулачокли механизмларни кинематик лойиҳалаш (кулачок профилини қуриш) . . . . .	128
7- §. Кулачокли механизмларни динамик лойиҳалаш . . . . .	134
8- §. Кулачокнинг минимал радиуси $R_{min}$ ни динамик талабни қаноатландирадиган қилиб аниқлаш . . . . .	137
<b>8- боб. Планетар редукторларни лойиҳалаш . . . . .</b>	<b>153</b>
1- §. Гилдираклари цилиндрсимон планетар тишли механизмларни лойиҳалаш асослари . . . . .	153
2- §. Биттадан ташқи ва ички илашмали бир қаторли планетар редукторни (Жемс редукторини лойиҳалаш) (50-шакл) . . . . .	155
3- §. Биттадан ташқи ва ички илашмали икки қаторли планетар редукторни лойиҳалаш (51-шакл) . . . . .	156
4- §. Иккита ташқи илашмали икки қаторли планетар редукторни (Давид редукторини) лойиҳалаш (52-шакл) . . . . .	158
5- §. Иккита ички илашмали икки қаторли планетар редукторни (Давид редукторини) лойиҳалаш . . . . .	160
6- §. Умумий мулоҳазалар . . . . .	161
<b>9- боб. Бир жуфт тишли гилдиракли узатмаларни лойиҳалаш . . . . .</b>	<b>162</b>
1- §. Тишли узатманинг геометрик параметрлари . . . . .	162
2- §. Эвольвента ва унинг хоссалари . . . . .	163
3- §. Тишли рейка кўринишидаги қирқувчи асбоб ёрадамида тишли гилдиракларни ҳосил қилиш . . . . .	164
4- §. Тишли илашмаларнинг турлари ва уларнинг хусусиятлари . . . . .	166
5- §. Силжиш коэффициентларини белгилаш . . . . .	168
6- §. Қамраш контурларидан фойдаланилган ҳолда тишли узатмани ҳисоблаш . . . . .	169
7- §. ИСО тавсияномаларида фойдаланилган ҳолда тишли узатмани ҳисоблаш . . . . .	174
8- §. Тишли узатмани Кудрявцев жадвалларидан фойдаланиб ҳисоблаш . . . . .	177
9- §. Тишли илашма элементларини чизиш . . . . .	185
10- §. Актив илашми қисминини, илашми ёнини ва тиш профилининг актив қисминини қуриш . . . . .	185



## Учинчи қисм

### ИШ МАШИНАЛАРИНИ КОМПЛЕКС ЛОЙИХАЛАШ ВА ТАДҚИҚ ЭТИШ

10- боб. Кривошип-ползушли прессни лойиҳалаш ва текшириш . . . . .	193
1- §. Пресснинг тузилиши, лойиҳалаш шартлари, берилган қийматлар . . . .	193
2- §. Ричагли механизмни геометрик лойиҳалаш ва унинг тузилишини текшириш. Механизм ҳолатини қуриш . . . . .	195
3- §. Механизмни кинематик текшириш . . . . .	196
4- §. Иш машинасининг динамикасини барқарор бўлмаган режимда текшириш . . . . .	203
5- §. Механизмни куч таъсирида ҳисоблаш . . . . .	212
6- §. Мой насосининг кулачокли механизмни лойиҳалаш . . . . .	218
7- §. Тишли узатмани лойиҳалаш . . . . .	222
8- §. Планетар редукторни лойиҳалаш . . . . .	227
Жавоблар . . . . .	233
Адабиёт . . . . .	242

*На узбекском языке*

РУСТАМХОДЖАЕВ РАШИДХОДЖА

СБОРНИК ПРИМЕРОВ И ЗАДАЧ  
ПО ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

*1-е издание*

учебное пособие для студентов  
втузов

Ташкент—«Ўқитувчи»—1987

Муҳаррир *Ҳ.Исмаилов*

Бадий муҳаррир *Ф.Некчадамбоев*

Техн. муҳаррир *Т. Грещникова*

Корректор *М. Минахмедова*

ИБ 3855

Теришга берилди 26.06.86. Босишга рухсат этилди 24.06.87.  
Формати 60×90/16. Тип қоғози № 2. Литературная гарн. Кегли 10  
шпонсиз, 8 шпонли. Юқори босма усулида босилди. Шартли  
6. л. 15,5. Шартли кр-отт. 15,69. Нашр. л. 15,95. Тиражи 5000.  
Зак. 2943. Баҳоси 70 т.

«Ўқитувчи» нашриёти. Тошкент, 129. Навоий кўчаси, 30.  
Шарғнома 11-156-86.

Ўзбекистон ССР нашриётлар, полиграфия ва китоб савдоси иш-  
лари Давлат комитети Тошкент «Матбуот» полиграфия ишлаб  
чиқариш бирлашмасининг Бош корхонасида теришиб, 3-босма-  
сонасида босилди. Тошкент, Юнусобод массиви, квартал Г,  
Мурадов кўчаси, 1. 1987.

Ўабрано на головном предприятии, отпечатано в типографии  
№ 3 ТППО «Матбуот» Государственного комитета УзССР по  
делам издательства, полиграфии и книжной торговли. Ташкент,  
массив Юнусабад, квартал Г, ул. Мурадова, 1.

**«УЎҚИТУВЧИ» НАШРИЁТИ 1987 ЙИЛДА  
ҚУЙИДАГИ ДАРСЛИКЛАРНИ НАШР ЭТАДИ**

1. **Муродов Ш. Қ.** ва бошқ. Чизма геометрия курси
2. **Хорунов Р., Акбаров А.** Чизма геометриядан масалалар тўплами
3. **Мансуров Х.** Автоматика ва ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш
4. **Қизғизбоев Ю.** ва бошқ. Техник чизмачилик курси
5. **Ибрагимов У.** Электр машиналар

70 r

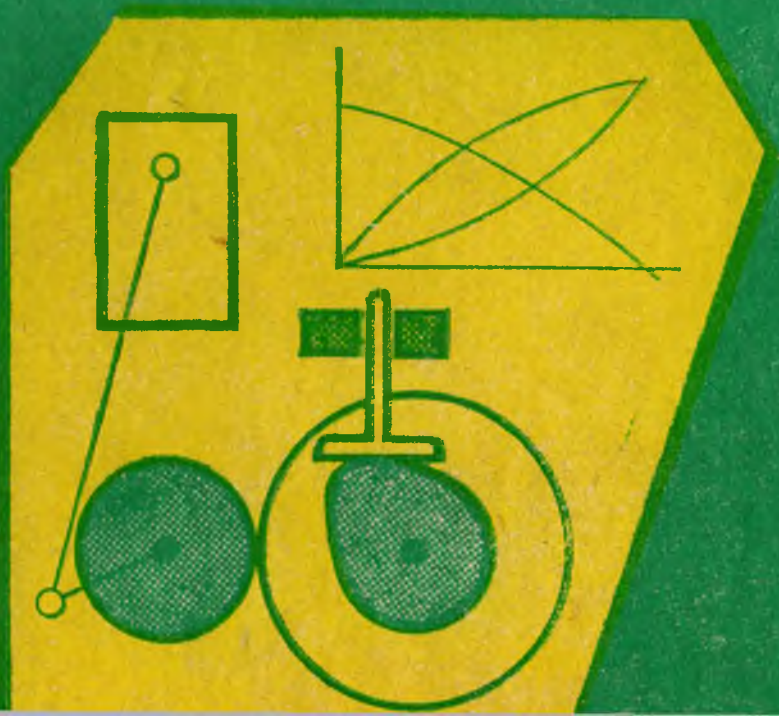
«УҚИТУВЧИ»

Р 89

Р. РУСТАМХЎЖАЕВ

# Механизм

ва машиналар  
назариясидан  
масала  
ҳамда  
мисоллар  
тўплами



Механизм ва машиналар назарияси