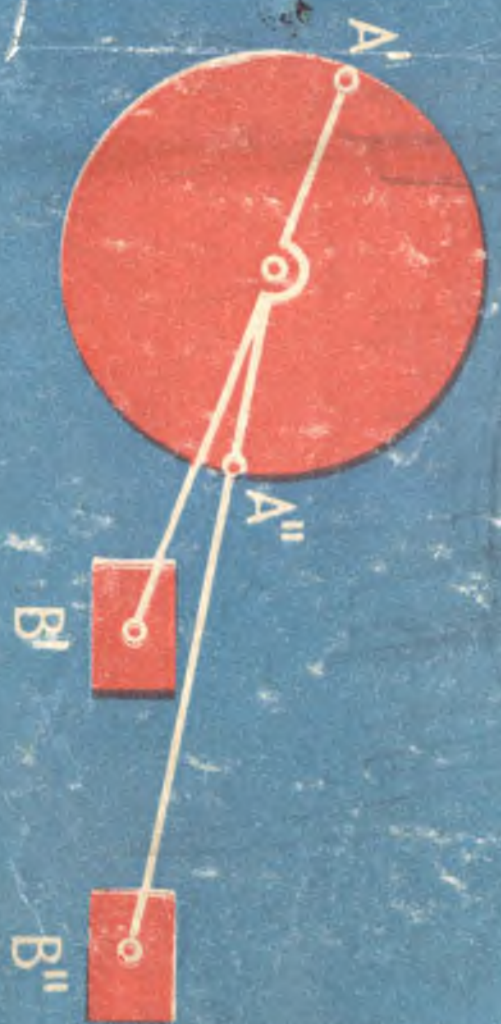


УДК
621
112.9

Э.Х. Мазатов

МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН КУРСАВИИ ЛОЙИХАЛАШ



З. Х. ИЗЗАТОВ

МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН КУРСАВИЙ ЛОЙИҲАЛАШ

УКЗ

Биб-ка ИПО 6004
Бух. ГИП 6 ЛП



Ўқув қўлланмасида ричагли, тишли ва кулачокли механизмлар лойиҳалашнинг асосий назарий масалалари, механизмларни анализ ва синтез қилиш учун ҳисоблаш методлари баён этилган. Лойиҳалаш топшириқлари берилган ва уларни ҳисоблаш тартиби мисолларда қўрсатилган.

Қўлланма олий техника ўқув юртларининг студентларига мулжалланган. Қўлланмадан аспирантлар, инженер-техник ва илмий ходимлар ҳам фойдаланишлари мумкин.

СУЗ БОШИ

Механизм ва машиналар назариясида лойиҳалашга жуда катта аҳамият берилади. Лойиҳалашнинг ҳисоблаш меҳодларини чуқур ўрганish студентнинг бу фаннинг илмий асосларини чуқур ўзлашгиришига ёрдам беради.

Сўнгги йилларда Ўзбекистонда техника тараққиёти ва фаннинг ривожланиши механизм ва машиналар назариясига купгина янгиликлар киритди. Механикавий катталикларнинг халқаро системаси (СИ), техникага оид янги терминлар ҳамда белгилар ва бошқалар шулар жумласидандир.

Механизмлар, асосан, икки усулда ҳисобланади ва улар ўзаро боғланган бўлади. Бу эса студентнинг курсавий лойиҳалаш процессида ўз ҳисобининг қанчалик тўғри бажарилганлигини ўқигувчи ёрдамсиз билиши ва ўзи текшира олиши учун имконият яратади.

Графикавий маълумотларнинг масштаб коэффициентларини танлаб олишга катта аҳамият берилган. Бунинг натижасида математикавий сон қийматлари чизма кесмаларига мосланиб, ҳисоблаш ва текшириш енгиллаштирилган. Студентнинг билим савияси, ўқув планида курсавий лойиҳалашга ажратилган вақт ҳамда олий ўқув юрти бўлимларининг ихтисослашганлигига қараб, курсавий лойиҳалаш топшириқларининг ҳажми ва мазмуни ҳар бир аниқ ҳол учун мослаб берилиши мумкин. Ўқувнинг ҳажмини механизмнинг текшириладиган вазиятлари сонига яраша белгилаш мумкин.

Қўлланманинг қўл ёзмаси билан танишиб, қимматли маслаҳатлар берганликлари учун ЎзФА мухбир аъзоси, т. ф. д., проф. Х. Х. Усмонхўжаевга, Тошкент темир йўл инженерлари институтининг кафедра мудири, т. ф. д., проф. А. Д. Мошковга, техника фанлари кандидатлари, доцентлар А. Ҳ. Ҳамидов, И. И. Қурбонов, А. Усмонов, М. Р. Мавлявиев ва бошқаларга муаллиф чуқур миннатдорчилик билдиради.

Бу китоб лойиҳалашга оид ўзбек тилида ёзилган биринчи қўлланма бўлгани учун уни айрим камчиликлардан холи деб айта олмаймиз. Шунинг учун қўлланма ҳақидаги фикр ва мулоҳазаларни муаллиф миннатдорчилик билан қабул қилади. Бизнинг адрес: Тошкент, 129, Навоий кўчаси, 30. „Ўқитувчи“ нашриётининг Умумтехника адабиёти редакцияси.

Муаллиф.

КИРИШ

Механизм ва машиналар назарияси курси механизмлар яратиш ва уларни тадқиқ этишнинг назарий ва амалий методларини ургатади. Яхши сифатли машина яратиш (лойиҳалаш) инженерлик ҳисоблаш усулларига асосланади. Бу усуллар жумласига, асосан, механизмнинг схемасини туғри танлаш ва уни кинематикавий ва динамикавий ҳисоблаш киради.

Техника тараққиётининг янада тезлаштириш учун ишлаб чиқаришнинг барча соҳаларидаги технологик процессларни комплекс механизациялаштириш ва автоматлаштириш зарур бўлади. Бу масалани ҳал қилиш учун ҳар бир саводли инженер механизм ва машиналар лойиҳалаш, уларни текшириш ва тақомиллаштириш усуллариини чуқур билишни керак.

Механизм ва машиналар назарияси (ММН) курсидан курсавий лойиҳалаш иши бажарилгандагина бу курс яхши ва пухта ўзлаштирилади. Курсавий лойиҳалаш эса курснинг асосий қисмларини ўз ичига олади.

Механизм ва машиналар назарияси курси машинасозлик ихтисосликларида икки семестр давомида ўтилади. 4-семестрда, асосан, ричагли механизмларни структуравий, кинематикавий ва кинетостатикавий текширишлар юзасидан, 5-семестрда эса тишли ва кулачокли механизмлар юзасидан курсавий лойиҳалар бажарилади.

Студент механизм таркибидаги звено, кинематикавий жуфт ва группанинг геометрик, кинематикавий ва динамикавий параметрларини ҳисоблаш усуллари асосини яхши билса, у мураккаб тузилган ҳар қандай механизмни бемалол лойиҳалаш ва тадқиқ этиши мумкин.

Шуларни назарда тутиб, қўлланманинг тузилиш (ёзилиш) тартиби ўзгартирилди. Курсавий лойиҳалашнинг топшириқлари бир-бирига боғлиқ ҳолда берилмай, конкрет (ричагли, тишли, кулачокли) механизм лойиҳалаш методлари батафси ёритилди.

Формулаларни келтириб чиқариш, қўлланилган усулларни исботлаш каби масалалар ўқув адабиётида батафсил берилгани учун бу қўлланмада келтирилмади.

Қўлланма муаллифи студентнинг:

1) умумий усулларни конкрет механизм лойиҳалаш ва уни анализ қилишга татбиқ этиши ва бу усулларни чуқур ўрганиши;

2) курсавий лойиҳалашда керак бўладиган ҳисоблаш масалаларини ўзи ҳал қила олиши;

3) лекция, амалий ва лаборатория машғулотида олган назарий билимларини курсавий лойиҳалашда мустаҳкамлаши кераклигини назарда тутди.

Бу қўлланма механизм ва машиналар назарияси ўқув плани асосида ёзилди. Бу китоб олий техника ўқув юртлари кундузги бўлимининг студентлари учун курсавий лойиҳалашдан қўлланма бўлиб, ундан машинасозлик олий ўқув юртлари сиртки ва кечки бўлимларининг студентлари, ёш ўқитувчилар ва аспирантлар ҳам фойдаланиши мумкин.

Қўлланмада, асосан, ясси (текис) механизмлар лойиҳалаш ва уларни текшириш усуллари берилади. Лойиҳалаш ва текшириш усулларини тушуниш ва узлаштиришни осонлаштириш учун, асосан Ассур группаларидан тузилган механизмлар кўриб чиқилади.

Бу қўлланма авторнинг А. Беруний номидаги Тошкент политехника институтининг „Механизм ва машиналар назарияси“ кафедрасида олиб борган кўп йиллик педагогик тажрибаси асосида ёзилди. Уни ёзишда рус тилида нашр этилган курсавий лойиҳалаш қўлланмаларидан ҳам кенг фойдаланилди.

1. РИЧАГЛИ МЕХАНИЗМЛАР ЛОЙИХАЛАШ

1. РИЧАГЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИНГ ТУРЛАРИ ВА УЛАРНИНГ ТЕХНИКАДА ИШЛАТИЛИШИ

Ричагли механизм таркибида фақат айланма ва илгариллама қуйи кинематикавий жуфтлари бўлган ричагли звенолардан тузилган механизмдир. Ричагли механизмлар бошқа механизмлар узатганига қараганда катта куч ва қувват узатади, уларнинг фойдали иш коэффициентлари юқори бўлади.

Ричагли механизм звеноларини тайёрлаш осон, улар мустақамлиги ва ейилишга чидамлилиги юқори бўлгани учун қуввати катта бўлган прессларда, болғалаш машиналарида кенг қўламда ишлатилади.

Оддий ричагли механизм икки звеноли бўлиб, у қўзғатмас стойка ва унинг атрофида айланувчи қўзғалувчан звенодан иборат. Электрик двигателъ, вентилятор, янчиш барабани ва бошқалар ана шундай механизмга мисол бўла олади.

3 звеноли ва 4 звеноли шарнирли мураккаб механизмлар турли машиналарнинг конструкцияларида кўп ишлатилади.

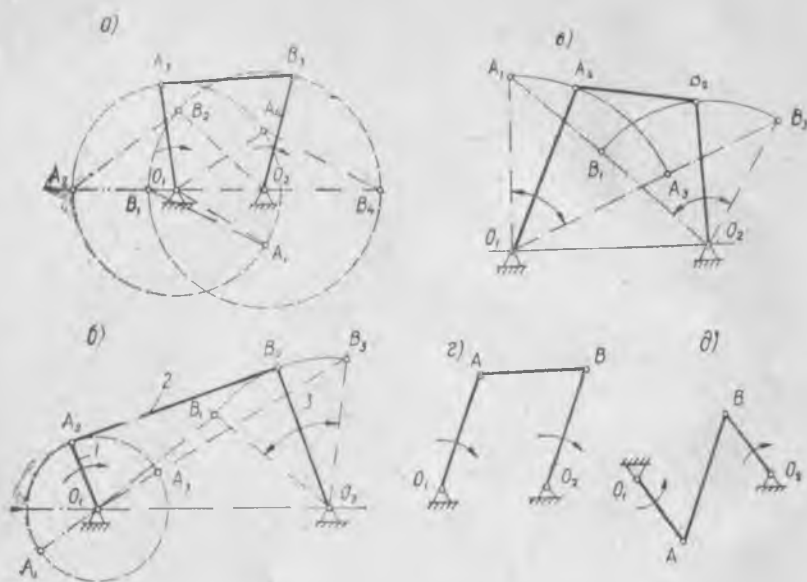
Ричагли механизмлар тузилишига кўра, бир неча турга бўлинади:

1. Шарнирли тўрт звеноли ричагли механизм. Бу механизм фақат айланма кинематикавий жуфтлар (шарнирлар) дан тузилган бўлиб, у мустақил механизм бўлиши ёки мураккаб механизмларнинг таркибий қисмини ташкил этиши мумкин. Улар қўрғинини жиҳатидан бир неча гурӯпага бўлинади:

а) икки кривошипли ричагли механизм; бунда етакчи ва етакланувчи звенолар тўла айланади (1-шакл, а); бу механизмлар сув насосларида ишлатилади;

б) кривошип-коромислоли механизм; бунда етакчи звено тўла айланганда етакланувчи звено бурилма-қайтар (тебранма) ҳаракат қилади (1-шакл, б); бу механизм звено-кривошип (360° га тўла айланувчи звено) 1, звено-шатун (мураккаб ҳаракатланувчи звено) 2 ва звено-коромисло (360° га тўла айланмайдиган звено) 3 дан иборат. Бу механизм хамир қорғиш, пичан ағдариш машиналари ва бошқа машиналарда ишлатилади;

в) икки коромислоли механизм; бу механизм ёрдамида бир звенонинг унча катта бўлмаган (қўпинча, 90° гача



1-шакл.

булган) бурилиш ҳаракати иккинчи звенонинг кичик бурилиш ҳаракатига айлантирилади (1-шакл, в).

Икки коромислоли механизмларнинг узагиш сони ўзгарувчан бўлиб, звеноларнинг бошланғич вазияти ва ўлчамларига боғлиқ. Механизмнинг узагиш сони мусбат ва манфий бўлиши мумкин. Агар механизмнинг етакчи ва етакланувчи звенолари бир томонга айланса (1-шакл, з), узагиш сони мусбат, қарама-қарши томонга айланганда эса (1-шакл, д), манфий бўлади.

Икки коромислоли механизм ёрдамда маълум оралиққа тебранма (бурилма-қайтар) ҳаракат узагиш ва етакланувчи звенонинг бурилиш бурчагини керакли қийматга ўзгартириш мумкин

2. Кривошип-ползунли механизм. Бу механизм, асосан, кривошип 1, шатун 2 ва қўзғалмас йўналигувчи буйлаб илгарилама-қайтар ҳаракатланувчи звено — ползун 3 дан иборат (2-шакл). Бу механизм ёрдамда кривошипнинг айланма ҳаракати ползуinning илгарилама-қайтар ҳаракатига айлантирилади. Бундай механизмлар компрессорларда, пичан ўриш машиналарида, прессларда ва



2-шакл.

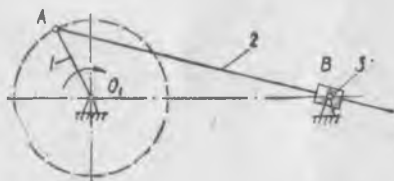
насосларда кўп ишлатилади. Бу механизм ёрдамида ползуннинг илгариларга ҳаракатини кривошипнинг айланма ҳаракатига айлантириш ҳам мумкин. Масалан, поршенли ички ёнув двигателларида ва буғ машиналарида ана шундай механизм ишлатилади. Кривошип-ползунли механизмлар марказий (агар кривошипнинг айланиш маркази ползуinning ҳаракатлиниш чизигида бўлса) ва номарказий (агар кривошипнинг айланиш маркази ползуinning ҳаракатлиниш чизигида ётмаса) бўлади.

3. Кулисали механизм. Агар тўрт звеноли шарнирли механизмнинг таркибидаги ползун қўзғалувчан йўналтирувчида ҳаракатланса, бундай механизм *кулисали механизм* дейилади. Қўзғалувчи йўналтирувчи звено 2 кулиса деб, унда ҳаракатланувчи звено 3 эса *тош* деб аталади (3-шакл, а, б, в).

Кулисали механизмлар тикув машиналарида, рандалаш станогига, тўқув автоматларида, полиграфик машиналарда ва бошқаларда кўп ишлатилади. Кулисали механизмлар Ассур гурпаси 3-турининг кривошипга боғланишидан ҳосил бўлади. Улар боғланиш турига кўра икки хил бўлади.

Биринчи хил кулисали механизмда (3-шакл, а) O_1A кривошип кулисага таъсир қилади. Бунда кулиса мураккаб ҳаракатланади, тош эса қўзғалмас стойка ўқига нисбатан тебранма ҳаракат қилади. Бундай механизмлар хамир қориш, жун тозалаш, картошка ковлаш машиналарида кўп ишлатилади.

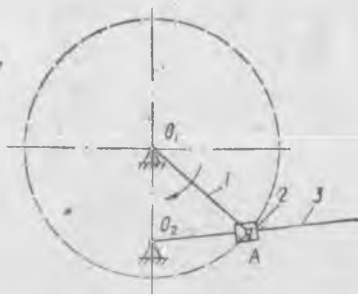
а)



б)



в)



3-шакл.

Иккинчи хил кулисали механизмда (3-шакл, б) кривошип тошга таъсир этади. Бу механизмда кулиса тебранма ҳаракат қилади, тош эса кулиса билан тебраниб, кривошип айланаси бўйлаб ҳаракатланади.

Кулисали механизмларнинг кулисаси тула айланиши ёки маълум бурчакка бурилиб, тебранма ҳаракат қилиши мумкин. Агар кривошипнинг узунлиги l кривошип билан кулиса стойкалари h оралиғидан катта $l > h$ бўлса, кулиса 360° га тула айланади, акс ҳолда эса тебранма ҳаракат қилади (3-шакл, в).

2. РИЧАГЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИНГ ТУЗИЛИШINI АССУР—АРТОБОЛЕВСКИЙ УСУЛИ БИЛАН ТЕКШИРИШ

Машинасозликда текис механизмлар кўп ишлатилади. Шунинг учун бу механизмларнинг тузилиш классификацияларини кўриб чиқамиз.

Ҳозирги замон кинематикавий ва кинетостатикавий текшириш, шунингдек, механизмларни синтез қилиш усуллари уларнинг структуравий классификацияси билан узвий боғланган. Ассур—Артоболевский структуравий классификацияси қўйи кинематикавий жуфтлари бўлган ричагли текис механизмларнинг рационал классификацияси бўлиб, барча текис механизмларнинг тузилишини анализ қилиш ана шу усулга асосланади.

Бу усулнинг афзаллиги шундаки, унда механизмларнинг кинематикасини, кинетостатикаси ва динамикасини текшириш методлари бир-бирига боғланади.

Ҳар бир ричагли текис механизм стойка, етакчи звено ва бир неча оддий кинематикавий занжирдан тузилган мураккаб системадан иборат.

Етакчи звенолар сони механизмнинг эркинлик даражаси сони билан белгиланади. Қўйидаги мисолларда етакчи звеноси битта бўлган механизмларни кўриб чиқамиз.

V класс кинематикавий жуфтни ҳосил қилган стойка 0 билан етакчи звено I нинг йиғиндисини шартли равишда I класс механизм деб қабул қиламиз (4-шакл). Бу механизм П. Л. Чебишев формуласига кўра, битта эркинлик даражасига эга, яъни:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 - 0 = 1. \quad (1)$$



4-шакл.

Бунга уланган кинематикавий занжирлар бу механизмнинг эркинлик даражасини узгартирмаслиги, яъни бу звенога уланган кинематикавий занжирнинг эркинлик даражаси нолга тенг бўлиши керак. Эркинлик даражаси нолга тенг ($W = 0$) бўлган бундай группа Ассур группаси деб аталади.

. Кўпинча, механизм таркибида олий кинематикавий жуфт бўлса, у қуйи кинематикавий жуфтга битта қўшимча звено билан алмаштирилиб, янги механизм олинади. У ҳолда, $p_4=0$ бўлиб, Чебишев формуласи қуйидагича ёзилади:

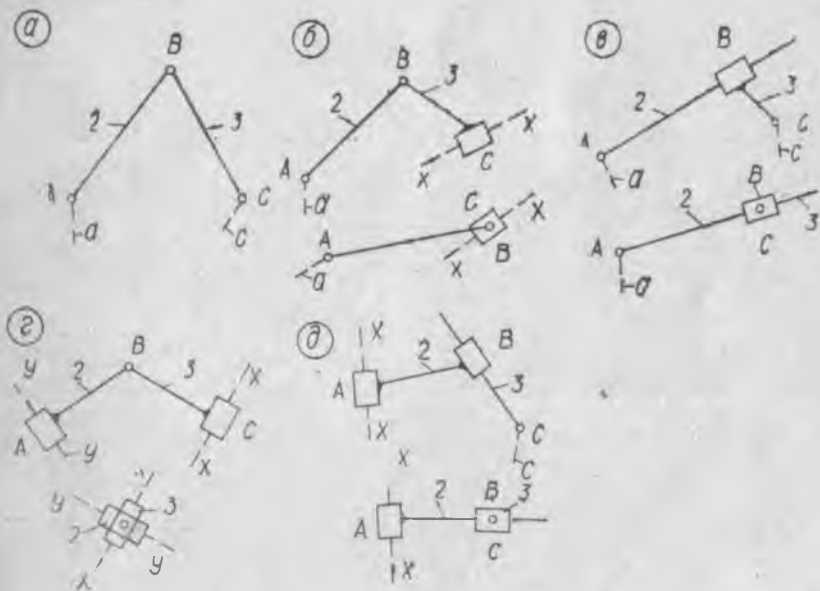
$$W = 3n - 2p_5 = 0,$$

бундан $p_5 = \frac{3}{2}n$, яъни Ассур группасига кирувчи V класс кинематикавий жуфтлар сони p_5 звенолар сони n дан 1,5 марта ортиқ бўлиши керак. Звенолар сони n га бир неча 2, 4, 6, ... жуфт сонлар бериб, унга мос 3, 6, 9, ... V класс кинематикавий жуфтлар сонини оламир, яъни:

$$\left. \begin{aligned} n &= 2, 4, 6, 8, \dots \\ p_5 &= 3, 6, 9, 12, \dots \end{aligned} \right\} \quad (a)$$

Демак, юқорида кўрсатилган шартни бажарувчи турли қўринишдаги Ассур группалари ҳосил қилинди. Бу усул билан олинган группалар II, III, IV, V, ... классларга бўлинади. Биринчи группанинг звенолар сони $n=2$, кинематикавий жуфтлар сони $p_5=3$ бўлиб, бу группа II класс 2 тартибли группа деб аталади (5-шакл).

Бу группа B нуқтада битта ички ва A билан C нуқталарда иккита ташқи V класс айланма кинематикавий жуфтлардан иборат.



5-шакл.

Ташқи кинематикавий жуфтларнинг сонига қараб, группанинг тартиб сони аниқланади. ABC группа A ва C элементлари воситасида исталган бошқа механизмнинг a ва c звеноларига уланади. II класс группаси 5-шакл, a да кўрсатилган уч шарнирли турдан ташқари, айланма ва илгарилама жуфтларнинг жойланиши ва сонига қараб, яна тўртта турга эга (5-шакл, $b, в, г, д$).

Биринчи класс механизмга Ассур группаларининг кетма-кет уланишидан мураккаб текис механизмлар ҳосил қилинади. Группанинг битта звеноси етакчи звенога, иккинчиси эса стойкага уланади. Қолган группалар эса олдинги группанинг исталган звеноларига уланиши мумкин. Механизм таркибида фақат II класс группалари бўлса, бундай механизм II класс механизми дейилади.

Сўнгги звено ва кинематикавий жуфтлар йиғиндисидан тузилган иккинчи группани кўриб чиқамиз. (а) муносабатга кўра, бу группа тўртта звено ($n=4$) ва олтига V класс ($p_5=6$) кинематикавий жуфтидан тузилиши керак. 10-шакл, a да кўрсатилган очиқ мураккаб кинематикавий занжир ABC базисли звено ва унга уланган учта AD, BE, CF звенолардан иборат. Бу занжир III класс 3-тартибли группа деб аталади. Бу группа ҳам айланма ва илгарилама кинематикавий жуфтларнинг жойланиши ва сонига қараб, бир неча турга эга бўлади (6-шакл, a). Худди шунингдек, 4 звено ва 6 қуйи кинематикавий жуфтли занжир ҳам кўрсатилган (6-шакл, b).

Бу группада иккита $\triangle ACB$ ва $\triangle DEF$ базисли звенодан ташқари, берк контурни ҳосил қилувчи бикр икки звено бўлиб, у қўзғалувчан тўрт томонли берк $ABDE$ контурни ҳосил қилади.

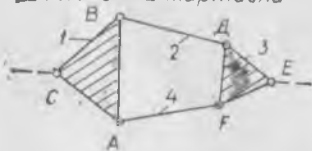
4 томонли қўзғалувчан берк контурли группа IV класс группа деб аталади. Демак, II класс группага тўғри чизиқли

3-тартибли

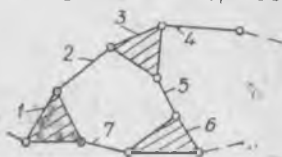
III класс
Ассур
группалари



б) IV класс 2-тартибли



в) V класс 3-тартибли



6-шакл.

контур, III класс группга уч томонли бикр берк контур, IV класс группга турт томонли қўзғалувчан берк контур киради ва ҳоказо. V, VI класс группаларига беш томонли (6-шакл, в), олти томонли берк қўзғалувчан контурли звенолар киради. Шунинг учун Ассур группалари контур классига қараб, классларга бўлинади.

Контурнинг классии звено томонини ташкил қилган кинематикавий жуфтларнинг сони билан аниқланади. Группанинг классии унинг таркибидаги контурнинг классии билан, тартиби эса эркин (ташқи) кинематикавий жуфтларнинг сони билан аниқланади. Механизмнинг классии унинг таркибидаги группаларнинг энг юқори классии билан белгиланади.

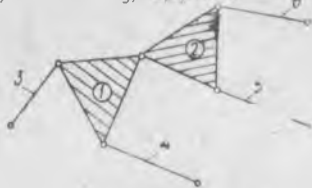
Группани ташкил қилган звенолар ва кинематикавий жуфтлар сони, шунингдек, эркин жуфтлар сони группанинг классига таъсир қилмайди. Масалан, 6 та звено ва 9 та кинематикавий жуфтидан иборат, Ассур группаси III класс (7-шакл, а), IV класс (7-шакл, б) ва V класс (7-шакл, в) группа бўлиши мумкин.

Механизмни структуравий группаларга ажратиб, унинг классини аниқлашдан мақсад шуки, бир классга кирувчи барча группанинг фақат узига тааллуқли ҳисоблаш усули мавжуд, бу усулни бошқа класс группаларга татбиқ этиб бўлмайди. Демак, ҳар бир структуравий группа классини аниқлаб, бу группадан тузилган механизмнинг кинематикасини ва кучларини ҳисоблаш усули танлаб олинади.

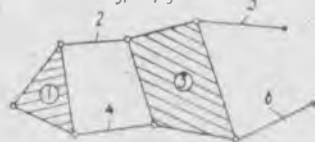
Механизмни структуравий группаларга ажратиш ёки тузилишини текшириш учун етакчи звенодан энг узоқда жойлашган икки звено ва уч кинематикавий жуфтли Ассур группаси механизмдан ажратилади. Шунда механизмнинг қолган қисмининг қўзғалувчанлик даражалари сони ўзгармаслиги керак.

Агар 2 звено ва 3 жуфтли группани ажратиш мумкин бўлмаса, 4 звено ва 6 жуфтли бошқа группани ажратиш керак. Шундай қилиб, етакчи звено ва стойка қолгунча механизмнинг группаларини тарқатиш зарур.

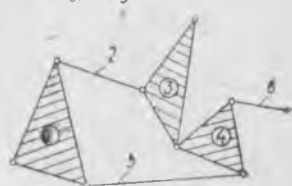
а) III класс Ассур группаси



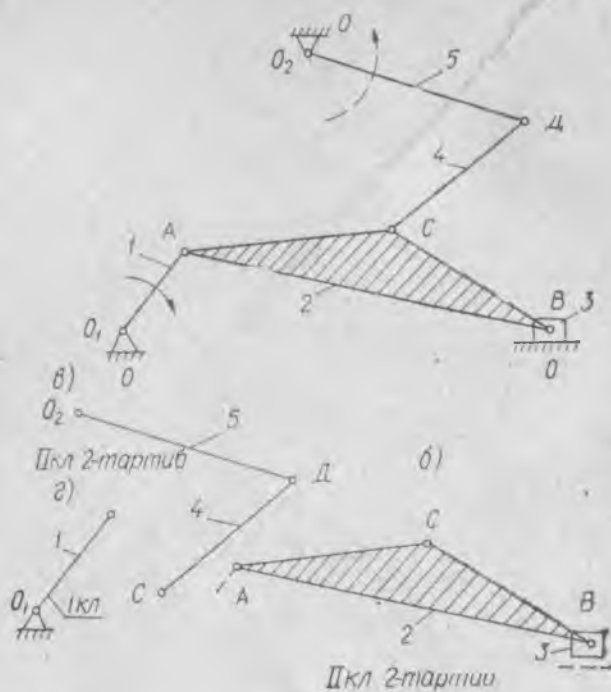
б) IV класс Ассур группаси



в) V класс Ассур группаси



7-шакл.



8-шакл.

Механизм группаларга тарқатилиб, ҳар бир группанинг классификацияси аниқланади ва уларнинг ўзаро уйланиши ёзилиб, механизмнинг структуралар формуласи тузилади.

Мисол. 8-шаклда берилган рычажный механизмнинг тузилиши текширилсин.

Ечиш: механизмнинг қўзғалувчанлик даражасини Чебишев формуласи ёрдамида ҳисоблаб топамиз. Механизмда 5 та (1, 2, 3, 4, 5) қўзғалувчи звено ($n=5$) ва 7 та $[O_{1(0,1)}, A_{(1,2)}, B_{(2,3)}, C_{(3,4)}, D_{(4,5)}, O_{2(5,0)}]$ V класс кинематикавий жуфт ($p_5=7$) бор. У ҳолда, $W=3n-2p_5-p_4=3\cdot 5-2\cdot 7-0=1$. Демак, $W=1$ бўлгани учун механизмда битта етакчи звено олинади. Бу етакчи звенонинг олинishiга қараб, механизмнинг классификацияси ҳар хил бўлиши мумкин.

А) O_1A кривошипни етакчи звено деб белгилаймиз. Механизмдан Ассур группаларини кетма-кет ажратамиз. Етакчи звенодан энг узоқда ётган 4-5 звеноларни механизмдан ажратамиз. Бу группанинг (8-шакл б) эркинлик даражаси $W=3n-2p_5=3\cdot 2-2\cdot 3=0$ бўлиб, у II класс, 2-тартибли, 1-тур

6. КРИВОШИП-ПОЛЗУНЛИ МЕХАНИЗМ ЛОЙИХАЛАШ

1-мисол. Кривошип-ползунли механизм ползунининг уртача тезлиги v_{yp} , кривошипининг айланишлар сони n ва кривошип узунлигининг шатун узунлигига нисбати $\lambda = \frac{r}{l}$ асосида кривошипи ва шатунининг узунлиги аниқлансин.

Ечиш: бу вариант, асосан, марказий кривошип-ползунли механизмлар лойиҳалашда қўлланилади.

Кривошип бир марта тула айланганда ползун $2H$ масофага силжийди. Ползуннинг бир минутдаги йўли эса $2Hn$ булади.

Ползуннинг уртача тезлиги:

$$v_{yp} = \frac{2Hn}{60} = \frac{Hn}{30} \text{ м/сек.}$$

Бундан ползуннинг силжиши қиймати:

$$H = \frac{30 v_{yp}}{n}.$$

Кривошипнинг узунлиги:

$$r = \frac{H}{2}.$$

Шатуннинг узунлиги:

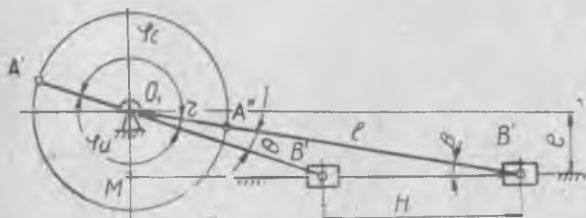
$$l = \frac{r}{\lambda}.$$

2-мисол. Кривошип-ползунли механизм ползунининг йўли H , $\lambda = \frac{r}{l}$ нисбат ва тезликнинг ўзгариш коэффициенти K_v асосида кривошипнинг радиуси r , шатуннинг узунлиги l ва номарказий силжиш қиймати — эксцентриситет e аниқлансин.

Ечиш: 1) бурчак θ ҳисоблаб топилади:

$$\theta = 180^\circ \frac{K_v - 1}{K_v + 1};$$

2) косинуслар теоремасидан фойдаланиб, $O_1B'B''$ учбурчакликдан (10-шакл) қуйидаги ифода ҳосил қилинади:



10-шакл. Виб-ка ИПФ 1004
Бух ГИО 199

$$H^2 = (l+r)^2 + (l-r)^2 - 2(l+r)(l-r)\cos\theta,$$

берилган $r = \lambda l$ ўрнига қўйилиб, соддалаштирилгандан кейин шатуннинг узунлиги аниқланади:

$$l = \frac{H}{\sqrt{2[(1-\cos\theta) + \lambda^2(1+\cos\theta)]}}; \quad (6)$$

3) кривошипнинг узунлиги топилади:

$$r = \lambda l;$$

4) O_1MB'' учбурчакликдан эксцентриситет e нинг қиймати қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$e = (l+r)\sin\beta. \quad (7)$$

Бу формуладаги $\sin\beta$ синуслар теоремаси ёрдамида $O_1B'B''$ учбурчакликка оид $\frac{H}{\sin\theta} = \frac{l-r}{\sin\beta}$ ёки

$$\sin\beta = \frac{l-r}{H} \sin\theta$$

нисбатдан аниқланади.

7. КУЛИСАЛИ МЕХАНИЗМ ЛОЙИҲАЛАШ

Мисол. Кулиса учининг силжиши H ва ўртача тезликнинг ўзгарувчанлик коэффициенти K_ω , кривошип билан кулисанинг марказлар оралиғи h асосида кривошипнинг радиуси r ва кулисанинг узунлиги l аниқлансин.

Ечиш: 1) φ_u ва φ_c бурчаклар аниқланади (11-шакл):

$$\varphi_u + \varphi_c = 360^\circ,$$

$$K_\omega = \frac{\varphi_u}{\varphi_c},$$

бундан

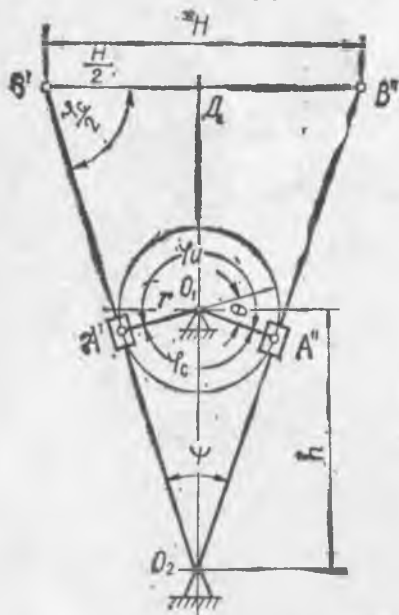
$$\varphi_c = 360^\circ \frac{1}{K_\omega + 1};$$

$$\varphi_u = 360^\circ - \varphi_c = 360^\circ \frac{K_\omega}{K_\omega + 1};$$

2) кулисанинг тебраниш бурчаги ψ шаклдан аниқланади:

$$\psi = \theta = \varphi_u - 180^\circ;$$

3) $O_1A''O$ учбурчакликдан кривошипнинг радиуси аниқланади:



11-шакл.

$$r = h \sin \frac{\psi}{2};$$

4) O_2DB' учбурчакликдан кулисининг узунлиги аниқланади

$$l = \frac{H}{2 \sin \frac{\psi}{2}}.$$

II. РИЧАГЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИНГ КИНЕМАТИКАСИНИ ТАДҚИҚ ЭТИШ

Механизмларнинг кинематикасини текширишда қуйидаги асосий масалалар ҳал қилинади:

1) механизм звеноларининг вазияти ва айрим нуқталарининг траекторияси аниқланади;

2) звеноларнинг бурчагий тезликлари ва айрим нуқталарининг чизигий тезликлари аниқланади;

3) звеноларнинг бурчагий тезланишлари ва айрим нуқталарининг чизигий тезланишлари аниқланади.

Кўпинча, технологик процессни бажариш жараёнида звенолар ҳаракатланган пайтда маълум вақт ичида бирор вазиятда туриши ва унинг айрим нуқталари берилган эгри чизик бўйича ҳаракатланиши талаб қилинади. Масалан, машина-автоматларнинг технологик процессни автоматик бажариш механизмида кейинги бирор операцияни бажариш учун механизм звенолари керакли вазиятда тўхташи ва маълум вақт ўтгандан сўнг яна ҳаракатлана бошлаши керак бўлади. Бундай операцияни бажарувчи механизм яратишда, албатта, кинематикавий параметрларни билиш шарт бўлади. Шунингдек, айрим механизмлар лойиҳалашда уларни машинанинг ҳажмий бўшлиғи ичига жойлаштириш талаб қилинади. Бундай ҳолда механизмнинг габарит ўлчамларини аниқлаш учун унинг етакчи звеноси тўла айланганда бошқа звеноларининг силжиш ўлчамларини аниқлаш зарур бўлади. Бу масала механизм вазиятлари ва нуқталарининг траекторияси чизилгандан кейин ҳал қилинади.

Машина ҳаракатини созлаш учун (маховик массасини ҳисоблашда) механизм звенолари тезликларининг нисбатини билиш керак. Шунингдек, звенонинг тезланишини топиб, унга таъсир этувчи динамикавий кучлар (инерция кучлари) аниқланади. Бу кучлар звеноларнинг мустаҳкамлигини ва кинематикавий жуфтлардаги ишқаланиш кучларини ҳисоблашда керак бўлади. Текис механизмларни кинематикавий текширишда графикавий, графоаналитикавий ва аналитикавий усуллар қўлланилади. Графикавий усул оддий бўлиб, амалий ҳисоблашда етарли аниқликни таъминлайди.

Графикавий ҳисоблаш мумкин бўлмаганда (етақланувчи звеноларнинг силжиши жуда кичик бўлганда) ва жуда катта

аниқлик билан ҳисоблаш талаб қилинганда аналитикавий усулдан фойдаланилади. Инженерлик ҳисоблаш практикасида, асосан, қутбий план ва кинематикавий диаграмма методлари кенг қўлланилади.

1. МЕХАНИЗМНИ КИНЕМАТИКАВИЙ ТЕКШИРИШ

Механизмни кинематикавий текшириш учун шу механизм барча звеноларининг ўлчамлари, кинематикавий схемаси ва етакчи звеносининг ҳаракат қонуни берилган бўлиши керак. Етакчи звенонинг ҳаракат қонуни вақтнинг функцияси тарзида берилади. Бу ҳаракат қонунига биноан, етакчи звенонинг вазияти аниқланади.

Етакчи звенонинг ҳар бир вазиятида унга уланган Ассур группаларининг кинематикаси текширилади. Биринчи галда етакчи звенога уланган группа звеноларининг кинематикавий параметрлари ҳисоблаб топилади-да, сўнгра унга кетма-кет уланган иккинчи группанинг кинематикаси текширилади ва ҳоказо. Шу тартибда қолган группалар ҳисобланади.

Агар механизмнинг етакчи звеносига бир неча группа уланган бўлса, уларнинг кинематикаси исталган кетма-кетлик билан ҳисобланади. Механизмни кинематикавий текширишда аввал унинг вазияти, сўнгра эса тезлик ва тезланишлари аниқланади.

2. МЕХАНИЗМ ЗВЕНОЛАРИНИНГ ВАЗИЯТИНИ АНИҚЛАШ

Механизм звеноларининг вазиятини чизиш учун кинематикавий жуфтларнинг қўзғалмас элементларининг (қўзғалмас нуқта ва йуналтиргичнинг) чизмада берилган координатлар бўйича жойлашиш вазияти белгиланади. Етакчи звенонинг берилган вазияти кўрсатилади. Структуравий группаларнинг жойланиш тартиби бўйича етакчи звенога уланган вазияти чизилади. Механизм звенолари ва қўзғалмас стойкалар ораллиги схемада маълум танланган) масштаб бўйича чизилади. Механизм ва машиналар назариясида берилган параметрнинг қийматлари 1 мм кесма қанчага тенглиги (масштаб) билан тасвирланади. Масштаб μ ҳарфи билан белгиланади. Масштаб индексидаги ҳарф кесмада қайси ўлчам тасвирланганлигини билдиради.

Узунлик, тезлик ва тезланиш масштаблари қуйидагича белгиланади:

$$\mu_l \left(\frac{\text{м}}{\text{мм}} \right), \mu_v \left(\frac{\text{м/сек}}{\text{мм}} \right), \mu_a \left(\frac{\text{м/сек}^2}{\text{мм}} \right).$$

Масштаб коэффициентининг қиймати

$$\mu = \frac{\text{ҳақиқий ўлчам}}{\text{кесма узунлиги}} \quad (8)$$

формула ёрдамида ҳисоблаб топилади.

3. МЕХАНИЗМ ЗВЕНОЛАРИНИНГ АЙРИМ НУҚТАЛАРИ ТРАЕКТОРИЯСИНИ ЧИЗИШ

Звено нуқталарининг траекториясини чизишда ҳар бир нуқтанинг ҳаракатланиш чизиғини олдиндан билиш керак. Масалан, коромисло, кулиса, кулачок ёки бошқа бир звено қўзғалмас стойка атрофида бурилма ёки айланма ҳаракат қилса, унинг исталган нуқтаси маълум ёй ёки айлана траектория чизади. Агар звено қўзғалмас йўналтирувчи бўйлаб ҳаракатланса, унинг траекторияси тўғри чизиқдан иборат бўлади. Мураккаб ҳаракатланувчи звенонинг (шагун, базисли звено ва бошқаларнинг) айрим нуқталари траекторияси мураккаб чизиқ бўлади.

Механизмни кинематикавий текширишда унинг кинематикавий схемаси ва барча звеноларининг улчамлари берилади.

Масалан, кривошип-ползунли механизм берилган бўлсин. Унинг A , S_2 , B нуқталарининг траекториясини чизиш талаб қилинади.

Траекторияни чизиш тартиби:

1. Механизмнинг схемаси узунлик масштаби μ_l да чизилади (12-шакл).

2. Нуқталар ҳаракатининг маълум траекториялари чизилади.

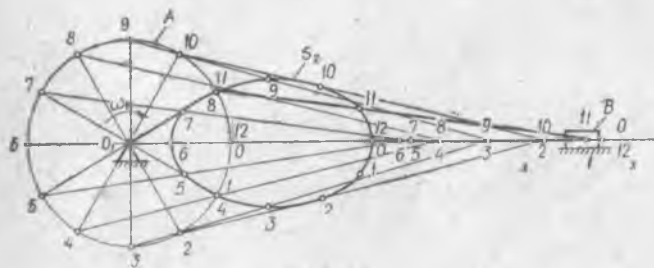
O_1 нуқта марказидан звено 1 нинг (кривошипнинг) A нуқтаси траекторияси — айлана ўтказилади.

B нуқта тўғри чизиқ бўйлаб ҳаракатланади. У xx чизиғида кўрсатилади. S_2 нуқта мураккаб ҳаракат қилади. Унинг траекторияси чизилади.

3. A нуқта айланаси тенг (12, 18, 24 ва ҳоказо) қисмларга бўлинади. Шулардан O_1A кривошипнинг бир вазияти белгиланади.

4. B нуқтанинг вазияти аниқланади. Бунинг учун звено 2 нинг AB узунлигига тенг радиус билан xx тўғри чизиқда кесиштириш усули бўйича ёй чизилиб, B нуқтанинг вазияти белгиланади. A ва B нуқталар тўғри чизиқ билан бирлаштирилади.

5. Сўнгра A нуқтадан AS_2 нинг узунлигига тенг радиус билан AB звенода S_2 нуқта белгиланади.



12-шакл.

6. Кривошипнинг қолган вазиятлари ҳам шу тартибда чизилиб, B , S_2 нуқталарнинг белгиланган вазиятлари бирлаштирилади-да, уларнинг ҳаракат траекториялари чизилади. Бу траекторияни 12-шаклдан яққол кўриш мумкин.

4. ЗВЕНО ҲАМДА КИНЕМАТИКАВИЙ ЖУФТНИНГ ТЕЗЛИК ВА ТЕЗЛАНИШЛАРИНИ АНИҚЛАШНИНГ АСОСИЙ ТЕНГЛАМАЛАРИ

Механизмларни кинематикавий текширишда графикавий усуллардан фойдаланиш учун тезлик ва тезланиш қийматларини аниқловчи асосий муносабатларни, тезлик ва тезланиш векторларининг йўналишини ва турли ҳоллар учун уларнинг векторий тенгламаларини туза олишни яхши билиш керак. Қўйида назарий механиканинг айрим қондаларини эслатиб ўтамиз. Маълумки, механизм таркибида илгарилама, айланма ва мураккаб ҳаракат қилувчи звенолар бўлади. Уларнинг тезлик ва тезланишларини аниқлаш усулларини кўриб чиқамиз.

1. Бунда алоҳида звено ва икки звенони боғловчи кинематикавий жуфт илгарилама ҳаракат қилиши мумкин.

а) звено илгарилама ҳаракатланади. Бу звенонинг барча нуқталари тезлик ва тезланишининг қиймати ҳамда йўналиши бир хил бўлади (13-шакл, а):

$$\begin{aligned}\vec{v}_A &= \vec{v}_B = \vec{v}_C = \dots, \\ \vec{a}_A &= \vec{a}_B = \vec{a}_C = \dots,\end{aligned}$$

б) икки звенонинг икки нуқтаси бўлган кинематикавий жуфт илгарилама ҳаракат қилади. 13-шакл, б да илгарилама ҳаракатланувчи B жуфт курсатилган.

Звено 2 да ихтиёрий C_2 нуқта танлаб олинади. Звено 1 га S_1 текислик бирлаштирилади. Бунда звено 2 нинг C_2 нуқтаси билан звено 1 нинг C_1 нуқтаси устма-уст тушади. У ҳолда, бу нуқталарнинг тезликлари ўзаро қўйидаги тенглама билан боғланади:

$$\vec{v}_{C_2} = \vec{v}_{C_1} + \vec{v}_{C_2C_1}, \quad (9)$$

бу ерда $\vec{v}_{C_2}$ — звено 2 C_2 нуқтасининг тезлик вектори;

$\vec{v}_{C_2C_1}$ — илгарилама ҳаракатдаги звено 2 C_2 нуқтасининг звено 1 га нисбатан нисбий тезлик вектори бўлиб, у xx йўналтирувчига параллел йўналади;

$\vec{v}_{C_1}$ — звено 1 C_1 нуқтасининг кўчирма тезлик вектори.

Звено 2 звено 1 га нисбаган силжиганда унинг C_2 нуқтаси xx йўналтирувчига параллел тўғри чизиқ бўйлаб ҳаракат қилади.

C_2 нуқтанинг тезланиши $\vec{a}_{C_2}$, C_1 нуқтанинг кўчирма тезланиши $\vec{a}_{C_1}$, бурилма (кориолис) тезланиш $\vec{a}_{C_2C_1}^k$ ва нисбий тезланиш $\vec{a}_{C_2C_1}^r$ йиғиндисига тенг:

$$\vec{a}_{C_2} = \vec{a}_{C_1} + \vec{a}_{C_2C_1}^k + \vec{a}_{C_2C_1}^r. \quad (10)$$

Бу тенгламадаги $\vec{a}_{C_2C_1}^k$ тезланишнинг қиймати қуйидагича топилади:

$$a_{C_2C_1}^k = 2 \cdot \omega_1 \cdot v_{C_2C_1}, \quad (11)$$

бу ерда ω_1 — звено 1 нинг бурчагий тезлиги. Звенолар 1 ва 2 бигга илгариллама кинематикавий жуфт ҳосил қилгани учун $\omega_1 = \omega_2$ бўлади. Шунинг учун улар бирга айланиб, уларнинг бурчагий тезлиги ва тезланиши бир хил бўлади.

Тезланиш вектори $\vec{a}_{C_2C_1}^k$ нинг йўналиши нисбий тезлик вектори $\vec{v}_{C_2C_1}$ ни бурчагий тезлиги ω_1 нинг айланиш томонига 90° га буриш йўли билан аниқланади (13-шакл, б). Нисбий тезланиш вектори $\vec{a}_{C_2C_1}^r$ хх йўналтирувчига параллел йўналади (13-шакл, б).

2. Звено қўзғалмас ўқ атрофида айланма ҳаракат қилади (13-шакл, в).

Бунда A нуқта чизигий тезлигининг қиймати звенонинг бурчагий тезлиги ω билан радиус l_{O_1A} кўпайтмасига тенг:

$$v_A = \omega \cdot l_{O_1A}. \quad (12)$$

Тезликининг вектори звенонинг бурчагий тезлиги ω бўйича радиусга тик йўналади.

A нуқтанинг нормал тезланиши қуйидагича аниқланади:

$$a_A^n = \frac{v_A^2}{l_{O_1A}} = \omega^2 \cdot l_{O_1A}, \quad (13)$$

унинг вектори A нуқтадан O_1 нуқтага томон радиусга параллел йўналади.

A нуқтанинг уринма тезланиши қуйидагича топилади:

$$a_A^r = \varepsilon \cdot l_{O_1A} \quad (14)$$

унинг вектори бурчагий тезланиш ε бўйича радиусга тик йўналади.

A нуқтанинг тўла тезланиши $\vec{a}_A$ нормал ва уринма тезланишларнинг йиғиндисига тенг бўлиб, қуйидагича аниқланади:

$$a_A = l_{O_1A} \sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}. \quad (15)$$

Бу тезланиш векторининг радиус O_1A дан оғиш бурчаги α қуйидагича аниқланади:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_A^{\tau}}{a_A^n} = \frac{\varepsilon}{\omega^2}. \quad (16)$$

3. Звенонинг икки нуқтаси бир-биридан l_{AB} масофада бўлиб ҳаракаatlанади (13-шакл, 2).

Низарий механикадан маълумки, звенодаги бирор нуқтанинг (масалан, B нуқтанинг) ҳаракати икки ҳаракатдан: шу звенодаги бошқа бирор нуқтанинг (масалан, A нуқтанинг) кўчирма ҳаракатидан ва B нуқтанинг A нуқта атрофида айланма нисбий ҳаракатидан иборат бўлади. Шунга кўра, икки нуқтанинг ўзаро боғланиши қуйидаги векторий тенглама билан ифодаланади:

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}, \quad (17)$$

бу ерда $\vec{v}_A$ — A нуқтанинг тезлик вектори;

$\vec{v}_B$ — B нуқтанинг тезлик вектори;

$\vec{v}_{BA}$ — B нуқтанинг A нуқтага нисбатан нисбий тезлик вектори.

B нуқта A нуқтага нисбатан доимо $\alpha\alpha$ ёй бўйича ҳаракатланади. Шунинг учун $v_{BA} \perp AB$ бўлади. AB звенонинг бурчагий тезлиги қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаб топилади:

$$\omega = \frac{v_{BA}}{l_{AB}}. \quad (18)$$

B нуқтанинг тезланиши $\vec{a}_B$ икки тезланишдан — A нуқтанинг кўчирма тезланиши $\vec{a}_A$ ва B нуқтанинг A нуқтага нисбатан нисбий тезланиши $\vec{a}_{BA}$ дан иборат бўлади:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}.$$

Нисбий тезланиш $\vec{a}_{BA}$ эса нормал $\vec{a}_{BA}^n$ ва уринма $\vec{a}_{BA}^{\tau}$ тезланишлар йиғиндисига тенг.

У ҳолда, B нуқтанинг тезланиш вектори қуйидагича ифодаланади:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^{\tau}. \quad (19)$$

Тенгламадаги нормал тезланиш $\vec{a}_{BA}^n$ вектори B нуқтадан A нуқтага, яъни нисбий айланиш маркази томонига параллел йўналган бўлиб, унинг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$a_{BA}^n = \frac{v_{BA}^2}{l_{AB}} = \omega^2 \cdot l_{AB} \quad (20)$$

Уринма тезланиш вектори $\vec{a}_{BA}$ кесма AB га тик α ёйга уринма бўлиб, бурчагий тезланишнинг айланиш томони бўйича йўналади. Унинг қиймати:

$$a_{BA}^* = \left| \frac{dv_{BA}}{dt} \right| = \varepsilon \cdot l_{AB}.$$

Бурчагий тезланиш ε нинг қиймати қуйидагича топилади:

$$\varepsilon = \frac{a_{BA}^*}{l_{AB}}. \quad (21)$$

Иккинчи класс, 2-гартибли Ассур группалари ҳар бир турининг тезлик ва тезланиш қутбий планини тузиш усулларини кўриб чиқамиз.

5. ИККИНЧИ КЛАСС, 1-ТУР ГРУППАНИНГ ТЕЗЛИК ВА ТЕЗЛАНИШЛАРИНИ АНИҚЛАШ

Группанинг ташқи A ва C кинематикавий жуфтларининг берилган $\vec{v}_A$ ва $\vec{v}_C$ тезликлари бўйича звеноларнинг исталган нуқталари тезликларини аниқлаймиз (14- шакл, a).

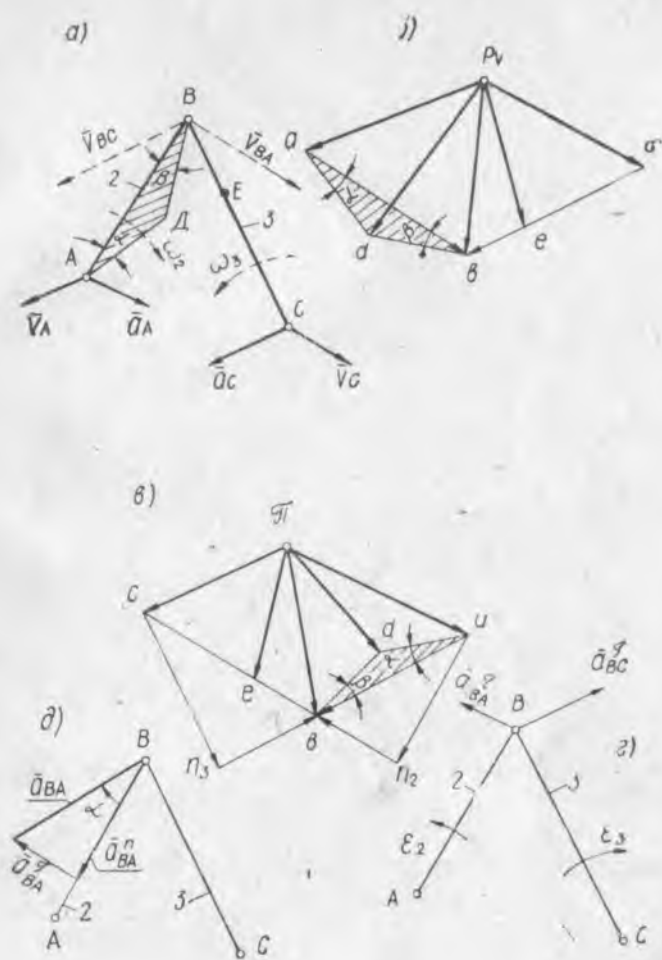
B нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун $\vec{v}_B$ тезликини A ва C нуқталарининг $\vec{v}_A$ ва $\vec{v}_C$ тезликлари билан боғловчи векторий тенгламани тузамиз:

$$\begin{aligned} \vec{v}_B &= \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}; \\ \vec{v}_B &= \vec{v}_C + \vec{v}_{BC}. \end{aligned} \quad (22)$$

Бу тенгламадаги нисбий $\vec{v}_{BA}$ ва $\vec{v}_{BC}$ тезликлар векторларининг йўналиши маълум. $\vec{v}_{BA}$ тезликининг вектори звено 2 нинг AB томонига тик, $\vec{v}_{BC}$ тезликининг вектори эса звено 3 нинг BC томонига тик йўналган. Бу тезликларнинг қийматини тезликлар плани тузиш йўли билан аниқлаймиз.

Тезликлар планини чизиш учун тезлик масштаби $\mu_v \left(\frac{\text{м/сек}}{\text{мм}} \right)$ ни ганлаб оламиз. Тезликлар планида чизилиши керак бўлган A ва C нуқталар берилган $\vec{v}_A$ ва $\vec{v}_C$ тезликларининг кесма узунликлари $\overline{p_v a}$ ва $\overline{p_v c}$ ни (мм ҳисобида) аниқлаймиз:

$$\overline{p_v a} = \frac{v_A}{\mu_v} \text{ мм} \quad \text{ва} \quad \overline{p_v c} = \frac{v_C}{\mu_v} \text{ мм}.$$



14-шакл.

Гезликлар қутбили ифодаловчи ихтиёрий p_v нуқтани бел-
гилаймиз. Бу нуқтадан $\vec{v}_A$ ва $\vec{v}_C$ векторларга параллел чизиқ-
лар ўтказиб, уларга $p_v a$ ва $p_v c$ кесмаларни қўямиз (14-шакл,
b). Сунгра пландаги a нуқтадан AB томонга ва c нуқтадан BC
томонга тик чизиқлар ўтказиб, уларнинг кесишув нуқтаси b
ни оламиз. Пандаги $\vec{v}_{BA}$ ва $\vec{v}_{BC}$ нисбий тезликларнинг — $\vec{ab}$

ва $\overline{cb}$ кесмаларнинг йуналишини (22) тенглама асосида белгилаймиз. Қутб нуқтаси p_v билан b нуқтаси бирлаштириб, группа B нуқтасининг тезлик вектори $\vec{v}_B$ ни ифодаловчи $\overline{p_v b}$ кесмани оламиз. $\vec{v}_B$, $\vec{v}_{BA}$, $\vec{v}_{BC}$ тезликларнинг қийматларини топиш учун чизилган кесмаларнинг узунликларини ўлчаб, тезлик масштабига қўпайтирамиз:

$$v_B = \overline{p_v b} \cdot \mu_v \text{ м/сек,}$$

$$v_{BA} = \overline{ab} \cdot \mu_v \text{ м/сек,}$$

$$v_{BC} = \overline{cb} \cdot \mu_v \text{ м/сек.}$$

Группанинг тезликлар плани чизилгандан сўнг, звенолар 2 ва 3 нинг бурчагий тезликлари ω_2 ва ω_3 нинг қийматлари аниқланади:

$$\omega_2 = \frac{v_{BA}}{l_{AB}} \text{ 1/с рад/сек ва } \omega_3 = \frac{v_{BC}}{l_{BC}} \text{ рад/сек}$$

Бурчагий тезликларнинг йуналишини аниқлаш учун $\vec{v}_{BA}$ ва $\vec{v}_{BC}$ векторларни группанинг B нуқтасига қуямиз (14-шакл, а).

Чизмадан кўринадики, звено 2 со т стрелкаси юрадиган томонга, звено 3 эса унга тескари томонга йуналган.

Тезликлар планини чизиш нагжасида группанинг ҳар бир звеносида икки нуқтанинг тезлиги маълум бўлди, яъни 2 звенода A ва B нуқталар, 3 звенода эса B ва C нуқталарнинг тезликлари аниқланди.

Демак, звенодаги икки нуқтанинг тезлиги маълум бўлса, исталган учинчи нуқтанинг тезлигини ҳам топиш мумкин. Учинчи нуқта звенонинг устида ёки ёнида ётиши мумкин. Агар учинчи D нуқта AB звенонинг ёнида бўлиб, у билан ABD учбурчаклик ҳосил қилса, унинг v_D тезлиги A ва B нуқталарнинг $\vec{v}_A$ ва $\vec{v}_B$ тезликлари билан қуйидаги векторий тенгламалар воситасида боғланган:

$$\vec{v}_D = \vec{v}_A + \vec{v}_{DA}, \quad (23)$$

$$\vec{v}_D = \vec{v}_B + \vec{v}_{DB}.$$

Бу тенгламаларни графикавий усулда ечамиз. Тезликлар планининг a ва b нуқталаридан звено 2 нинг AD ва BD томонларига (14-шакл, б) $\vec{v}_{DA}$ ва $\vec{v}_{DB}$ тезлик векторларининг йуналиши бўйича тик чизиқлар ўтказиб, кесишув нуқтаси d ни оламиз. d нуқтаси қутб нуқтаси p_v билан туташтириб, D нуқтанинг тезлик вектори $\vec{v}_D$ ни ҳосил қиламиз. Унинг қиймати

$v_D = \overline{p_d} \cdot \mu_v$ м/сек булади. Тезликлар планидаги abd учбурчаклик звено 2 нинг ABD учбурчаклигига ўхшаш булади: $ad \perp AD$, $bd \perp BD$ ва $ab \perp AB$. Тезликлар планининг бу хоссаси ўхшашлик қондаси дейилади. Демак, звенодаги уч нуқтанинг тезликлар плани шу нуқталарнинг учбурчаклигига ўхшаш булади. Тезликлар плани учбурчаклигининг бир томонига механизм звеносидаги учбурчакликка ўхшаш учбурчаклик томонлари чизилади. Шунда звенода учбурчакликнинг бурчакларидаги ҳарфлар қандай жойлашган бўлса, пландаги учбурчакликда ҳам шундай жойлашуви керак, яъни звенонинг A, B, D ҳарфлари планда a, b, d тартибида бўлиши лозим.

Агар учинчи нуқта звено чизигида ётса (масалан, E ҳарфи BC тўғри чизиқ устида бўлса), у нуқтанинг тезлиги ўхшашлик қондасига мувофиқ қуйидагича аниқланади:

$$\frac{\overline{be}}{\overline{bc}} = \frac{\overline{BE}}{\overline{BC}},$$

бундан

$$\overline{be} = \overline{bc} \frac{\overline{BE}}{\overline{BC}}$$

булади. Демак, BC звенода E нуқта қандай жойлашган бўлса, e нуқта тезликлар планидаги $\overline{bc}$ кесмада ҳам шундай жойлашган булади. E нуқтанинг тезлиги v_E қуйидагича аниқланади:

$$v_E = p_e \cdot \mu_v \text{ м.сек.}$$

Энди группанинг тезланишларини аниқлашга ўтамиз. 2 ва 3 звенолар ташқи шарнирлари A ва C нинг абсолют чизиғий тезланишлари $\vec{a}_A$ ва $\vec{a}_C$ берилган. Группанинг қолган нуқталарининг чизиғий ва звеноларнинг бурчагий тезланишларини аниқлаш керак.

B нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун уни $\vec{a}_A$ ва $\vec{a}_C$ тезланишлар билан боғлайдиган векторий тенгламани ёзамиз:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t; \quad (24)$$

$$\vec{a}_B = \vec{a}_C + \vec{a}_{BC}^n + \vec{a}_{BC}^t. \quad (25)$$

(24) ва (25) тенгламалардаги $\vec{a}_{BA}^n$ ва $\vec{a}_{BC}^n$ векторлар B нуқтанинг A ва C нуқталарга нисбатан нисбий нормал тезланишлари булади. Уларнинг қиймати

$$a_{BA}^n = \frac{v_{BA}^2}{l_{AB}} = \frac{(\overline{ab})^2 \cdot \mu_v^2}{l_{AB}} \text{ м/сек}^2,$$

$$a_{BC}^n = \frac{v_{BC}^2}{l_{BC}} = \frac{(\overline{cb})^2 \cdot \mu_v^2}{l_{CB}} \text{ м/сек}^2$$

булиб, $\vec{a}_{BA}^n$ нормал тезланиш вектори AB звенога параллел тарзда B нуқтадан A нуқтага, $\vec{a}_{BC}^n$ нормал тезланиш вектори эса BC звенога параллел тарзда B нуқтадан C нуқтага томон йўналган.

$\vec{v}_{BA}$ ва $\vec{v}_{BC}$ нисбий тезликларнинг қийматлари тезликлар планида аниқланган. $\vec{a}_{BA}^r$ ва $\vec{a}_{BC}^r$ векторлар B нуқтанинг A ва C нуқталарга нисбатан уринма тезланишлари бўлади. Уларнинг қиймати номаълум, аммо йўналиши маълум. $\vec{a}_{BA}^r$ тезланиш вектори AB звенога, $\vec{a}_{BC}^r$ вектор эса BC звенога тик йўналган. B нуқтанинг $\vec{a}_B$ тезланишини ва уринма тезланишлар $\vec{a}_{BA}^r$, $\vec{a}_{BC}^r$ ни тезланишлар плани тузиш ёрдамида аниқлаймиз. Бунинг учун танланган тезланиш масштаби $\mu_a \left(\frac{\text{м/сек}^2}{\text{мм}} \right)$ бўйича берилган $\vec{a}_A$ ва $\vec{a}_C$ тезланишларни кесмада ифодаловчи

$$\overline{\pi a} = \frac{a_A}{\mu_a} \text{ мм},$$

$$\overline{\pi c} = \frac{a_C}{\mu_a} \text{ мм}$$

узунликларни тезланишлар планининг ихтиёрий танланган қугби π дан шу тезланишлар векторларига параллел йўналган чизиқда белгилаймиз. Сўнгра a ва c нуқталардан $\vec{a}_{BA}^n$ ва $\vec{a}_{BC}^n$ нормал тезланишларнинг

$$\overline{an_2} = \frac{a_{BA}^n}{\mu_a} \text{ мм},$$

$$\overline{cn_3} = \frac{a_{BC}^n}{\mu_a} \text{ мм}$$

вектор кесмаларини (14-шакл, в) белгилаймиз. Планидаги n_2 нуқтадан AB звенога тик қилиб уринма тезланиш вектори $\vec{a}_{BA}^r$ ни, n_3 нуқтадан CB звенога тик қилиб, уринма тезланиш вектори $\vec{a}_{BC}^r$ ни йўналтирамиз. Бу икки чизиқ b нуқтада кесишади. Бу нуқта B нуқтанинг абсолют тезланиш векторининг учи бўлади. Уни π билан туташтириб, $\overline{\pi b}$ кесмани ҳосил қиламиз. $\overline{\pi b}$ кесмани тезланиш масштаби μ_a га кўпайтириб, B нуқтанинг абсолют тезланишини оламиз:

$$a_B = \overline{\pi b} \cdot \mu_a \text{ м/сек}^2.$$

Худди шунингдек, $\overline{n_2 b}$, $\overline{n_3 b}$ кесмалар μ_a масштабда B нуқтанинг A ва C атрофида айланишидан ҳосил бўлган уринма тезланишлар $\vec{a}_{BA}^*$, $\vec{a}_{BC}^*$ ни беради. Уларнинг қийматлари:

$$a_{BA}^* = (\overline{n_2 b}) \cdot \mu_a \text{ м/сек}^2,$$

$$a_{BC}^* = (\overline{n_3 b}) \cdot \mu_a \text{ м/сек}^2.$$

b нуқтани a ва c нуқталар билан бирлаштириб, B нуқтанинг A ва C нуқталарга нисбатан тўла нисбий тезланишлари $\vec{a}_{BA}$ ва $\vec{a}_{BC}$ ни олаемиз. Звенолар 2—3 нинг бурчагий тезланишлари ϵ_2 ва ϵ_3 қиймати ва йўналишини аниқлаймиз. Уларнинг қийматлари қуйидагича ҳисоблаб топилади:

$$\epsilon_2 = \frac{a_{BA}^*}{l_{BA}} \text{ рад/сек}^2, \quad (26)$$

$$\epsilon_3 = \frac{a_{BC}^*}{l_{CB}} \text{ рад/сек}^2.$$

Бурчагий тезланишнинг йўналишини аниқлаш учун тезланиш векторлари $\vec{a}_{BA}^*$ ва $\vec{a}_{BC}^*$ гурппадаги 2 ва 3 звеноларнинг B нуқтасига қўйилади (14-шакл, з). Бу чизмадан звено 2 нинг бурчагий тезланиши ϵ_2 соат стрелкаси юрадиган томонга тескари, звено 3 нинг бурчагий тезланиши ϵ_3 эса соат стрелкаси юрадиган томонга йўналгани кўриниб турибди.

Группа звеноларидаги исталган учинчи нуқтанинг тезланиши ўхшашлик қондасидан фойдаланиб аниқланади. Буни кўриб чиқамиз.

B нуқтанинг A нуқтага нисбатан тўла нисбий тезланиши $\vec{a}_{BA}$ ни группанинг B нуқтасига кўчирамиз (14-шакл, д). a_{BA} нисбий тезланиш вектори $\vec{a}_{BA}$ нинг AB звенога нисбатан оғиш бурчагини α билан белгилаймиз. $\vec{a}_{BA}$ векторни нормал $\vec{a}_{BA}^n$ ва уринма $\vec{a}_{BA}^t$ тезланишларга ажратамиз. У ҳолда

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_{BA}^t}{a_{BA}^n} = \frac{\epsilon_2 \cdot l_{AB}}{\omega_2^2 \cdot l_{AB}} = \frac{\epsilon_2}{\omega_2^2} \quad (27)$$

бўлади. Бу тенглама тўла нисбий тезланиш вектори $\vec{a}_{BA}$ нинг AB звенодан неча градус оғанлигини билдиради. Бу оғиш бурчаги звено 2 нинг бурчагий тезлиги ва тезланишининг қийматларига боғлиқ бўлгани учун звено 2 нинг A нуқтаси билан туташиб, радиус вектор ҳосил қилувчи бошқа барча нуқталарнинг нисбий тезланишлари ҳам α бурчакка оғади. Де-

мак, звенодаги учта A, B, D нуқта абсолют тезланиш векторларининг учлари a, b, d учбурчаклигини ҳосил қилади, бу учбурчаклик томонлари (тула нисбий тезланиш векторлари) эса звенодаги учбурчакликнинг томонларига нисбатан бир хил α бурчакка оғади.

Ўхшашлик қондаси асосида, звено 2 нинг D нуқтаси тезланишини аниқлаймиз. Тезланишлар планидаги $\overline{ab}$ кесмада abd учбурчакликни чизамиз. Бу учбурчаклик звено 2 нинг ABD учбурчаклигига ўхшаш бўлиши керак. Бунинг учун пландаги a нуқтадан ab томонга нисбатан α бурчак остида ABD учбурчаклик учларидаги ҳарфларнинг жойланиши бўйича $\overline{ad}$ кесмани чизамиз. $\overline{ad}$ кесманинг узунлигини ўхшашлик шартидан аниқлаймиз, яъни

$$\overline{ad} = \overline{ab} \frac{\overline{AD}}{\overline{AB}}$$

d нуқтани π билан туташтириб, D нуқтанинг тезланишини ҳисоблаб топамиз:

$$a_D = \pi d \cdot \mu_a \text{ м/сек}^2.$$

Шунингдек, ўхшашлик шартидан фойдаланиб, звено 3 нинг E нуқтаси тезланишини аниқлаймиз. E нуқта BC чизиқда ётгани учун планда ҳам e нуқта bc оралиғида ётиши керак. У кесмалар нисбати ёрдамида аниқланади:

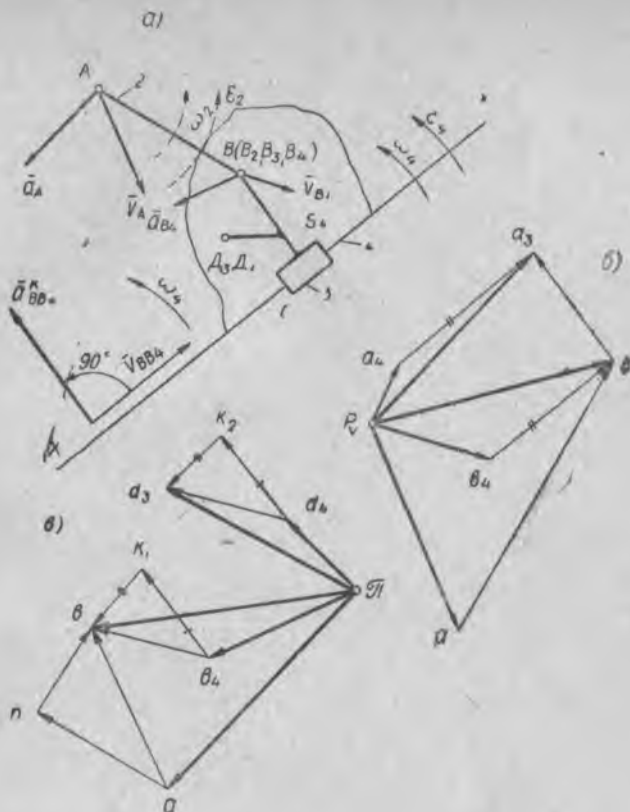
$$\overline{be} = \overline{bc} \frac{\overline{BE}}{\overline{BC}}.$$

E нуқтанинг тезланиши қуйидагича бўлади:

$$a_E = \pi e \cdot \mu_a \text{ м/сек}^2.$$

6. ИККИНЧИ КЛАСС, 2-ТУР ГРУППАНИНГ ТЕЗЛИК ВА ТЕЗЛАНИШЛАРИНИ АНИҚЛАШ

Группанинг звеноси 2 даги A нуқтанинг тезлик вектори $\vec{v}_A$ ва илгарилама жуфт йўналтирувчиси C жойлашган звено 4 нинг бурчагий тезлиги ω_4 маълум (15-шакл, а). $B (B_2, B_3)$ нуқталарнинг тезлигини аниқлаш талаб қилинади. xx йўналтирувчига бирор текислик S_4 ни группа звеноларининг ҳаракат текислигига параллел қилиб маҳкам бириктирамиз. xx йўналтирувчи звено 4 да бўлгани учун унга бириктирилган текислик S_4 нинг нуқталари ҳам звено 4 га тааллуқли деб қаралади. Шунинг учун текислик S_4 нинг барча нуқталарининг тезлик векторлари ва шу вазиятда текислик S_4 нинг B нуқтада бўлган B_4 нуқтаси ҳам берилган ҳисобланади.



15-шакл.

B нуқтанинг векторий тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$\left. \begin{aligned} \vec{v}_B &= \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}, \\ \vec{v}_B &= \vec{v}_{B_1} + \vec{v}_{BB_1}, \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

бу ерда $\vec{v}_A$ ва $\vec{v}_{B_1}$ — A ва B_1 нуқталарнинг тезлик векторлари (улар берилган); $\vec{v}_{BA}$ ва $\vec{v}_{BB_1}$ — B нуқтанинг A ва B_1 нуқталарга нисбатан нисбий тезлиги (улар векторларининг йўналишлари маълум). Тезликнинг $\vec{v}_{BA}$ вектори AB звенога тик, $\vec{v}_{BB_1}$ вектори эса xx бўйича йўналган. B нуқтанинг тезлик вектори тезликлар панини тузиш йўли билан аниқланади.

Бунинг учун тезлик масштаби $\mu_v \left(\frac{\text{м/сек}}{\text{мм}} \right)$ ни танлаб оламиз.

Тезликлар панининг ихтиёрий қутб нуқтаси P_0 дан $\vec{v}_A$ ва $\vec{v}_{B_1}$ тезликларининг йўналишини ўтказиб, унда

$$\overline{pa} = \frac{v_A}{\mu_v} \text{ мм ва } \overline{pb}_4 = \frac{v_{B_4}}{\mu_v} \text{ мм}$$

кесмаларнинг узунликларини белгилаймиз (15-шакл, б). Сунгра пландаги a нуқтадан $\vec{v}_{B_4}$ векторнинг йўналишини звено 2 нинг AB томонига тик қилиб, b_4 нуқтадан эса $\vec{v}_{B_4}$ векторнинг йўналишини xx йўналтирувчига параллел қилиб чизамиз. Бу икки чизиқнинг кесишув нуқтаси группанинг B нуқтасини, яъни абсолют тезлик векторининг учини беради. Унинг қиймати:

$$v_B = \overline{p_v b} \cdot \mu_v \text{ м/сек.}$$

Звено 2 нинг бошқа нуқталари тезлиги юқорида аниқланган ўхшашлик қондасидан фойдаланиб топилади. Звено 2 нинг бурчагий тезлаги ω_2 нинг қиймати қуйидагича ҳисоблаб топилади:

$$\omega_2 = \frac{v_{B_4}}{l_{AB}} \text{ рад/сек.} \quad (29)$$

Бурчагий тезлик ω_2 нинг йўналиши $\vec{v}_{B_4}$ векторни звенонинг B нуқтасига кўчириш йўли билан аниқланади.

15-шакл, а дан кўриниб турибдики, бурчагий тезлик ω_2 соат стрелкаси айланишига тескари томонга йўналган.

Звено 3 звено 4 билан илгарилама кинематикавий жуфт ҳосил қилгани учун унинг бурчагий тезлиги ω_3 звено 4 нинг бурчагий тезлиги ω_4 га тенг ва у билан бир хилда бўлади. Звено 3 нинг исталган бирор нуқтаси тезлигини, масалан, D_3 нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун қуйидаги векторий тенгламани тузамиз:

$$\vec{v}_{D_3} = \vec{v}_{D_4} + \vec{v}_{D_4 D_3} \quad (30)$$

Бу тенгламадаги $\vec{v}_{D_4}$ вектор звено 4 нинг звено 3 даги D_3 нуқтага мос келган D_4 нуқтасининг тезлик векторидир. $\vec{v}_{D_4}$ векторнинг қиймати ва йўналиши маълум.

Звено 3 звено 4 га илгарилама кинематикавий жуфт билан боғлангани учун звено 3 нинг барча нуқталари тезлиги S_4 текисликдаги звено 4 нинг нуқталари тезлигига тенг бўлади, яъни:

$$\vec{v}_{D_4 D_3} = \vec{v}_{B B_4}$$

Звено 4 нинг тезликлар планидаги D_4 нуқтасининг тезлик вектори $\vec{v}_{D_4}$ ни d_4 нуқтадан $b_4 b$ кесмага тенг ва параллел бўлган $d_4 d_3$ кесмага кўчирамиз. Уни қутб нуқтаси p_v билан ту-

таштириб, D_3 нуқтанинг абсолют тезлиги v_{D_3} нинг вектор кесмаси $p_2 d_3$ ни оламиз. Унинг қиймати $v_{D_3} = p_2 d_3 \nu_v$ м/сек бўлади.

Энди группанинг тезланишлар планини тузамиз.

Группа А нуқтасининг тезланиш вектори $\vec{a}_A$ ва звено 4 даги барча нуқталарнинг тезланиш векторлари берилган. Демак, звено 4 нинг бурчагий тезланиши ϵ_4 ва S_4 текисликдаги барча нуқталарнинг тезланиши маълум (15-шакл, в). Бундай шарт берилгани учун шу вазиятда звено 4 нинг $B(B_2, B_3)$ нуқта устидаги B_1 нуқтасининг вектори $\vec{a}_{B_1}$ ҳам маълум. В нуқта нинг тезланиши қуйидаги векторий тенглама ёрдамида аниқланади:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^\tau, \quad (31)$$

$$\vec{a}_B = \vec{a}_{B_1} + \vec{a}_{BB_1}^\kappa + \vec{a}_{BB_1}^\tau. \quad (32)$$

Бу тенгламалардаги $\vec{a}_A$ ва $\vec{a}_{B_1}$ тезланишларнинг қиймати ва йўналиши берилган. Нормал тезланиш $\vec{a}_{BA}^n$ нинг қиймати тезликлар планидан фойдаланилиб, қуйидагича ҳисоблаб топилади:

$$a_{BA}^n = \frac{v_{BA}^2}{l_{AB}} = \frac{(\overline{ab})^2 \cdot \mu_v^2}{l_{AB}} \text{ м/сек}^2,$$

бу ерда $\overline{ab}$ — тезликлар планидаги кесма узунлиги. $\vec{a}_{BA}^n$ вектор AB звенога параллел тарзда В нуқтадан А нуқтага томон йўналган.

Кориолис тезланиши $\vec{a}_{BB_1}^\kappa$ нинг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$a_{BB_1}^\kappa = 2 \cdot \omega_4 \cdot v_{BB_1} = 2 \cdot \omega_4 \cdot (\overline{b_1 b}) \cdot \mu_v, \quad (33)$$

бу ерда $\overline{b_1 b}$ — тезликлар планидаги кесма узунлиги (15-шакл, б). Бу тезланишнинг вектори xx йўналтирувчига тик йўналади. Унинг йўналишини аниқлаш учун нисбий тезлик вектори $\vec{v}_{BB_1}$ (15-шакл, а) йўналтирувчи бурчагий тезлиги ω_4 нинг айланиш томонига 90° бурилади.

$\vec{a}_{BA}^\tau$ ва $\vec{a}_{BB_1}^\tau$ векторларнинг йўналиши маълум: $\vec{a}_{BA}^\tau$ вектор AB звенога тик, $\vec{a}_{BB_1}^\tau$ эса xx йўналтирувчига параллел йўналади. Бу тезланишларнинг қиймати тезланишлар плани тузиш йўли билан аниқланади. Бунинг учун тезланиш масштаби $\mu_a \left(\frac{\text{м/сек}^2}{\text{мм}} \right)$ танлаб олинади.

Тезланишлар планининг қутб нуқтаси π дан $\vec{a}_B$ ва $\vec{a}_{B_1}$ тезланиш векторларини тасвирловчи чизиқларнинг йўналишини чизамиз (15-шакл, в). Бу чизиқларда μ_a масштаб бўйича қуйидаги кесмаларни белгилаймиз:

$$\overline{\pi a} = \frac{a_A}{\mu_a} \text{ мм,}$$

$$\overline{\pi b_1} = \frac{a_{B_1}}{\mu_a} \text{ мм.}$$

Сўнгра a ва b_1 нуқталардан a_{BA}^n ва $a_{BB_1}^k$ тезланишларнинг

$$\overline{an} = \frac{a_{BA}^n}{\mu_a} \text{ мм ва } \overline{b_1 k_1} = \frac{a_{BB_1}^k}{\mu_a} \text{ мм}$$

кесмаларини уларнинг йўналиш чизиқларида белгилаб қўямиз. n нуқтадан уринма тезланиш вектори $\vec{a}_{BA}^n$ ни AB звенога тик қилиб, k_1 нуқтадан эса тезланиш вектори $\vec{a}_{BB_1}^k$ ни xx йўналтирувчига параллел қилиб ўтказамиз. Бу чизиқлар b нуқтада кесишади. Кесишув нуқтасини қугб π билан туташтириб, $\overline{\pi b}$ кесмани ҳосил қиламиз. Унинг қиймати қуйидагича бўлади:

$$a_B = \overline{\pi b} \cdot \mu_a \text{ м/сек}^2.$$

$\vec{a}_{BA}^n$ ва $\vec{a}_{BB_1}^k$ тезланишларнинг қийматларини аниқлаймиз:

$$a_{BA}^n = \overline{nb} \cdot \mu_a \text{ м/сек}^2;$$

$$a_{BB_1}^k = \overline{k_1 b} \cdot \mu_a \text{ м/сек}^2.$$

Бу ердаги $\overline{nb}$ ва $\overline{k_1 b}$ кесмаларнинг қийматларини (мм. ҳисбада) тезланишлар планидан оламиз.

Звено 2 нинг бурчагий тезланиши ε_2 нинг қиймати

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^n}{l_{AB}} \text{ рад/сек}^2$$

бўлиб, соат стрелкаси айланадиган томонга қарши йўналган (15-шакл, а). Звено 3 звено 4 (йўналтирувчи) бўйлаб ҳаракатлангани учун унинг бурчагий тезланиши ε_3 звено 4 нинг бурчагий тезланиши ε_4 га тенг бўлади.

Звено 3 даги ихтиёрий D_3 нуқтанинг тезланиши қуйидаги векторий тенглама ёрдамида аниқланади:

$$\vec{a}_{D_3} = \vec{a}_{D_1} + \vec{a}_{D_1 D_3}^k + \vec{a}_{D_1 D_3}^n. \quad (34)$$

Звено 4 нинг тезланишлари берилган бўлгани учун тезланиш $\vec{a}_D$ нинг вектори маълум.

$\vec{a}_{D_3D_4}^k$ ва $\vec{a}_{D_3D_4}^r$ векторларнинг геометрик йиғиндиси звено 3 даги D_3 нуқтанинг звено 4 даги D_4 нуқтага нисбатан тўла нисбий тезланиш вектори $\vec{a}_{D_3D_4}$ ни беради:

$$\vec{a}_{D_3D_4} = \vec{a}_{D_3D_4}^k + \vec{a}_{D_3D_4}^r. \quad (35)$$

Звено 3 даги B_3 нуқтанинг звено 4 даги B_4 нуқтага нисбатан тўла нисбий тезланиши $\vec{a}_{BB_4}$ қуйидагича бўлади:

$$\vec{a}_{BB_4} = \vec{a}_{BB_4}^k + \vec{a}_{BB_4}^r. \quad (36)$$

3 ва 4 звенолар илгарилар кинематикавий жуфт ҳосил қилгани учун $\vec{a}_{D_3D_4}^r$ ва $\vec{a}_{BB_4}^r$ векторлар тенг бўлади. $\vec{a}_{D_3D_4}^k$ ва $\vec{a}_{BB_4}^k$ векторларнинг қийматлари қуйидагича аниқланади:

$$\vec{a}_{D_3D_4}^k = 2 \cdot \omega_1 \cdot \vec{v}_{D_3D_4},$$

$$\vec{a}_{BB_4}^k = 2 \cdot \omega_1 \cdot \vec{v}_{BB_4},$$

$\vec{v}_{BB_4}$ ва $\vec{v}_{D_3D_4}$ нисбий тезликларнинг векторлари тенг бўлгани учун

$$\vec{a}_{D_3D_4}^k = \vec{a}_{BB_4}^k$$

бўлади. Демак, звено 3 даги барча нуқталарнинг тўла нисбий тезланишлари звено 4 даги нуқтанинг (шу онда мос келгани учун) тезланишлари билан бир хилда бўлади:

$$\vec{a}_{DD_4} = \vec{a}_{BB_4}.$$

Шу сабабли звено 3 даги D_3 нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун маълум $\vec{a}_{D_4}$ векторнинг тезланишлар планидаги d_4 нуқтадан $\vec{a}_{DD_4}$ тезланишнинг $\vec{a}_{BB_4}$ тезланишни тасвирловчи b_4b кесмага тенг бўлган $\overline{d_4a_3}$ кесмасини олаемиз. Бу $\overline{d_4a_3}$ кесмани b_4b кесмага параллел қилиб кўчирамиз. Ёпувчи πd_3 кесма D_3 нуқтанинг абсолют тезланишини билдиради.

Унинг қиймати

$$a_{D_3} = \pi d_3 \cdot \omega_a \text{ м/сек}^2$$

бўлади.

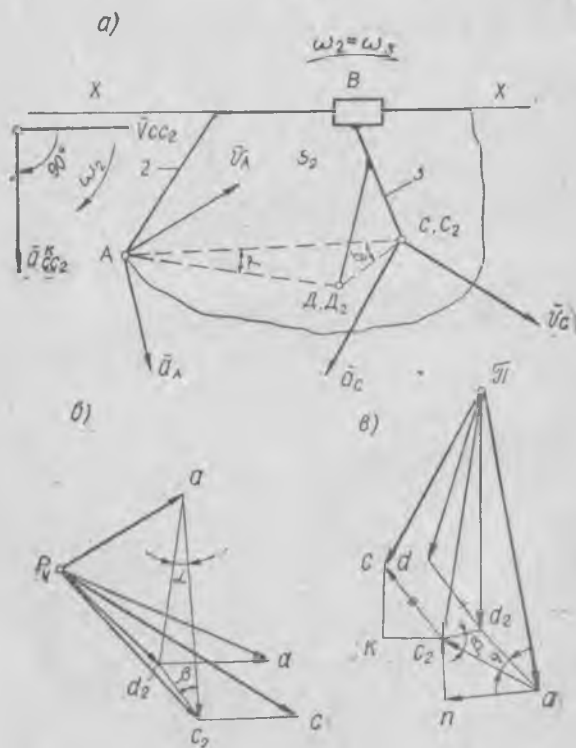
7. ИККИНЧИ КЛАСС, 3-ТУР ГРУППАНИНГ ТЕЗЛИК ВА ТЕЗЛАНИШЛАРИНИ АНИҚЛАШ

3-тур группанинг ички кинематикавий жуфти B илгариларда, икки A ва C ташқи жуфтлари эса айланма жуфтлар бўлади (16-шакл, а).

Группадаги A ва C нуқталарнинг $\vec{v}_A$ ва $\vec{v}_C$ тезликлари берилган бўлиши керак.

Группанинг тезликларини билиш учун 2 ва 3 звенолардан ҳар бирининг яна бир нуқтаси тезлигини аниқлаш керак. Звено 2 га тегишли xx йўналтирувчига S_2 текисликни маҳкамлаймиз. У ҳолда бу текисликнинг барча нуқталари звено 2 нинг нуқталари деб қаралади. Звено 3 нинг C нуқтаси звено 2 нинг C_2 нуқтаси устида ётади. У ҳолда C ва C_2 нуқталарнинг тезликлари ўзаро қуйидаги векторий тенглама воситасида боғланади:

$$\vec{v}_C = \vec{v}_{C_2} + \vec{v}_{CC_2}. \quad (37)$$



16-шакл.

Звено 2 даги C_2 нуқтанинг тезлик вектори $\vec{v}_C$:

$$\vec{v}_C = \vec{v}_A + \vec{v}_{C_2A}. \quad (37a)$$

(37) тенгламадаги $\vec{v}_C$ нинг урнига (37a) формуладаги қийматини қўйсақ, қуйидаги тенглама ҳосил бўлади:

$$\vec{v}_C = \vec{v}_A + \vec{v}_{C_2A} + \vec{v}_{CC_2}. \quad (38)$$

Бу тенгламадаги $\vec{v}_A$ ва $\vec{v}_C$ векторлар маълум. $\vec{v}_{C_2A}$ вектор AC томонга тик, $\vec{v}_{CC_2}$ вектор эса йўналтиргичга параллел йўналган.

Бу векторларнинг қиймати ва C_2 нуқтанинг $\vec{v}_C$ вектори тезликлар панини тузиш йўли билан аниқланади. Бунинг учун тезлик масштаби $\mu_v \left(\frac{\text{м/сек}}{\text{мм}} \right)$ танлаб олинади. Пандаги қутб нуқтаси p_v дан $\vec{v}_A$ ва $\vec{v}_C$ тезликларнинг йўналиш чизиқларида

$$\overline{pa} = \frac{v_A}{\mu_v} \text{ мм} \quad \text{ва} \quad \overline{pc} = \frac{v_C}{\mu_v} \text{ мм}$$

кесмаларни белгилаймиз (16-шакл, б). Пандаги c нуқтадан xx чизиққа параллел қилиб, $\vec{v}_{CC_2}$ тезликнинг йўналишини, a нуқтадан AC_2 томонга тик қилиб $\vec{v}_{C_2A}$ тезликнинг йўналишини чизамиз. Бу чизиқларнинг кесишув c_2 нуқтаси $\vec{v}_{C_2A}$ ва $\vec{v}_{CC_2}$ векторларнинг кесмаларини беради. Уларнинг қиймати қуйидагича бўлади:

$$v_{C_2A} = (\overline{c_2a}) \cdot \mu_v \quad \text{м/сек};$$

$$v_{CC_2} = (\overline{cc_2}) \cdot \mu_v \quad \text{м/сек}.$$

Қутб нуқтаси p_v билан c_2 нуқтани бирлаштириб, C_2 нуқтанинг абсолют тезлигини топамиз. Унинг қиймати

$$v_{C_2} = (\overline{pc_2}) \cdot \mu_v \quad \text{м/сек}$$

бўлади. Звено 2 нинг бурчагий тезлиги

$$\omega_2 = \frac{v_{C_2A}}{l_{AC_2}} = \frac{(\overline{c_2a}) \cdot \mu_v}{AC_2 \cdot \mu_l} \quad \text{рад/сек}$$

бўлади. Бу ердаги $\overline{c_2a}$ ва $\overline{AC_2}$ кесмалар тезликлар панидан ва группанинг ҳолат схемасидан ўлчаб олинади.

ω_2 нинг йўналиши 1-тур группадаги усулга ўхшаш усул билан аниқланади. 2 ва 3 звенолар ўзаро илгарилама кинема-

тикавий жуфт ёрдамида бирлашгани учун звено 3 нинг бурчагий тезлиги ω_3 звено 2 нинг бурчагий тезлиги ω_2 га тенг бўлади:

$$\omega_3 = \omega_2.$$

Звено 3 даги ихтиёрий иккинчи нуқтанинг, масалан, D нуқтанинг тезлигини топиш учун звено 2 нинг шу онда D нуқта билан устма-уст ётган D_2 нуқтаси тезлигини аниқлаш керак. Бунинг учун ўхшашлик қондасидан фойдаланамиз. Пландаги $\overline{ac_2}$ кесмада звено 2 нинг AC_2D_2 учбурчаклигига ўхшаш ac_2d_2 учбурчаклик ясаймиз. Шунда пландаги учбурчаклик ҳарфларининг жойлашуви схемадаги учбурчаклик ҳарфларининг жойлашувига мос бўлиши керак.

Звено 3 даги D нуқтанинг тезлиги $\vec{v}_D$ звено 2 даги D_2 нуқтанинг тезлиги $\vec{v}_{D_2}$ билан қуйидаги тенглама воситасида боғланган:

$$\vec{v}_D = \vec{v}_{D_2} + \vec{v}_{DD_2}, \quad (39)$$

бу ерда $\vec{v}_{DD_2}$ — звено 3 даги D нуқтанинг звено 2 даги D_2 нуқтага нисбатан нисбий тезлиги.

2 ва 3 звенолар илгарилама кинематикавий жуфт B билан боғлангани учун $\vec{v}_{DD_2}$ вектор $\vec{v}_{CC_2}$ векторга тенг бўлади. Шунга асосланиб, пландаги c_2 нуқтадан $\vec{v}_{CC_2}$ векторнинг $\overline{c_2c}$ кесмасига тенг ва параллел қилиб, $\overline{d_2d}$ кесмани кўчирамиз.

Тезликлар планидаги $\overline{p_vd}$ кесма звено 3 даги D нуқтанинг $\vec{v}_D$ тезлигини беради. Унинг қиймати қуйидагича бўлади:

$$v_D = p_v \overline{d} \cdot \mu_v \text{ м/сек.}$$

Энди группанинг тезланишлари аниқлашга ўтамиз. Группдаги A ва C нуқталарнинг $\vec{a}_A$ ва $\vec{a}_C$ тезланишлари берилган (16-шакл, в). 2 ва 3 звенолардаги C_2 ва D нуқталарнинг $\vec{a}_{C_2}$ ва $\vec{a}_D$ тезланишларини аниқлаш керак.

Звено 2 даги C_2 нуқтанинг $\vec{a}_{C_2}$ тезланишини аниқлаш учун векторий тенгламалар тузамиз:

$$\vec{a}_{C_2} = \vec{a}_A + \vec{a}_{C_2A}^n + \vec{a}_{C_2A}^t, \quad (40)$$

$$\vec{a}_C = \vec{a}_{C_2} + \vec{a}_{CC_2}^n + \vec{a}_{CC_2}^t. \quad (41)$$

Юқоридаги тенгламаларни соддалаштириб, қуйидаги тенгламани ҳосил қиламиз:

$$\vec{a}_C = \vec{a}_A + \vec{a}_{C_2A}^n + \vec{a}_{C_2A}^t + \vec{a}_{CC_2}^n + \vec{a}_{CC_2}^t. \quad (42)$$

Бу тенгламадаги $\vec{a}_A$ ва $\vec{a}_C$ векторлар берилган. Нормал тезланиш вектори $\vec{a}_{C_2A}^n$ нинг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$a_{C_2A}^n = \frac{v_{C_2A}^2}{l_{AC_2}} \text{ м/сек}^2. \quad (43)$$

Кориолис тезланишини аниқлаш формуласи қуйидагича бўлади:

$$a_{CC_2}^k = 2 \cdot \omega_2 v_{CC_2} \text{ м/сек}^2. \quad (44)$$

$\vec{a}_{C_2A}^n$ вектор AC_2 чизиққа параллел бўлиб, C_2 нуқтадан A нуқтага томон йўналади. Кориолис тезланиши $\vec{a}_{CC_2}^k$ нинг йўналиши 16-шакл, a да курсатилган. Номатлум $\vec{a}_{C_2}$, $\vec{a}_{C_2A}^r$ ва $\vec{a}_{CC_2}^r$ векторларни тезланишлар плани тузиш йўли билан аниқлаймиз. Планадаги қутб нуқтаси π дан $\mu_a \left(\frac{\text{м/сек}^2}{\text{мм}} \right)$ масштаб бўйича

$$\overline{\pi a} = \frac{a_A}{\mu_a} \text{ мм}$$

$$\overline{\pi c} = \frac{a_C}{\mu_a} \text{ мм}$$

кесмаларни белгилаймиз. Сўнг a нуқтадан

$$\overline{an} = \frac{a_{C_2A}^n}{\mu_a} \text{ мм}$$

кесмани ва c нуқтадан

$$\overline{cn} = \frac{a_{CC_2}^k}{\mu_a} \text{ мм}$$

кесмани йўналиш чизигида белгилаб оламиз. Шундан кейин n нуқтадан C_2A га тик қилиб тезланиш вектори $\vec{a}_{C_2A}^r$ ни, k нуқтадан xx йўналтиргичга параллел қилиб эса $\vec{a}_{CC_2}^r$ вектор йўналишини чизамиз. Бу чизиқлар c_2 нуқтада кесишади.

Чизмадан $\overline{\pi c_2}$ ва (πc_2) , $(c_2 k)$ кесмаларини улчаб, $\vec{a}_{C_2}$, $\vec{a}_{C_2A}^r$, $\vec{a}_{CC_2}^r$ тезланишларнинг қийматини аниқлаймиз:

$$a_{C_2} = \overline{\pi c_2} \cdot \mu_a \text{ м/сек}^2;$$

$$a_{C_2A}^r = (\overline{\pi c_2}) \cdot \mu_a \text{ м/сек}^2.$$

$$a_{CC_2}^r = \overline{c_2 k} \cdot \mu_a \text{ м/сек}^2.$$

Звено 2 нинг бурчагий тезланиши қуйидагича бўлади:

$$\epsilon_2 = \frac{a_{C_2A}}{l_{AC_2}} \text{ рад/сек}^2. \quad (45)$$

Звено 3 даги D нуқтанинг тезланиши $\vec{a}_D$ қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\vec{a}_D = \vec{a}_{D_1} + \vec{a}_{DD_1}, \quad (46)$$

бу ерда $\vec{a}_{D_1}$ — звено 2 нинг звено 3 даги D нуқта устида ётган D_2 нуқтасининг тезланиш вектори, бу векторнинг қиймати тезланишлар планининг ac_2 томонига звено 2 нинг AC_2D_2 уч бурчаклигига ўхшаш ac_2d_2 учбурчаклик ясаш йўли билан аниқланади; $\vec{a}_{CC_2}$ — C нуқтанинг C_2 нуқтага нисбатан тўла нисбий тезланиши.

2 ва 3 звенолар бир-бири билан илгарилама кинематикавий жуфтлар ёрдамида боғланган.

Юқоридаги мулоҳазаларга кўра,

$$\vec{a}_{DD_1} = \vec{a}_{CC_2}$$

бўлади.

Тезланишлар планидаги c_2 нуқтадан C нуқтанинг C_2 нуқтага нисбатан тўла нисбий тезланиши $\vec{a}_{CC_2}$ нинг $\vec{c_2c}$ кесмасига тенг ва параллел қилиб, $\vec{d_2d}$ кесмани чизамиз. D нуқта тезланиши $\vec{a}_D$ нинг қиймати қуйидагича бўлади:

$$a_D = \pi d \cdot \mu_a \text{ м/сек}^2.$$

Иккинчи класснинг қолган 4- ва 5-тур группалари учун тезлик ва тезланишлари аниқлаш йўли юқорида келтирилгани каби.

8. ДИАГРАММАВИЙ (ГРАФИКАВИЙ) УСУЛ

Механизм бирор нуқтасининг тўла ҳаракатланиш даврини текшириш учун кинематикавий диаграмма усулидан фойдаланилади. Бунинг учун илгарилама-қайтар ҳаракатланувчи нуқтанинг вақт — силжиш $S = S(t)$, вақт — тезлик $v = v(t)$ ҳамда вақт — тезланиш $a = a(t)$ графиклари, айланма ҳаракатланувчи звеноларнинг эса вақт — бурчагий силжиш $\varphi = \varphi(t)$, вақт — бурчагий тезлик $\omega = \omega(t)$ ҳамда вақт — бурчагий тезланиш $\epsilon = \epsilon(t)$ графиклари тузилади.

Механизм етакчи звеноси вазиятининг бошланғич ҳолатига келиши, тезлиги ва тезланишининг эса бошланғич қийматига эришиш учун кетган вақт шу механизм етакчи звеносининг ҳаракат даври дейилади.

фиги, асосан, механизмнинг вазияти планлари ва шу нуқта-
танинг траекторияси тузилгандан сунг чизилади.

Мисол тариқасида кривошип-ползунли механизм B нуқта-
сининг силжиш графигини чизамиз (17-шакл, а). Бунинг учун
механизмнинг қуйидаги параметрлари: асосий ўлчамлари,
етакчи звеносининг ҳаракат қонуни (масалан, $\omega = \text{const}$) ва
унинг минутага айланишлар сони n_1 маълум бўлиши керак.
Звенонинг вақт бўйича силжиш $S_B = S_B(t)$ графиги қуйидаги
тартибда чизилади.

1. Кривошипнинг ҳар 30° бурилиши учун механизмнинг
12 хил вазияти плани узунлик масштаби $\mu_l \left(\frac{\text{м}}{\text{мм}} \right)$ да чизилади.
Шунда ползуннинг чап ёки ўнг чекка вазияти учун криво-
шипнинг бошланғич бурилиш бурчаги танланади.

2. Кривошипнинг бир марта тўла айланиш вақти $T = \frac{60}{n}$
ҳисоблаб топилади.

3. T вақт учун ихтиёрий кесма узунлиги $T = \overline{OM}$ ни тан-
лаб, вақт масштаби μ_t қуйидагича ҳисоблаб чиқарилади:

$$\mu_t = \frac{T}{\overline{OM}} \text{ сек/мм.} \quad (48)$$

4. Тўғри бурчакли $S_B - t$ координаталар системасини тан-
лаймиз (17-рasm, б). Абсциссалар ўқиға кривошипнинг бир
марта айланиш вақти T ни тасвирловчи $\overline{OM}$ кесмани қўямиз.
Бу кесмани тенг 12 қисмға бўламиз. Ординаталар ўқиға кри-
вошип ҳар 30° бурилганда ползуннинг чекка вазиятдан сил-
жиш қийматларини қўямиз. Шунда ординатанинг масштаби μ_o
ни μ_o га тенг (кичик ёки катта) қилиб олиш мумкин.

Абсциссалар ўқидаги 0, 1, 2, 3, ... бўлинмалардан кута-
рилган тик чизиқларға ползуннинг чекка вазиятдан бўлган
оралиқлари $S_0, S_1, S_2, \dots$ ни қўйиб чиқамиз. Ординаталар
ўқидан чиқарилган тик чизиқлардаги 1, 2, 3 ... нуқталарни
бирлаштириб, ползундаги B нуқтанинг вақт-силжиш $S_B = S_B(t)$
графигини ҳосил қиламиз. Кўпинча, абсциссалар ўқиға вақт t
ўрниға кривошипнинг бурилиш бурчаги φ қўйилади. Унда
механизм вазияти функцияси $S_B = S_B(\varphi)$ диаграммасини ҳосил
қиламиз. Унинг масштаби қуйидагича аниқланади:

$$\mu_\varphi = \frac{2\pi}{\overline{OM}} \text{ рад/мм.} \quad (49)$$

B нуқтанинг тезлиги $v = v(t)$ ни аниқлаш учун $S = S(t)$ диа-
граммасини графикавий усулда бир марта, B нуқтанинг тез-
ланиши $a = a(t)$ ни аниқлаш учун эса икки марта дифферен-
циаллаш керак. Графикавий дифференциаллашнинг бир неча
усули—уринма ўтказиш, вагар чизиқлар ўтказиш, орттириш,
нормал ости ўтказиш усули ва бошқа усуллари мавжуд.

Графикавий дифференциаллашнинг инженерлик ҳисобларида энг кўп қўлланиладиган усулларида баъзиларини куриб чиқамиз.

1. Ватар чизиқлар ўтказиш усули. Бу усул ёрдамида берилган кинематикавий параметрларни графикавий дифференциаллаш ва интеграллаш мумкин.

$S_B = S_B(t)$ функциянинг юқорида (17-шакл, б) чизилган графигини дифференциаллаб, $v = v(t)$ функциянинг графигини ҳосил қиламиз. Қуйида дифференциаллаш усулининг моҳиятини куриб чиқамиз.

Масалан, бирор $S = S(t)$ функциянинг графиги (17-шакл, в) берилган бўлсин. Маълум Δt вақт ичида 1—2 оралиқнинг тезлик қиймати

$$v_{sp} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

бўлади. Уни кесма бирлиги ҳисобида ифодаласак,

$$v_{sp} = \frac{\overline{\Delta S} \cdot \mu_s}{\Delta t \cdot \mu_t}$$

бўлади.

17-шакл, в дан $\frac{\overline{\Delta S}}{\Delta t} = \operatorname{tg} \alpha$ эканлиги куриниб турибди. У ҳолда,

$v_{sp} = \frac{\mu_s}{\mu_t} \operatorname{tg} \alpha$ бўлади, яъни нуқтанинг вақт бирлигидаги тезлиги α бурчакнинг тангенсига пропорционал равишда ўзгаради. Бу график дифференциаллашнинг асосий формуласи бўлади.

Туғри бурчакли янги $v-t$ координаталар системасини чивамиз (17-шакл, г).

Абсциссалар ўқининг чап томонига координаталар бошидан H_1 оралиқда ихтиёрий қутбий нуқта A_1 ни белгилаб оламиз. A_1 нуқтадан 1—2 ватар чизигига параллел қилиб, ординаталар ўқи билан кесишгунча AB кесмани ўтказамиз.

Координаталар системасида OA_1B учбурчаклик ҳосил бўлади. Бу учбурчакликдан

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\overline{v}}{H_1}$$

бўлади. $\operatorname{tg} \alpha$ нинг қийматини юқоридаги формулага қуйиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$v_{sp} = \frac{\mu_s}{\mu_t} \frac{\overline{v}}{H_1}$$

Буни соддалаштириб, тезлик масштаби

$$\frac{v_{sp}}{\overline{v}} = \mu_v = \frac{\mu_s}{H_1 \cdot \mu_t}$$

ни оламиз. Демак, $\bar{v}$ кесма 1—2 оралиқнинг μ_0 масштабда ифодаланган ўртача тезлигини билдиради.

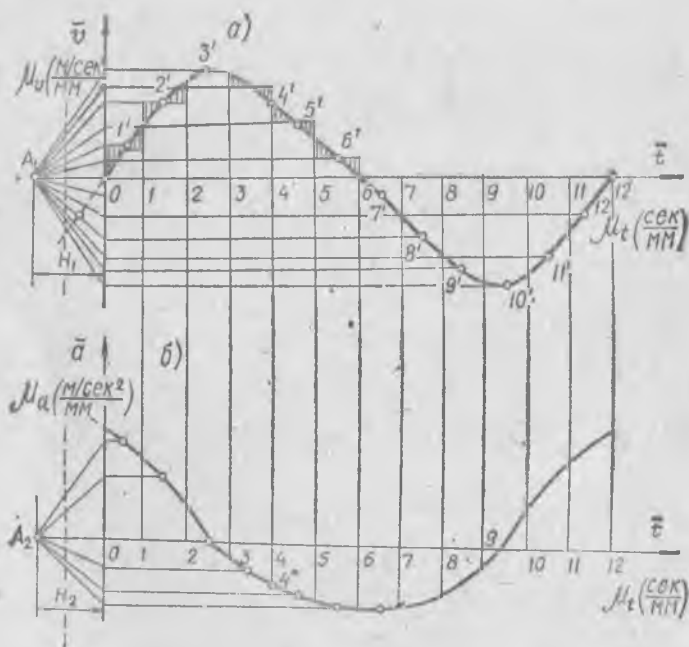
Демак, графикавий дифференциаллаш учун абсциссалар ўқи тенг қисмларга бўлиниб, ҳар бир бўлинмадан тик чизиқлар ўтказилади. Бу тик чизиқлар билан берилган графикнинг эгри чизигининг кесишув нуқталари белгиланиб, улар ватар чизиқлар воситасида туташтирилади.

$v-t$ графигининг A_1 нуқтасидан—қутбдан бу ватар чизиқларга параллел қилиб ординаталар ўқи билан кесишгунча нур чизиқлар ўтказилади. Нур чизиқлар ординаталар ўқида μ_0 тезлик масштабида ҳар бир оралиқнинг ўртача тезлик $v_{\text{ур}}$ кесмаларини беради. Ординаталардаги кесишув нуқталарини ҳар бир оралиқнинг ўртасига горизонтал чизиқ ёрдамида қўчирамыз.

17-шакл, *г* да *в*, *с* ҳарфлари билан белгиланган нуқталар кўрсатилган. Бу нуқталар узаро туташтирилса, тезлик графиги ҳосил булади. Юқорида чизилган $S_B = S_B(t)$ графигини дифференциаллаб, тезлик графигини тузамиз (18-шакл, *а*).

Графикни дифференциаллаш тартиби қуйидагича:

1. $S_B = S_B(t)$ графигида 0—1, 1—2, 2—3, ... ватар чизиқлар ўтказамиз (18-шакл, *б*).



18-шакл.

2. $v_B = v_B(t)$ графигида координаталар бошининг чап томонида H_1 ораликда A_1 нуқтани (қутбни) белгилаймиз (18-шакл, а).

3. A_1 нуқтадан ординаталар ўқи билан кесишгунча $0-1, 1-2, 2-3, \dots$ ватар чизиқларга параллел чизиқлар утказамиз.

4. Ординаталар ўқидаги кесишув нуқтасидан абсциссалар ўқиға параллел қилиб, $0-1, 1-2, 2-3, 3-4, \dots$ оралиқларнинг уртасигача горизонтал чизиқлар утказамиз.

5. Белгиланган $1', 2', 3', \dots$ нуқталарни бирлаштириб, тезлик графигининг эгри чизигини ҳосил қиламиз.

6. Сунгра графикнинг тезлик масштаби

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

ни аниқлаймиз.

Тезлик графигининг бошланғич ординатасини аниқлаш учун абсциссалар ўқининг чап томонига бир булинма чизамиз. Бу булинма 18-шакл, а да штрих чизиқлар билан курсатилган.

Графикнинг қанчалик тўғри чизилганлигини текшириш тартиби қуйидагича:

1. Механизм ҳаракатининг бир циклига онд графикнинг бошланғич ва охириги нуқталари бир хил ординатага эга бўлиши керак.

2. Силжиш графигининг максимал ва минимал ординаталарида тезлик ординаталари нолга тенг бўлиши лозим.

3. Тезлик графигининг максимал ва минимал қийматлари силжиш графигининг эгилиш нуқтасига мос келиши зарур.

4. Дифференциалланувчи эгри чизиқнинг кутарилган вазияти дифференциалланган эгри чизиқнинг мусбат қийматига, пасайган вазияти эса манфий қийматига мос бўлиши керак.

Тезланиш графигини чизиш. Вақт—тезланиш $a_B = a_B(t)$ графигини чизиш учун $v_B = v_B(t)$ графигини юқоридаги каби тартибда дифференциаллашнинг ўзи кифоя (18-шакл, б).

Тезланиш графигининг масштаби қуйидагича аниқланади:

$$\mu_a = \frac{\mu_v}{H_2 \cdot \mu_t} \frac{\text{м/сек}^2}{\text{мм}}, \quad (50)$$

бу ерда H_2 —тезланиш графигининг қўғбий оралиғи.

Агар нуқта ёки звено эгри чизиқ бўйлаб ҳаракатланса, унинг тезлик графигини дифференциаллаш натижасида уринма тезланиш a_B' нинг ўзгариш қонуни чиқади. Агар нуқта ёки звено тўғри чизиқ бўйлаб ҳаракатланса, унинг нормал тезланиши a'' нолга тенг бўлганда, чизилган график тула тезланишнинг ўзгариш қонунини тасвирлайди.

(50) формуладан кўринадики, тезланиш масштаби μ_a қутб оралиғи H_2 нинг танланишига боғлиқ. Қутб оралиғи қанча катта бўлса, тезланиш графигининг ординатаси шунча ошади. Шунинг учун графикнинг энг тик бўлган ватар чизигига параллел чизиқ ўтказиб, графикнинг максимал ординатасини белгилаймиз ва қутб оралиғи H_2 ни танлаймиз.

Тезлик $v_B = v_B(t)$ ва тезланиш $a_B = a_B(t)$ графикларидаги йўгон эгри чизиқ шундай ўтказилиши керакки, бўлинмалар ўртасида белгиланган нуқталардан ўтган ва бу эгри чизиққа тик бўлган чизиқлар орасидаги юзалар бир-бирига тенг бўлсин (18-шакл, а).

Графиклар чизиб бўлингандан сўнг нуқтанинг ёки звенонинг исталган ҳолатининг тезлик ёки тезланиш қийматини аниқлаш учун уларнинг диаграммасидан шу ҳолатнинг ордината баландлигини мм ҳисобида ўлчаб, тезлик μ_v ёки тезланиш μ_a масштабларига кўпайтириш керак.

Мисол. Кривошип-ползушли механизм (18-шакл, а, б) ползуни тўрт вазиятининг тезлик қиймати

$$v_4 = 44'' \cdot \mu_v \text{ м/сек}$$

формула ёрдамида, тезланиш қиймати

$$a_4 = 44''' \cdot \mu_a \text{ м/сек}^2$$

формула ёрдамида ҳисоблаб топилади.

2. Орттириш усули. Графикларни орттириш усули билан ҳам дифференциаллаш ва интеграллаш мумкин. Масалан, 19-шакл, а да кўрсатилган тезлик $v=v(t)$ графиги берилган бўлсин. Уни орттириш усули билан дифференциаллаб, тезланиш $a=a(t)$ графигини ҳосил қиламиз.

Дифференциаллаш тартиби қуйидагича бўлади:

1. Берилган $v=v(t)$ графигининг абсциссалар ўқини бир неча $0-1, 1-2, 2-3, \dots$ тенг қисмларга бўлиб, улардан тик чизиқлар ўтказамиз.

2. Ҳар бир бўлинманинг бошланиш тик чизиги билан графикнинг кесишув нуқтасидан навбатдаги тик чизиги билан кесишгунча горизонтал ўтказиб, $a_1, a_2, a_3, \dots$ нуқталарни белгиллаб оламиз. Шунда ҳосил бўлган $a_1-1, a_2-2, a_3-3, \dots$ ордината кесмалари тезликнинг элементар орттирмаси

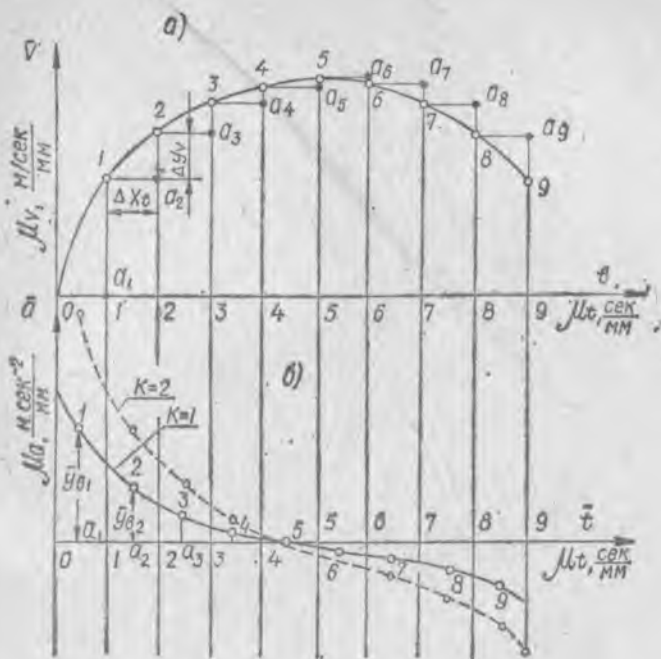
$$\Delta v = \Delta y_v \cdot \mu_v \text{ ни,}$$

$0-a_1, 1-a_2, 2-a_3, \dots$ горизонтал кесмалар эса вақтнинг элементар орттирмаси

$$\Delta t = \Delta x_t \cdot \mu_t$$

ни билдиради. У ҳолда тезланиш қуйидагича ифодаланади:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta y_v \cdot \mu_v}{\Delta x_t \cdot \mu_t}$$



19-шакл.

Бўлинмалар оралиғи бир-бирига тенг бўлгани учун ҳар бир бўлинманинг ўртача тезланиши $a_1=1$, $a_2=2$, $a_3=3$, ... кесмалар билан ифодаланувчи тезликларнинг орттирмасига пропорционал бўлади.

3. Берилган тезлик $v=v(t)$ графигининг остига тезланиш $a=a(t)$ координаталарини чизамиз (19-шакл, б).

4. Тезлик графигининг тик чизиқларини пастга давом эттириб, $a=a(t)$ графигининг абсциссалар ўқини тенг кесмаларга бўламиз.

5. Бу бўлинмаларнинг ўртасига $a_1=1$, $a_2=2$, $a_3=3$, ... тезлик орттирма кесмаларини белгилаймиз, яъни абсциссалар ўқининг $0-1$ бўлинмаси ўртасига $\bar{v}_1=\bar{a}_1$ ва $1-2$ бўлинмаси ўртасига $\bar{v}_2=\bar{a}_2$ кесмаларни қўямиз.

(Агар тезланиш $a=a(t)$ графиги кичик чизилса, орттирма кесмаларини K марта катталаштириб чизиш керак.)

6. Белгиланган нуқталарни йўғон текис чизиқ билан бирлаштириб, тезланиш $a=a(t)$ графигини ҳосил қиламиз.

7. Тезланишнинг ординаталар ўқидаги масштабини аниқлаймиз:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

ни кесмалар орқали ифодалаб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\overline{y_B} \cdot \mu_a = \frac{\Delta y_v \cdot \mu_v}{\Delta x_t \cdot \mu_t}.$$

Агар тезлик орттирмаси K марта оширилса,

$$\overline{y_B} = K \cdot \Delta y_v$$

булади. У ҳолда, тезланиш масштабининг қуйидаги формуласига эга бўламиз:

$$\mu_a = \frac{\mu_v}{K \cdot \Delta x_t \cdot \mu_t} \frac{\text{м/сек}^2}{\text{мм}}, \quad (51)$$

бу ерда μ_v — тезлик масштаби, $\frac{\text{м/сек}}{\text{мм}}$;

μ_t — вақт масштаби, $\frac{\text{сек}}{\text{мм}}$;

Δx_t — бўлинмалар оралиғи, мм;

K — тезлик орттирмасининг неча марта катталашганини билдирувчи сон.

Графикларни интеграллаш учун дифференциаллаш усулида бажарилган ишлар тескари тартибда бажарилиши керак. Графикларни ватар ўтказиш усули билан интеграллаш тартиби шу китобнинг кулачокли механизмлар лойиҳалашга бағишланган қисмида берилган.

III. МАШИНА ВА МЕХАНИЗМЛАР ДИНАМИКАСИ

Механизм динамикасини текширишда, асосан, иккита масала ҳал қилинади: 1) ҳаракатланувчи механизмнинг кинематикавий жуфтларидаги реакция ва босим кучларини, шунингдек, унинг звеноларига таъсир этувчи номалъум ташқи кучларни аниқлаш; 2) механизм ёки машинанинг қўйилган куч таъсирида унинг ҳақиқий ҳаракатланиш қонунини аниқлаш.

Биринчи масала *механизмларни кинетостатикавий текшириш*, иккинчи масала эса *механизмлар динамикаси* дейилади.

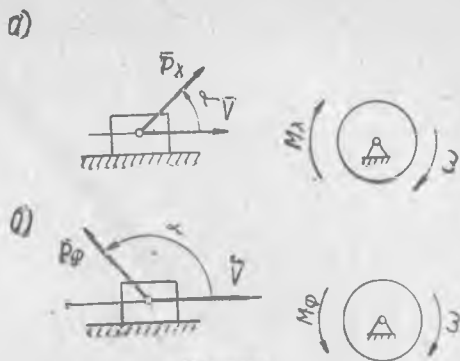
Бу қисмда кинематикавий жуфтлардаги ишқаланиш, механизмларнинг фойдали иш коэффициенти, машина ҳаракатининг тенгламаси ва бошқа масалалар ҳам текширилади.

1. МЕХАНИЗМ ЗВЕНОЛАРИГА ТАЪСИР ЭТУВЧИ КУЧЛАР

Машина ҳаракатланганда унинг звеноларига қуйидаги кучлар таъсир қилади:

1. Механизмнинг етакчи звеносига қўйилган мусбат иш бажарадиган ҳаракатлантирувчи куч. Бу куч тезлик йўналиши билан ўткир бурчак ҳосил қилган ҳолда, ҳаракат томонига йўналади. Ҳаракатлантирувчи кучни P_x ҳарфи билан,

моментни эса M_x ҳарфи билан белгилаймиз (20-шакл, а). Бу куч ёки момент ҳаракат тезлигини оширади. Етакчи звеноларнинг ҳаракатлантирувчи кучи механизм ёрдамида етакланувчи звенога сунгра момент орқали иш бажарувчи машининг етакчи звеносига узатилади. Ҳаракатлантирувчи P_x куч-



20-шакл.

ни бирор тур (термик, электрик, гидравликавий ва бошқа) энергияни механикавий ишга айлантирувчи двигателлар ҳосил қилади. Масалан, ички ёнув двигателининг цилиндрида газнинг поршенга бўлган босими таъсирида ҳаракатлантирувчи куч ҳосил бўлади. Электрик двигателда ротор урамидаги ток ва магнитавий майдоннинг ўзаро таъсири натижасида ҳаракатлантирувчи куч momenti M , ҳосил бўлади ва ҳоказо.

2. Фойдали қаршилик кучлари. Механизм талаб қилинган, зарур бўлган ишни бажаради. Бу қаршилик кучини енгилш учун машина яратилади. Фойдали қаршилик кучини P_ϕ ҳарфи билан белгилаймиз. Бу куч ҳаракатланиш томони билан ўтмас бурчак ҳосил қилиб йўналади ва ҳаракатни секинлаштириб, манфий иш бажаради (20-шакл, б). Бу куч технологик қаршилик кучи деб ҳам аталади. Масалан, металлни кесиш, суюқлик аралашмасини қориштириш, донни янчиш учун сарфланган куч фойдали қаршилик кучи бўлади.

3. Зарарли қаршилик кучлари. Бу кучлар, асосан, ишқаланиш кучи ва муҳит (ҳаво, суюқлик) нинг қаршилик кучлари бўлиб, улар звеноларнинг бир-бирига нисбатан силжиши натижасида ҳосил бўлади. Ишқаланиш кучи кинематикавий жуфтларда ҳосил бўлиб, у бир звенонинг иккинчи звенога нисбатан нисбий тезлигига қарама-қарши йўналади. Ишқаланиш кучининг иши манфий бўлиб кучнинг йўналиши нуқта тезлигига нисбатан ўтмас бурчак ҳосил қилади.

4. Оғирлик кучи. У доимий қийматга тенг бўлиб, доимо пастга (Ернинг оғирлик марказига) томон йўналади. Бу кучнинг бажарган иши, юкнинг йўналишига қараб, манфий ёки мусбат бўлиши мумкин.

5. Инерция кучи. Ҳаракатдаги моддий нуқта тезланишига қарама-қарши йўналган куч бўлиб, у моддий нуқта масаси билан тезланишнинг кўпайтмаси билан ўлчанади.

6. Реакция кучлари. Бу кучлар кинематикавий жуфтларда ҳосил бўлади ва бир звенонинг иккинчи звенога босиш кучини кўрсатади.

Машинанинг қайси тур технологик процессни бажаришига қараб, ҳаракатлантирувчи куч ва фойдали қаршилик кучлари турли параметрларнинг (силжиш, тезлик ҳамда вақт) функцияларига боғлиқ бўлади. Ҳар бир двигатель ва иш бажарувчи машинанинг механикавий характеристикаси бўлади. Машина етакчи валининг шу вал бурчагий тезлигига боғлиқлигини кўрсатувчи нисбат *механикавий характеристика* дейилади.

Механизмларни кинетостатикавий ҳисоблашда фойдали қаршилик ва оғирлик кучлари берилади. Қолган кучлар аниқланади. Реакция ва ҳаракатлантирувчи кучларни аниқлаш механизмларни *кинетостатикавий текшириш* дейилади.

Куйида номаълум кучларни аниқлаш тартиби билан танишиб чиқилади.

2. МЕХАНИЗМ ЗВЕНОЛАРИДАГИ ИНЕРЦИЯ КУЧЛАРИНИ АНИҚЛАШ

Динамика масалаларини ечишда мувозанат тенгласини татбиқ этиш зарур бўлганда инерция кучи ҳисобга олинishi керак. Звенодаги айрим моддий нуқталарнинг инерция кучлари ҳажмий кучлар системасини ҳосил қилади. Элементар инерция кучлари системасини соддалаштириш учун улар нуқтавий массаларнинг барча элементар инерция кучларига мос келадиган тенг таъсир этувчи куч ва моментга алмаштирилади. Инерция кучини ҳисобга олиб, звеноларга таъсир этувчи ва кинематикавий жуфтлардаги реакция кучларини ҳисоблаш механизмлар кинетостатикасининг асосий масаласидир.

Ҳозирги тезюар машиналарда механизм звеноларидаги инерция кучларини ҳисобга олиш зарур, чунки бу кучларнинг қиймати айрим ҳолларда звеноларнинг оғирлик кучларидан бир неча минг марта катта бўлади.

Кинематикавий жуфтларнинг реакция кучларини аниқлашда кривошипнинг айланиш частотаси ўзгармас $\omega_1 = \text{const}$ қилиб олинади. Ишқаланиш кучи ҳисобга олинмайди.

Бундай ҳисоблаш тақрибий ҳисоблаш дейилади. Звено ва унинг элементига таъсир этувчи кучлар йиғиндисини билиш звенонинг кўндаланг кесими мустаҳкамлигини ҳисоблаш учун керак бўлибгина қолмасдан, балки кинематикавий жуфтларнинг мустаҳкамлиги, ейилишга чидамлилиги ва мойни сиқиб чиқармаслигини текшириш учун ҳам керак бўлади. Кўп ҳолларда ясси механизмларнинг звенолари симметрия текислигига эга, симметрия текислиги эса ҳаракатланиш текислигига параллел бўлади. Бу эса ҳар бир звенонинг инерция кучини унинг симметрия текислигида жойлашган кучлар системаси деб қарашга имкон беради.

Назарий механикадан маълумки, бундай кучлар системасини умумий ҳолда бир кучга—инерция кучининг бош вектори

$$\vec{P}_u = -m\vec{a}_s \quad (52)$$

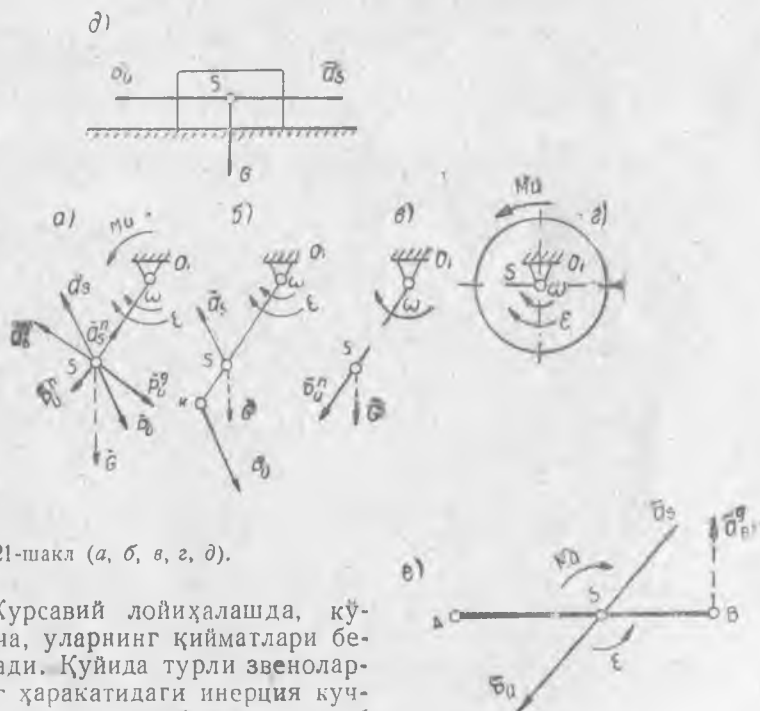
га, яъни звено массасининг марказига қўйилган ва

$$M_u = -I_s \cdot \varepsilon \quad (53)$$

инерция кучининг бош моментиға тенг бўлган жуфт кучға келтириш мумкин. Бу ердаги манфий ишора инерция кучининг вектори звено массасининг марказига қўйилган бўлиб, оғирлик марказининг тезланиши a_s га қарама-қарши йўналганлигини ва момент M_u бурчагий тезланиш ε га тескари йўналганлигини билдиради.

Механизм звеноларининг ҳаракатида ҳосил бўлган инерция кучлари звенонинг тури ва улар ҳаракатининг характериға боғлиқ бўлади.

Звеноларнинг инерция моменти I_s турли (аналитикавий, графоаналитикавий ва тажрибавий) усуллар билан аниқланади.



21-шакл (а, б, в, г, д).

21-шакл (е).

Курсавий лойиҳалашда, кўпинча, уларнинг қийматлари берилади. Қуйида турли звеноларнинг ҳаракатидаги инерция кучларини аниқлаш билан танишиб чиқамиз.

I. Звено қўзғалмас ўқ (стойка) атрофида айланма ҳаракат қилади.

1. Звенолар (коромисло, кулиса) потекис айланма ҳаракат қилади (21-шакл, а). Звено S массасининг оғирлик маркази O_1 айланиш ўқида ётмаса бу звеноларда $P_u = -ma_s$ инерция кучи ва унинг $M_u = -I_s \cdot \varepsilon$ моменти ҳосил бўлади.

Инерция кучи P_u ни звено массасининг S марказига қўямиз. У a_s тезланишга параллел ва унга қарама-қарши томонга йўналади. Инерция жуфт кучининг моменти M_u бурчагиди тезланиш ε га тескари йўналади.

Ҳисоблашни қулайлаштириш учун система кучлари P_u билан M_u битта умумий инерция кучи $P_u = -ma_s$ га алмаштирилади. Бу куч S нуқтадан зарб маркази K га ўз-ўзига параллел равишда кўчирилади (21-шакл, б). Бу зарб маркази K нинг вазияти

$$l_{OK} = l_{OS} + \frac{J_s}{ml_{OS}} \quad (54)$$

формуладан ҳисоблаб топилади.

Бу марказ звенодаги барча инерция кучларининг йиғиндиси қўйилган нуқтадир. Зарб маркази (нуқтаси) вазиятини билиш катта аҳамиятга эга. Масалан, майдалаш машиналарида инерция кучлари фойдали иш бажаради.

K нуқтани топиш учун h нинг қийматини

$$h = \frac{M_u}{P_u} \quad (55)$$

формуладан аниқлаб, P_u кучни h баландликка сурамиз. Сурилган чизикнинг звено билан кесишишган нуқтаси зарб маркази K ни беради. Ана шу нуқтага P_u куч кўчирилади (21-шакл, б). Шунда момент M_u нинг қиймати ҳисоблаб чиқарилмайди. У автоматик равишда ҳисобга олинган бўлади.

Звено массасининг S маркази O_1 айланиш ўқида ётса, унда инерция кучининг моменти M_u ҳосил бўлади (21-шакл, г). Унинг қиймати $M_u = -I_s \cdot \varepsilon$ бўлади. Инерция кучи P_u нолга тенг ($P_u = 0$) бўлади.

2 Звено қўзғалмас ўқ атрофида текис айланади ($\varepsilon = 0$) (21-шакл, в). Бу звено массасининг S маркази O_1 айланиш ўқида ётмаса, у ҳолда инерция кучи P_u ҳосил бўлади. Инерция кучининг қиймати $P_u = -ma_s$ бўлиб, у масса маркази S дан l_{O_1S} радиус бўйлаб ташқарига йўналади. $\varepsilon = 0$ бўлгани учун $M_u = 0$ бўлади.

Агар звено массасининг S маркази O_1 айланиш ўқида ётса, $P_u = 0$ ва $M_u = 0$ бўлади, чунки бу ҳолда, $a_s = 0$ ва $\varepsilon = 0$.

II. Звено тўғри чизик бўйлаб илгарилама-қайтар ҳаракат қилади (21-шакл, д). Звенодаги барча нуқ-

таларнинг тезланишлари ўзаро тенг бўлгани учун унинг инерция кучи звенонинг исталган нуқтасининг инерция кучига тенг бўлади:

$$\vec{P}_u = -m\vec{a}_S = -m\vec{a}_A = -m\vec{a}_B = \dots$$

Бу куч звено S массасининг S марказига қўйилган ва a_S тезланишга параллел ва қарама-қарши томонга йўналади.

Звенонинг бурчагий тезланиши $\epsilon = 0$ бўлгани учун инерция кучининг моменти $M_u = 0$ бўлади.

III. Звено мураккаб текис ҳаракат қилади, бунга шатун мисол бўла олади (21-шакл, e). Мураккаб ҳаракат қилувчи звенога таъсир этувчи барча элементар инерция кучлари битта масса маркази S га қўйилган P_u инерция кучига ва инерция жуфт кучининг моменти M_u га тенгланади. Шатуннинг ҳаракати икки ҳаракатдан:

1) звено массасининг S марказининг кўчирма-илгарилама ҳаракатидан ва

2) звено массасининг маркази атрофида нисбий айланма ҳаракатидан иборат.

Биринчи ҳаракатда умумий инерция кучи ҳосил бўлади:

$$P_u = -ma_S, \quad (56)$$

иккинчи ҳаракатда жуфт куч ҳосил бўлиб, унинг моменти қуйидагича топилади:

$$M_u = -I_S \cdot \epsilon, \quad (57)$$

бу ерда a_S — масса S марказининг чизигий тезланиши (тезланишлари планини тузиш йўли билан аниқланади);

ϵ — шатуннинг нисбий ҳаракатидаги бурчагий тезла-

ниши (унинг қиймати $\epsilon = \frac{a_{BA}}{l_{AB}}$ бўлиб, тезланишлар планидан аниқланади);

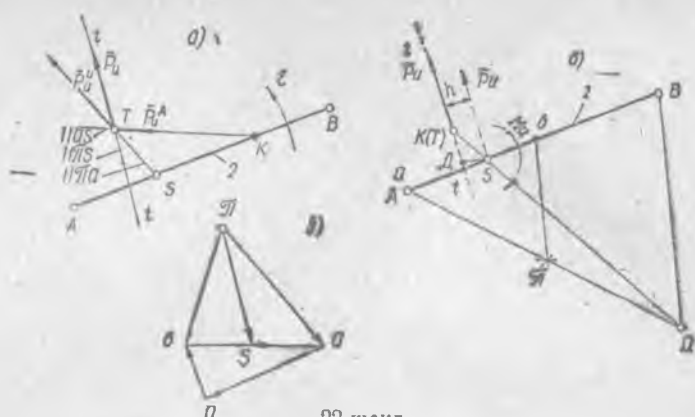
m — звенонинг массаси, кг;

I_S — звено массасининг S марказига нисбатан инерция моменти, кгм^2 .

Кўпинча, ҳисоблашни осонлаштириш учун P_u куч билан M_u момент битта P_u куч билан алмаштирилади. Бу ҳолда P_u кучнинг звенодаги қўйилиш нуқтаси ўзгартирилади. Кучнинг қўйилиш нуқталари бир неча усул билан аниқланиши мумкин.

1. Графикавий усул. а) AB шатун берилган бўлсин (22-шакл, a). Унинг тезланишлар планини тузамиз (22-шакл, б). Шатуннинг ҳаракатини мураккаб деб, уни икки ҳаракатга: π қутб атрофида бўладиган нисбий айланма ҳаракатга ва қутб билан бирга бўладиган кўчирма-илгарилама ҳаракатга ажратамиз. У ҳолда, звенонинг умумий инерция кучи P_u икки инерция кучининг геометрик йиғиндисидан иборат бўлади:

$$P_u = P_u^a + P_u^b,$$



22-шакл.

бу ерда P_u^u — кўчирма-илгарилама ҳаракатнинг инерция кучи (унинг қиймати $P_u^u = -ma_A$ бўлиб, массанинг S марказига қўйилади);

P_u^A — нисбий айланма ҳаракатнинг инерция кучи (унинг қиймати $P_u^A = -ma_{SA}$ бўлиб, зарб маркази K га қўйилади). Зарб марказининг звенодаги жойи қуйидагича топилади:

$$l_{SK} = \frac{I_S}{ml_{AS}} \quad (58)$$

AB звено массасининг S марказидан тезланишлар планидаги $\vec{a}_A$ ни тасвирловчи $\vec{pa}$ кесмага параллел ватескари йўналишда ST тўғри чизиқ ўтказамиз. Бу чизиқ инерция кучи $\vec{P}_u^u$ нинг ҳаракат чизиғи йўналиши бўлади. Звенонинг зарб нуқтаси K дан пландаги $\vec{a}_{SA}$ тезланишининг $\vec{as}$ кесмасига параллел ва қарама-қарши йўналишда KT тўғри чизиқ ўтказамиз. Бу чизиқ инерция кучи $\vec{P}_u^A$ ҳаракат чизиғининг йўналиши бўлади. Икки чизиқнинг кесишув нуқтасида T нуқтани оламиз. Бу T нуқтадан пландаги $\vec{a}_S$ тезланишнинг $\vec{ps}$ кесмасига параллел ва тескари йўналишда умумий инерция кучи $\vec{P}_u$ нинг йўналишини чизамиз. Бу tt чизиқ инерция кучи $\vec{P}_u = -ma_S$ ҳаракат чизиғининг йўналиши бўлади.

б) Агар айланиш қўғби сифатида AB шатун массасининг S маркази қабул қилинса (22-шакл, в), у ҳолда AB звенонинг ҳаракати икки ҳаракатга: масса маркази S нинг $\vec{v}_S$ тезлиги ва $\vec{a}_S$ тезланиши билан бўладиган илгарилама ҳаракат ва S

нуқта атрофида бўладиган айланма ҳаракатга ажратилади. AB звенонинг илгариларма ҳаракатдаги инерция кучи

$$P_u^u = -ma_s = P_u$$

бўлиб, массанинг S марказига қўйилади.

Звенонинг масса S маркази атрофидаги айланма ҳаракатдаги инерция кучи

$$P_u^A = 0$$

бўлади. Лекин унинг инерцион моменти қуйидагига тенг:

$$M_u = -I_s \cdot \epsilon.$$

Демак, AB звенонинг инерция кучлари системаси S нуқтага қўйилган $\bar{P}_u = \bar{P}_u^u$ кучга ва M_u моментга келтирилади. Бу кучлар системасини $\bar{P}_u = -ma_s$ кучга тенг бир кучга келтириш мумкин. Унинг ҳаракат чизиги S нуқтадан l_{SD} ораликда ўтади. Унинг қиймати қуйидагича топилади:

$$l_{SD} = \frac{M_u}{P_u} \quad (59)$$

22-шаклда $\bar{P}_u$ кучнинг йўналиши ва h оралиги штрих чизиқлар билан кўрсатилган.

2. Оний тезланишлар марказини қуриш усули. 22-шакл, b даги AB шатуннинг тезланишлар планини чизамиз. Схемда тезланишлар планидаги πab учбурчакликка ўхшаш $ПАВ$ учбурчаклик чизиб, тезланишлар оний маркази Π ни схемада аниқлаймиз. Бунинг учун пландаги $\overline{ab}$ кесманинг a нуқтасини схемадаги A нуқтага кўчириб, AB звенода $\overline{av}$ кесмани белгилаймиз. Схемда белгиланган $\overline{av}$ томонга планининг πav учбурчаклигини чизамиз. Сўнгра звенонинг B нуқтасидан $\pi \pi$ чизиқнинг давомида кесишувчи πv томонга параллел қилиб $ВП$ чизиқни ўтказамиз. Бу чизиқнинг кесишув нуқтаси звенонинг оний тезланиш маркази Π ни беради.

Π нуқтани звенонинг S нуқтаси билан бирлаштириб, унинг давомида T нуқтани аниқлаймиз. Бу нуқта оний тезланиш марказидан

$$l_{\Pi T} = l_{\Pi S} + \frac{J_s}{m l_{\Pi S}} \quad (60)$$

масофада ётади. Сўнгра T нуқтадан тезланишлар планидаги $\pi \pi$ кесмага параллел ва тескари йўналишда қилиб инерция кучи $\bar{P}_u = -ma_s$ нинг йўналишини чизамиз (22-шакл, e).

3. МЕХАНИЗМЛАРНИ КИНЕТОСТАТИКАВИЙ ҲИСОБЛАШ

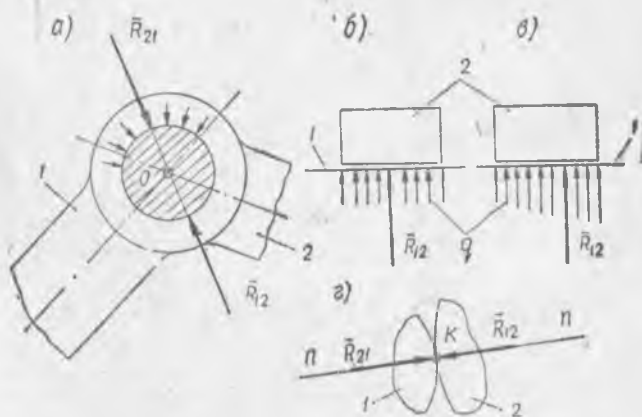
Бирор кинематикавий занжирни кинетостатикавий ҳисоблаш учун у статикавий аниқ масала бўлиши, яъни бу занжир учун тузилган тенгламалар сони ундаги номаълумлар сонига тенг бўлиши керак. Звенога таъсир этувчи кучнинг қиймати, қўйилиш нуқтаси ва йўналиши маълум бўлиши лозим. Кинематикавий жуфтларнинг турига қараб, юқорида айтилганлардан айримлари маълум бўлади. Қолган номаълумларни топish зарурати туғилади.

Реакция кучи (ўзаро таъсир кучи) икки жисм (звено) бир-бирига таъсир этганда ҳосил бўлиб, у (ишқаланишни ҳисобламаганда) уриниш нуқтасидан ўтган нормал чизиқ бўйича йўналади. Ҳар қайси кинематикавий жуфтни алоҳида куриб чиқамиз.

1. Айланма кинематикавий жуфт (23-шакл, а) звено 1 звено 2 га (ёки аксинча) таъсир қилганда элементда ҳосил бўлган таъсир кучлари шарнир марказидан ўтади. Демак, шарнирнинг реакция кучи қўйилган нуқта маълум, у доимо шарнир марказидан ўтади. Кучнинг қиймати ва йўналиши номаълум. Уларни аниқлаш талаб қилинади.

2. Илгарилама кинематикавий жуфт (23-шакл, б). Бу кинематикавий жуфтда ҳосил бўлган реакция кучининг йўналиши маълум бўлиб, у звенонинг ҳаракат чизиғига тик йўналган. Кучнинг қиймати ва қўйилиш нуқтаси номаълум. Илгарилама кинематикавий жуфтларда реакция кучи қўйилган нуқтанинг қаерда бўлиши катта аҳамиятга эга. Агар реакция кучи ползун ўртасидан ўтса (23-шакл, в), ундаги босим кучлари q симметрик жойлашади.

Агар R бир томонга сурилган бўлса (23-шакл, г), ундаги босим кучлари q нинг эпюраси носимметрик бўлиб, ползун



23-шакл.

йуналтиргичида ҳаракатланаётганда унинг тиқилиб қолишига сабаб бўлиши мумкин.

3. Олий кинематикавий жуфтлар (23-шакл, 2). Бу кинематикавий жуфтда ҳосил бўлган реакция кучининг қўйилиш (таъсир этиш) нуқтаси ва йўналиши маълум. Куч икки звенонинг уриниш нуқтасидан утказилган nn нормал бўйича йўналади. Кучнинг қиймати аниқланса, бас.

Энди механизм кинематикавий жуфтларидаги реакция кучларини топишга ўтамиз.

Механизмни кинетостатикавий ҳисоблаш уни кинематикавий ҳисоблашнинг тескари тартибида бажарилади. Бунинг учун:

1. Механизмга таъсир этувчи барча ташқи кучлар аниқланади.

2. Етакчи звено танлаб олинади. Звенонинг ташқи система билан қандай боғланиши, яъни звено қайси манбадан қувват олиб ҳаракатланиши аниқланади.

3. Берилган ўлчамлар асосида механизмнинг кинематикавий схемаси чизилади.

4. Механизмнинг структураси текширилиб, унинг кинематикавий занжири Ассур группаларига ажратилади.

5. Механизмнинг берилган вазияти учун тезликлар ва тезланишлар плани тузилади.

6. Барча звеноларнинг инерция кучлари ҳисоблаб топилади, улар механизмга қўйилади.

7. Механизмнинг кинематикавий занжиридаги жуфтларнинг реакция кучлари куч плани ёрдамида аниқланади. Бу ҳисоб етакчи звенодан энг узоқда бўлган группанинг кучларини ҳисоблашдан бошланади.

8. Етакчи звено кинетостатикавий ҳисобланади.

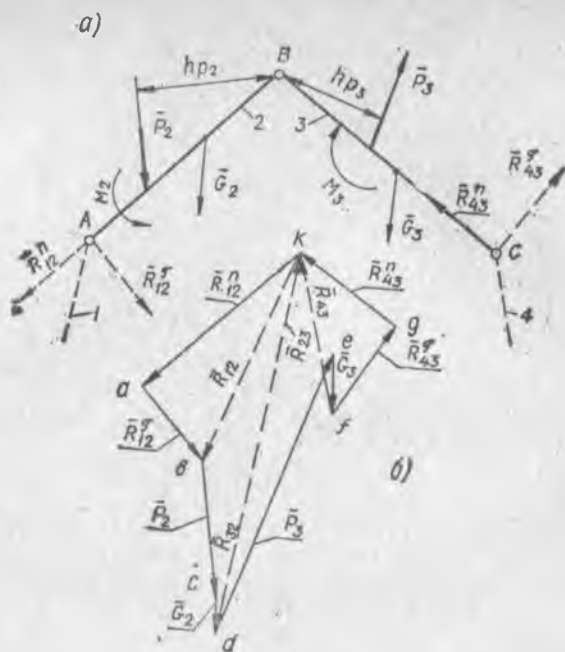
9. Етакчи звенонинг мувозанатловчи кучи (ёки моменти) Жуковский усули билан аниқланади. Икки усулда ҳисобланган P_m кучнинг қийматлари таққосланади. Улар сон қийматларининг фарқи 5% дан ошмаслиги керак.

Техникада асосан II класс механизмлари кўп учрайди. Шунинг учун II класс механизмни ташкил қилувчи II класс Ассур группаларининг ҳар хил турларини кинетостатикавий ҳисоблаш усулларини қўриб чиқамиз.

Агар бу ҳисоблаш усули яхши ўзлаштирилса, у ҳолда, бундай группанинг қайси тури механизмнинг қаерига ўрнатилишидан қатъи назар, уни осон ҳисоблаш мумкин.

4. ИККИНЧИ КЛАСС, АССУР ГРУППАЛАРИНИ КИНЕТОСТАТИКАВИЙ ҲИСОБЛАШ

1. II класс 2-тартибли 1-тур Ассур группасининг кинематикавий жуфтларидаги реакция кучларини аниқлаш. Ассур группасини кинетостатикавий ҳисоблашда уни механизмдан ажратиш керак. Группанинг 2



24-шакл.

ва 3 звеноларига $\bar{P}_2$ ва $\bar{P}_3$ кучлар (инерция кучи билан бир-галикда), G_2 ва G_3 оғирлик кучлари ҳамда M_2 ва M_3 моментлар таъсир қилмоқда дейлик. Пунктир чизиқлар гурпуага уланган 1 ва 4 звеноларни кўрсатади (24-шакл, а). Группанинг 1—2, 2—3, 3—4 звенолар бирлаштирилган кинематик жуфтлардаги реакция кучлари аниқлансин.

Ассур группасини 1 ва 4 звенолардан ажратиб, А ва С нуқталарга ихтиёрий йўналишда $\bar{R}_{12}$ ва $\bar{R}_{43}$ реакция кучларини қўямиз. Кинематикавий жуфтларнинг реакция кучларини икки рақамдан иборат индексли R ҳарфи билан белгилаймиз. Масалан, $\bar{R}_{12}$ белги звено 1 нинг звено 2 га кўрсатган реакция кучини билдиради. Маълумки, звено 1 звено 2 га қанча куч билан таъсир этса, звено 2 ҳам звено 1 га шунча куч билан, аммо тескари йўналишда таъсир қилади:

$$\bar{R}_{12} = -\bar{R}_{21}$$

Кинематикавий жуфтларнинг реакция кучлари қуйидаги тартибда аниқланади:

1) А ва С шарнирларидаги $\bar{R}_{12}$ ва $\bar{R}_{43}$ реакция кучларини ташқил этувчиларга ажрагамиз:

$$\bar{R}_{12} = \bar{R}_{12}^n + \bar{R}_{12}^i; \quad (61)$$

$$\bar{R}_{43} = \bar{R}_{43}^n + \bar{R}_{43}^i. \quad (62)$$

бу тенгламада $\bar{R}_{12}^n$ ва $\bar{R}_{43}^n$ — нормал реакция кучлари бўлиб, улар звено ўқлари бўйлаб йўналган; $\bar{R}_{12}^i$ ва $\bar{R}_{43}^i$ — уринма кучлар, улар звеноларга тик йўналган.

2) Уринма ташкил этувчи кучларнинг қийматини аниқлаймиз. Бунинг учун ҳар бир звенони мувозанатда деб, В нуқтага нисбаган моментлар тенгламасини тузамиз.

Звено 2 учун:

$$-R_{12}^i \cdot l_{AB} - P_2 \cdot h_{P_2} - M_2 - G_2 \cdot h_{G_2} = 0; \quad (63)$$

бундан

$$R_{12}^i = - \frac{P_2 \cdot h_{P_2} + G_2 \cdot h_{G_2} + M_2}{l_{AB}}$$

звено 3 учун:

$$-R_{43}^i \cdot l_{BC} - P_3 \cdot h_{P_3} + G_3 \cdot h_{G_3} + M_3 = 0; \quad (64)$$

бундан

$$R_{43}^i = - \frac{G_3 h_{G_3} + M_3 - P_3 h_{P_3}}{l_{BC}}$$

Тенгламалардаги h_{P_2} , h_{P_3} , h_{G_2} , h_{G_3} елкаларнинг қийматлари чизмадан ўлчанади. Агар ҳисоблаш натижасида уринма реакция кучларининг ишораси манфий чиқса, унинг йўналишини ўзгартириш керак.

3) Группанинг мувозанат шартини бажариш учун группага таъсир этувчи барча кучларнинг йиғиндисини нолга тенг бўлиши керак:

$$\bar{R}_{12}^n + \bar{R}_{12}^i + \bar{P}_2 + \bar{G}_2 + \bar{P}_3 + \bar{G}_3 + \bar{R}_{43}^i + \bar{R}_{43}^n = 0. \quad (65)$$

Юқоридаги тенгламада қиймати ва йўналиши маълум бўлган кучлар остига икки чизиқ, фақат йўналиши маълум бўлган кучлар остига бир чизиқ тортилган. Демак, $\bar{R}_{12}^n$ ва $\bar{R}_{43}^n$ кучларнинг фақат йўналиши маълум. Уларнинг қийматини аниқлаш учун кучлар планини чизамиз (24-шакл, б).

Бунинг учун кучларнинг ихтиёрий масштаби $\mu_P \left(\frac{H}{MM} \right)$ ни танлаб, ҳар бир куч кесмаси узунлигини (кучнинг қийматини μ_P масштабга бўлиб) аниқлаймиз. Ихтиёрий нуқтадан кучларнинг ҳар бирини ўзига параллел равишда кўчириб, $\bar{R}_{12}^i$, $\bar{P}_2$, $\bar{G}_2$, $\bar{P}_3$, $\bar{G}_3$, $\bar{R}_{43}^i$ кучларнинг кесмаларини кетма-кет қўшамиз.

$\bar{R}_{12}^i$ векторнинг бошланиш нуқтасидан звено 2 га параллел қилиб, $\bar{R}_{12}^n$ куч векторининг йўналишини, $\bar{R}_{43}^i$ векторнинг охиридан эса звено 3 га параллел қилиб, $\bar{R}_{43}^n$ куч векторининг йў-

налишиши ўтказамиз. Ўтказилган бу чизиқларнинг кесишув нуқтаси $\overline{R}_{12}^n$ ва $\overline{R}_{13}^n$ кучларнинг μ_p масштабдаги кесмасини беради. Векторларнинг йўналиши ёпиқ контур ҳосил қилиши керак.

Сўнгра $\overline{R}_{12}^n$ векторнинг бошланиш нуқтаси билан $\overline{R}_{12}$ векторнинг учини бирлаштириб, тўла реакция $\overline{R}_{12}$ нинг кесмасини оламиз. Унинг қиймати қуйидагича бўлади:

$$R_{12} = \overline{\kappa v} \cdot \mu_p \text{ н.}$$

$\overline{R}_{43}^n$ ва $\overline{R}_{43}^c$ векторларнинг кесмаларини қўшиб, тўла реакция кучи $\overline{R}_{43}$ ни оламиз. Унинг қиймати қуйидагича бўлади:

$$R_{43} = \overline{f\kappa} \cdot \mu_p \text{ н.}$$

4) 2 — 3 кинематик жуфтнинг реакция кучини аниқлаймиз. Бунинг учун группадан звено 3 ни фикран ажратиб ташлаймиз ва звено 2 нинг В нуқтасига звено 3 нинг звено 2 га таъсир этувчи реакция кучи $\overline{R}_{32}$ ни қўямиз. У ҳолда, звено 2 нинг мувозанат шартини бажарувчи барча кучларнинг йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак:

$$\overline{R}_{12} + \overline{P}_2 + \overline{G}_2 + \overline{R}_{32} = 0. \quad (66)$$

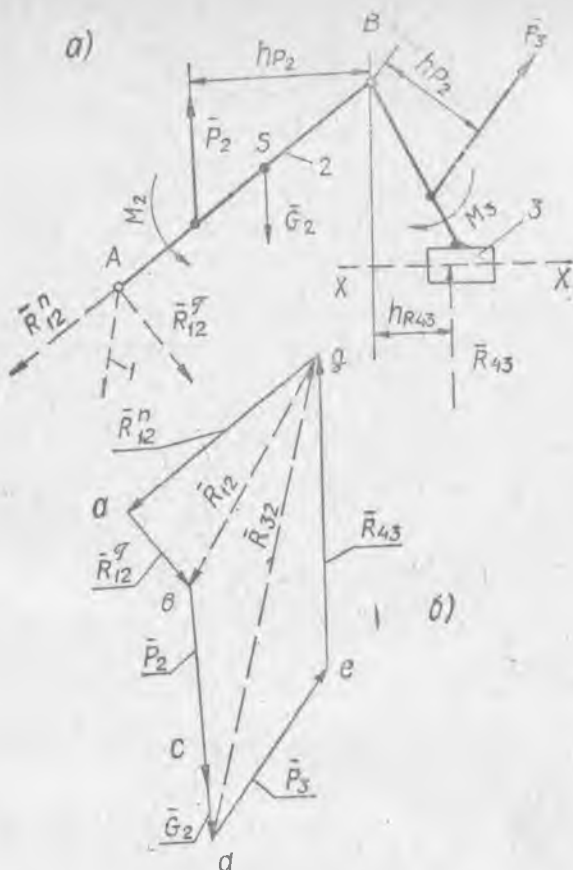
Бу тенглама асосида, кучлар планидаги $\overline{P}_2$ векторнинг учи билан $\overline{R}_{12}$ векторнинг бошланиш нуқтасини бирлаштириб, реакция кучи $\overline{R}_{32}$ ни тасвирловчи кесмани оламиз. Унинг қиймати қуйидагича бўлади:

$$R_{32} = \overline{\kappa d} \cdot \mu_p \text{ н.}$$

$\overline{R}_{32}$ векторнинг йўналишини кучлар йиғиндиси нолга тенглигини билдирувчи векторий тенгламадан фойдаланиб, ёпиқ контур чизиш йўли билан аниқлаймиз. Звено 2 нинг звено 3 га таъсир кучи бир-бирига тенг ва тескари томонга йўналган: $\overline{R}_{23} = -\overline{R}_{32}$. Шунинг учун $\overline{R}_{32}$ векторнинг йўналишини ўзгартириш кифоя.

2. II класс 2-тартибли 2-тур группанинг кинематикавий жуфтларидаги реакция кучларини аниқлаш. Группанинг 2 ва 3 звеноларига (инерция кучларини ҳам ўз ичига олган) $\overline{P}_2$, $\overline{G}_2$ ва $\overline{P}_3$ кучлар ҳамда M_2 ва M_3 моментлар таъсир қилади (25-шакл, а). Кинематикавий жуфтларнинг реакция кучлари қуйидаги тартибда аниқланади: 1) звено 2 нинг А шарнирига реакция кучи $\overline{R}_{12}$ ни, яъни $\overline{R}_{12}^n$ нормал ва $\overline{R}_{12}^t$ уринма ташкил этувчи кучларни қўямиз.

$\overline{R}_{12}^n$ куч векторининг йўналишини звено 2 га параллел қилиб ва $\overline{R}_{12}^t$ кучни звенога тик қилиб чизамиз.



25- шакл, (а, б)

Звено 3 нинг ХХ йўналишига тик қилиб, $\bar{R}_{43}$ реакция кучини қўямиз. Бу кучнинг таъсир этиш нуқтаси номаълум бўлгани учун унинг жойи ихтиёрий олинади.

2) Звено 2 нинг В нуқтасига нисбатан моментлар тенгламасини тузиб, уринма куч $\bar{R}_{12}^*$ нинг қийматини аниқлаймиз:

$$-R_{12}^* \cdot l_{AB} + P_2 h_{P_2} - G_2 \cdot h_{G_2} - M_2 = 0; \quad (67)$$

бундан

$$R_{12}^* = \frac{P_2 \cdot h_{P_2} - G_2 \cdot h_{G_2} - M_2}{l_{AB}}$$

бўлади. Тенгламадаги h_{P_2} , h_{G_2} елкалар чизмадан ўлчаб олинади.

3) Группага таъсир этувчи кучларнинг йиғиндиси нолга тенг бўлади:

$$\underline{\underline{\bar{R}_{12}}} + \underline{\underline{\bar{R}_{12}}} + \underline{\underline{\bar{P}_2}} + \underline{\underline{\bar{G}_2}} + \underline{\underline{\bar{P}_3}} + \underline{\underline{\bar{R}_{43}}} = 0. \quad (68)$$

Бу тенгламадаги номаълум $\bar{R}_{12}^n$ ва $\bar{R}_{43}$ кучларнинг қийматлари кучлар плани тузиш йўли билан аниқланади.

Бунинг учун кучларнинг ихтиёрий танлаб олинган масштаби μ_p бўйича кучлар кесмаларининг узунликларини аниқлаймиз. Ихтиёрий нуқтадан маълум бўлган $\bar{R}_{12}^i$, $\bar{P}_2$, $\bar{G}_2$, $\bar{P}_3$ кучларнинг кесмаларини кетма-кет қўшамиз (25-шакл, б). Сўнгра $\bar{R}_{12}^i$ векторнинг бошланиш нуқтасидан звено 2 га параллел чизиқ, $\bar{P}_3$ векторнинг учидан эса XX га тик чизиқ утказамиз. Бу чизиқларнинг кесишув нуқтаси $\bar{R}_{12}^n$ ва $\bar{R}_{43}$ векторларнинг танланган μ_p масштабдаги кесмаларини беради. Векторларнинг йўналишини тенглама асосида ёпиқ контур чизиш йўли билан аниқлаймиз. Сўнгра $\bar{R}_{12}^n$ ва $\bar{R}_{12}^i$ векторларнинг кесмаларини қўшиб, тула реакция кучи $\bar{R}_{12}$ нинг кесмасини оламиз. Унинг қиймати қуйидагича бўлади:

$$R_{12} = \overline{gB} \cdot \mu_p \text{ н.}$$

Реакция кучи $\bar{R}_{43}$ нинг қиймати

$$R_{43} = \overline{eg} \cdot \mu_p \text{ н}$$

бўлади.

4) В нуқтанинг реакция кучини аниқлаймиз. Бунинг учун звено 3 ни группадан фикран ажратиб ташлаб, звено 2 нинг В нуқтасига звено 3 нинг звено 2 га булган реакция кучи $\bar{R}_{32}$ ни қўямиз. Сўнгра звено 2 га таъсир этувчи кучларнинг йиғиндисини нолга тенглаймиз:

$$\underline{\underline{\bar{R}_{12}}} + \underline{\underline{\bar{P}_2}} + \underline{\underline{\bar{G}_2}} + \underline{\underline{\bar{R}_{32}}} = 0. \quad (69)$$

Бу тенглама асосида: кучлар планидаги $\bar{P}_2$ кучнинг учи билан $\bar{R}_{12}$ нинг бошланиш нуқтасини бирлаштириб, $\bar{R}_{32}$ вектор кесмасини оламиз. Унинг йўналиши векторий тенгламадан аниқланади, қиймати эса қуйидагича бўлади:

$$R_{32} = \overline{dg} \cdot \mu_p \text{ н.}$$

5) Реакция кучи $\bar{R}_{43}$ нинг қўйилиш нуқтасини аниқлаймиз. Бунинг учун $\bar{R}_{43}$ кучнинг таъсир чизиғи йўналиши билан В нуқтагача бўлган орилиқни аниқлаш кифоя. Звено 3 учун В нуқтага нисбатан моментлар тенгламасини тузамиз. Бунда $\bar{R}_{43}$ реакциянинг ҳақиқий йўналишини ҳисобга олиш керак. Уни кучлар планидан аниқлаймиз. У ҳолда,

$$-\bar{R}_{43} \cdot h_{R_{43}} - \bar{P}_3 \cdot h_{P_3} + M_3 = 0 \quad (70)$$

бўлади, бундан

$$h_{R_{43}} = \frac{-P_3 \cdot h_{P_3} + M_3}{R_{43}}$$

келиб чиқади.

3. II класс 2-тартибли 3-тур Ассур группасининг кинематикавий жуфтларидаги реакция кучларини аниқлаш. Бу группанинг ташқи иккита кинематикавий жуфти шарнирдан, ички кинематикавий жуфти эса илгарилама ҳаракатланувчи ползундан иборат (26-шакл, а).

Группадаги звено 2 га $\bar{P}_2$ куч билан M_2 момент, звено 3 га эса $\bar{P}_3$ куч билан M_3 момент таъсир этади. Шу кучлар ва моментлар таъсиридан кинематикавий жуфтларда ҳосил бўлган реакцияларнинг қийматлари ва йуналишларини, шунингдек, таъсир нуқталарини аниқлаш лозим. Масала қуйидаги тартибда ечилади:

1) А шарнирдаги реакция кучи $\bar{R}_{43}$ ни нормал $\bar{R}_{43}^n$ ва уринма $\bar{R}_{43}^r$ ташкил этувчи икки кучга ажратамиз:

$$\bar{R}_{43} = \bar{R}_{43}^n + \bar{R}_{43}^r. \quad (71)$$

Реакция кучи $\bar{R}_{43}^n$ ни А ва С шарнирларни туташтирувчи АС чизик бўйлаб, $\bar{R}_{43}^r$ кучни эса унга тик қилиб йўналтирамиз (26-шакл, а).

2) 2 ва 3 звеноларнинг С нуқтага нисбатан моментлари тенгласини тузиб, уринма реакция кучи $\bar{R}_{43}^r$ нинг қийматини аниқлаймиз:

$$R_{43}^r \cdot AC - P_3 \cdot h_{P_3} - P_2 \cdot h_{P_2} - M_3 + M_2 = 0; \quad (72)$$

бундан

$$R_{43}^r = \frac{P_2 \cdot h_{P_2} + P_3 \cdot h_{P_3} + M_3 - M_2}{AC}$$

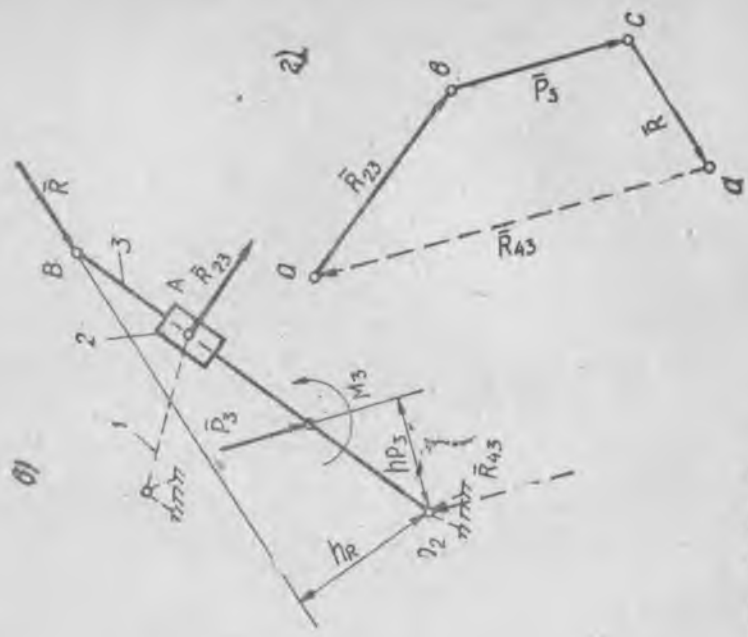
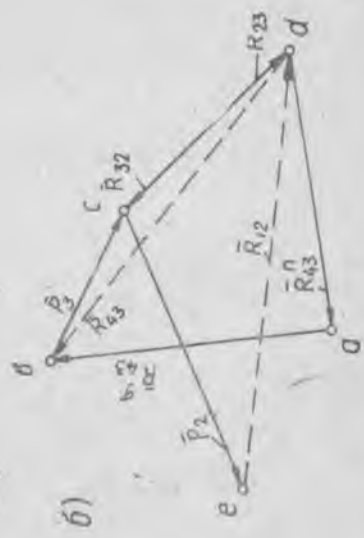
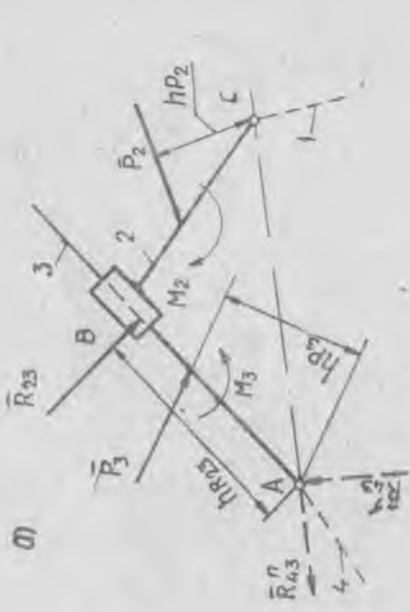
бўлади.

3) Звено 3 га таъсир этувчи кучларнинг векторий тенгламасини тузамиз:

$$\bar{R}_{43}^n + \bar{R}_{43}^r + \bar{P}_3 + \bar{R}_{23} = 0. \quad (73)$$

Бу тенгламада $\bar{R}_{43}^n$ ва $\bar{R}_{23}$ реакция кучлари номаълум, уларни кучлар панини тузиш йули билан аниқлаймиз.

Бунинг учун кучлар масштаби $\mu_p \left(\frac{n}{мм} \right)$ ни танлаб, маълум $\bar{R}_{43}^r$, $\bar{P}_3$ кучлар кесмаларининг узунликларини ҳисоблаймиз:



25-шака. (а, б, в, г, з)

$$R_{43}^z = \overline{ab} = \frac{R_{43}^z}{\mu_P} \text{ мм},$$

$$P_3 = \overline{bc} = \frac{P_3}{\mu_P} \text{ мм}.$$

Кучлар планини тузамиз. Ихтиёрий a нуқтадан $\overline{R}_{43}^z$ кучнинг йўналишига параллел қилиб, $\overline{ab}$ кесмани чизамиз. Унинг b нуқтасидан $\overline{P}_3$ кучнинг йўналиши бўйича $\overline{bc}$ кесмани қўямиз. Сўнг-ра a нуқтадан $\overline{R}_{23}^n$ кучнинг йўналиши бўйича, c нуқтадан эса реакция кучи $\overline{R}_{23}$ нинг йўналишига параллел чизиқ ўтказамиз. Икки чизиқнинг кесишувидан d нуқта ҳосил бўлади. Пандаги cd кесма реакция кучи $\overline{R}_{23}$ нинг вектор кесмасини беради. Унинг қиймати қуйидагича бўлади:

$$R_{23} = \overline{cd} \cdot \mu_P \text{ н},$$

$\overline{da}$ кесма нормал реакция кучи $\overline{R}_{43}^n$ ни беради. Звено 3 нинг шарнирдаги реакция кучи $\overline{R}_{43}$ ни d ва b нуқталарни бирлаштириб, ҳосил бўлган $\overline{db}$ кесмани кучлар масштаби μ_P га кўпайтириш йўли билан аниқлаймиз:

$$R_{43} = \overline{db} \cdot \mu_P \text{ н}.$$

4) Звено 3 даги реакция кучи $\overline{R}_{23}$ нинг қўйилиш нуқтасини аниқлаш учун A нуқтага нисбатан моментлар тенгламасини тузамиз:

$$\overline{P}_3 \cdot h_{P_3} - M_3 + \overline{R}_{23} \cdot h_{R_{23}} = 0; \quad (74)$$

бундан

$$h_{R_{23}} = \frac{M_3 - P_3 \cdot h_{P_3}}{R_{23}}$$

бўлади.

5) Звено 2 га таъсир этувчи кучларнинг мувозанат тенгламасини тузамиз:

$$\underline{\overline{P}_2} + \underline{\overline{R}_{32}} + \underline{\overline{R}_{12}} = 0. \quad (75)$$

Бундаги $\overline{P}_2$ ва $\overline{R}_{32}$ кучлар маълум, реакция $\overline{R}_{12}$ ни кучлар планини тузиш йўли билан аниқлаймиз (26-шакл, б). Бунинг учун звено 3 нинг звено 2 га таъсир кучи $\overline{R}_{32} = -\overline{R}_{23}$ бўлиб, унинг йўналиши $\overline{R}_{23}$ кучга параллел, аммо у қарама-қарши томонга йўналган. Шунинг учун пландаги $\overline{R}_{23}$ кучнинг йўналишини d нуқтадан c нуқтага ўзгартириб, унга $\overline{P}_2$ кучнинг йўналиши бўйича

$$\overline{ce} = \frac{P_2}{\mu_P} \text{ мм}$$

кесмани қўшамиз. Сўнгра e нуқтани d нуқта билан бирлаштириб, тула реакция $\bar{R}_{12}$ нинг $\overline{ed}$ кесмасини оламиз. Унинг қиймати қуйидагича бўлади:

$$R_{12} = \overline{ed} \cdot \mu_p \text{ н.}$$

Бу тур группанинг хусусий кўринишдаги схемаси 26-шакл, $\bar{e}$ да кўрсатилган. Бундай группани етакчи звено ва стойкага улаш натижасида станоксозлик, полиграфия ва машинасозликнинг бошқа соҳаларида кўп ишлатиладиган кулисали механизмлар ҳосил бўлади.

Кулисали механизмда ползуннинг реакция кучи $\bar{R}_{23}$ A нуқтадан ўтиб, кулисага тик йўналади. Купинча, P_2 кичик бўлгани учун, ҳисоблашда у назарга олинмайди.

Шунингдек, $\bar{R}_A^h$ ва $\bar{R}_A^v = -\bar{R}_{21}$ тенг бўлади. $\bar{R}_A^h = \bar{R}_2$ кучининг қиймати группанинг O_2 нуқтага нисбатан моменти тенгламасини тузиш йўли билан аниқланади. Сўнгра кулисанинг кучлар кўпбурчаклиги чизилиб, реакция кучи $\bar{R}_O$ топилади (26-шакл, z).

Реакция кучи $\bar{R}_{23}$ ёки $\bar{R}_{32}$ нинг қўйилиш нуқтаси группанинг бир звеноси учун моментлар тенгламасини тузиш йўли билан аниқланади:

$$-R \cdot h_R + P_3 \cdot h_{P_3} - M_3 + R_{23} \cdot h_{P_{23}} = 0; \quad (76)$$

бундан

$$O_2A = h_{P_{23}} = \frac{R \cdot h_R - P_3 \cdot h_{P_3} + M_3}{R_{23}}$$

бўлади.

5. РИЧАГЛИ МЕХАНИЗМНИНГ ЕТАКЧИ ЗВЕНОСИНИ КИНЕТОСТАТИКАВИЙ ҲИСОБЛАШ

Кўп машиналарда етакчи звено (кривошип, кулачок, тишли гилдираклар ва бошқалар) айланма ҳаракат қилади. 27-шакл, a да кўрсатилган O_1A етакчи звенога $\bar{R}_{21} = -\bar{R}_{12}$ реакция кучи, A нуқтада O_1A кривошипга тик йўналган $\bar{P}_M$ мувозанатловчи куч қўйилган. Мувозанатловчи $\bar{P}_M$ кучнинг қийматини аниқлаш учун кривошипнинг O_1 нуқтасига нисбатан моментлар тенгламасини тузамиз:

$$P_M \cdot l_{O_1A} - R_{21} \cdot h_{R_{21}} = 0; \quad (77)$$

бундан

$$P_M = \frac{R_{21} \cdot h_{R_{21}}}{l_{O_1A}}$$

бўлади. Кривошипнинг O_1 шарниридаги реакция кучи $\bar{R}_O$ ни

кучлар планини тузиш йўли билан аниқлаймиз. Етакчи звено қўйидаги кучлар таъсирида муво- занатда бўлади:

$$\underline{\bar{R}_{21}} + \underline{\bar{P}_M} + \underline{\bar{R}_{O_1}} = 0. \quad (78)$$

Бу тенглама асосида $\bar{R}_{21}$, $\bar{P}_M$ кучларнинг ab ва bc кесмалари йуналишларини μ_P масштаб бўйича чи- замиз (27-шакл, б). План- даги ca (штрихланган) чизиқ кривошип O_1 шар- нирининг реакция кучи R_{O_1} кесмаси бўлади. Унинг қиймати қўйидаги- ча аниқланади:

$$R_{O_1} = ca \cdot \mu_P \text{ н.}$$

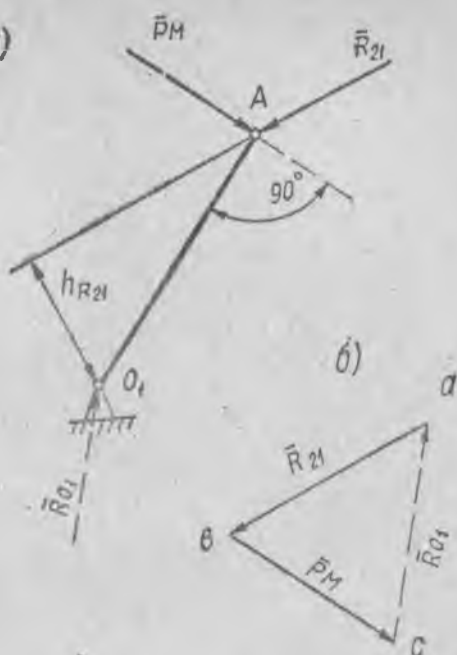
Н. Е. Жуковский усу- ли. Қўзғалмас нуқтаси қугбда жойлашган ва абсолют қаттиқ жисм деб қабул қилинган бурилма тезликлар плани Жуков- скийнинг ёрдамчи (бикр) ричаги дейилади.

Бу усул иложи бўлган силжиш (кучиш) принципига асосла- нади, яъни идеал боғланган механизмга берилган кучлардан ташқари, инерция кучлари ҳам қўйилганда бу кўчларнинг ба- жарган элементар ишларининг йиғиндиси нолга тенг бўлади:

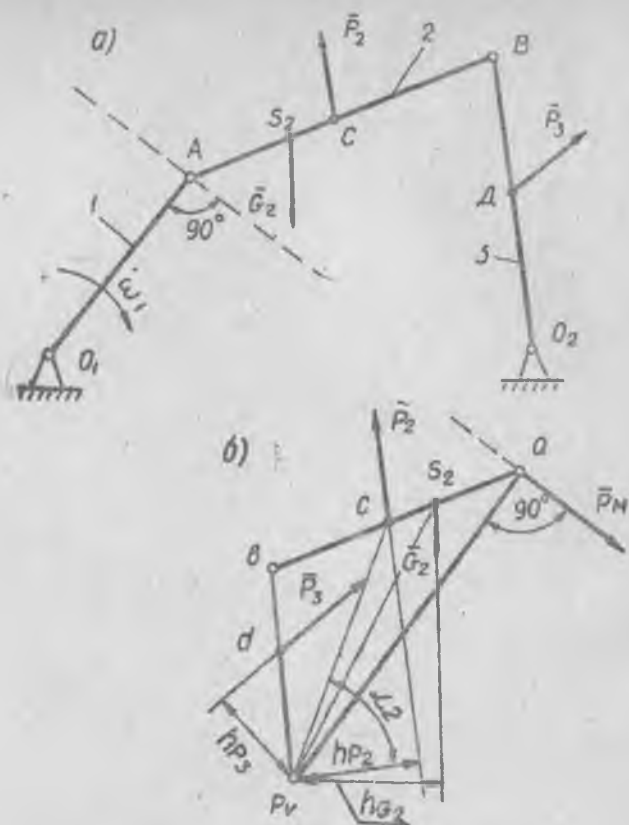
$$\sum_{i=1}^{n-1} P_i a \bar{S}_i \cos \alpha_i + P_M d \bar{S}_M \cos \alpha_M = 0 \quad (79)$$

Бу усул оддий ва универсал бўлиб, унинг ёрдамида: а) кине- матикавий жуфтларнинг кучларини аниқламай, тўғридан-тўғри механизмнинг мувозанатловчи кучини (моментини) аниқлаш; б) берилган кучлар таъсирида механизм ҳаракатини тадқиқ этишда келтирилган куч ва моментни аниқлаш мумкин.

Масалани 28-шакл, а да кўрсатилган механизм мисолида кўриб чиқамиз. Механизмнинг S_2 , C , D нуқталарига $\bar{G}_2$, $\bar{P}_2$ ва $\bar{P}_3$ кучлар таъсир қилади. Кривошипнинг O_1 валидаги муво- занатловчи момент M_M топилсин.



27-шакл. (а, б)



28-шакл. (а, б)

Бунинг учун кривошипнинг айланиш йўналишига тескари томонга 90° бурилган бурилма тезлик панини тузамиз (28-шакл, б). Механизм звеноларининг S_2 , C , D нуқталаридаги кучларни ўз йўналишларига параллел қилиб, тезликлар панидаги s_2 , c , d нуқталарга кўчирамиз. Агар механизмнинг бирор звеносида бирор момент таъсир этса, у жуфт кучларга ажратилиб, тезликлар панининг мос нуқталарига кўчирилади. Жуковский теоремаси билан танишамиз. Бу теорема қуйидагича таърифланади: Агар эркинлик даражаси бирга тенг бўлган механизмнинг S_2 , C , D , A нуқталарига қўйилган $\vec{G}_2$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, $\vec{P}_M$ кучлар таъсирида механизм мувозанатда бўлса, 90° га бурилиб тузилган қутб нуқтаси P_o атрофида айланувчи қаттиқ рычакка таъсир этувчи s_2 , c , d , a нуқталардаги $\vec{G}_2$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, $\vec{P}_M$ кучлар таъсирида тезликлар пани ҳам мувозанатда бўлади.

Теоремани исбот қилиш учун $\overline{P_2}$ кучни аҳоҳида олиб, унинг бажарган элементар ишини топамиз:

$$dA(P_2) = P_2 dS_2 \cos \alpha_2$$

унинг тезликлар планидаги қутб нуқтаси P_v га нисбатан олинган моменти қуйидагича бўлади:

$$M_P(P_2) = P_2 \cdot h_{P_2};$$

бу ерда h_{P_2} — P_2 кучнинг елкаси; у қуйидагича топилади:

$$h_{P_2} = \overline{pc} \cdot \cos \alpha_2 = \frac{v_C}{\mu_v} \cos \alpha_2 = \frac{dS_C \cos \alpha_2}{dt \cdot \mu_v}.$$

Демак, P_2 кучнинг моменти:

$$M_P(P_2) = \frac{P_2 dS_C \cdot \cos \alpha_2}{\mu_v dt} = \frac{dA(P_2)}{\mu_v dt},$$

унинг элементар иши:

$$A(P_2) = M_P(P_2) \mu_v dt.$$

Исталган бошқа кучлар бажарган элементар ишларни ҳам худди шунга ўхшаш ёзиш мумкин. Шунинг учун (79) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзамиз:

$$\sum_1^{n-1} M_P(P_l) \mu_v dt + M_P(P_M) \mu_v dt = 0 \quad (80)$$

Қавс ташқарисига $\mu_v dt$ ни чиқариб, қуйидаги ифодани оламиз:

$$\mu_v dt \left[\sum_1^{n-1} M_P(P_l) + M_P(P_M) \right] = 0,$$

$\mu_v dt \neq 0$ бўлгани учун

$$M_P(P_M) + \sum_1^{n-1} M_P(P_l) = 0$$

ёки

$$\sum P_l h_l = 0 \quad (81)$$

бўлади.

Бу ифода Н. Е. Жуковский аниқлаган ва мумкин булган силжиш принципнинг ўзгартирилган кўринишидир. (81) тенгламадан мувозанатловчи куч моменти

$$M_P(P_M) = - \sum M_P(P_l);$$

келтирилган куч моменти эса

$$M_P(P_K) = \sum M_P(P_l) \quad (82)$$

булади, у 90° га бурилган тезликлар планининг мос нуқталарига қўйилган барча кучларнинг моментлари йиғиндисига тенг.

Бундан мувозанатловчи куч $P_M = \frac{M_P(P_M)}{h_M}$, келтирилган куч

$P_K = -P_M$, кривошипнинг валидаги мувозанатловчи момент эса $M_M = P_M \cdot l_{O_1A}$ булади.

Жуковский усулида мувозанатловчи куч P_M ни аниқлаш тартиби:

1) берилган вазият учун μ_l (м/мм) масштаб бўйича механизмнинг кинематикавий схемаси чизилади;

2) механизмнинг тезликлар масштаби $\mu_v \left(\frac{\text{м/сек}}{\text{мм}} \right)$ бўйича 90° га бурилган бурилма тезликлар плани тузилади;

3) механизмнинг кучлар схемаси тузилади;

4) схемадаги кучлар ўз йўналиши бўйича тезликлар планининг мос нуқталарига параллел қўчирилади;

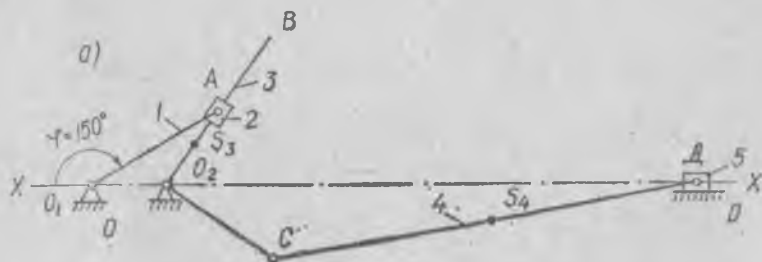
5) ричагнинг қутб нуқтаси P_v га нисбатан мувозанат тенгламаси тузилади;

6) кривошипнинг A нуқтасига берилган бурчак остида йўналган мувозанатловчи куч P_M аниқланади; P_M куч h_M елкага қўлайтирилиб, мувозанатловчи момент M_M аниқланади.

IV. ТЕКИС РИЧАГЛИ ШАРНИРЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИНГ СТРУКТУРАСИ, КИНЕМАТИКАСИ ВА КИНЕТОСТАТИКАСИНИ ТЕКШИРИШ

29-шаклда кўрсатилган механизмнинг қуйидаги геометрик параметрлари берилган: $O_1A = 0,25$ м, $O_1O_2 = 0,5 \cdot O_1A$, $O_2B = 1,6 \cdot O_1A$, $O_2C = 0,8 \cdot O_1A$, $O_2S_3 = 0,2$ м.

Ётақчи звено 1 нинг $\varphi = 150^\circ$ да туриш вазияти учун механизм текширилсин. Ётақчи звенонинг айланиш частотаси $n_1 = 210$ айл/мин бўлиб, соат стрелкаси йўналишида бурилади.



29-шакл.

1. МЕХАНИЗМНИНГ СТРУКТУРАСИНИ ТЕКШИРИШ

1. Механизмнинг кинематикавий схемасини берилган вазият учун чизамиз. Бунинг учун механизмнинг узунлик масштабини танлаймиз:

$$\mu_l = \frac{O_1A}{O_1A} = \frac{0,25}{50} = 0,005 \frac{\text{м}}{\text{мм}},$$

яъни етакчи ҳақиқий узунлиги $O_1A = 0,25$ м булган звено 1 ни схемадан 50 мм ли кесмага алмаштириб чизамиз.

Барча қўзғалмас айланма кинематикавий жуфтларнинг маркасларини ва илгарилма кинематикавий жуфтлар ҳаракатининг йўналиш чизиқларини белгилаймиз. Сўнг етакчи звено 1 нинг $\varphi = 150^\circ$ га бурилган вазиятини чизиб, унга барча Ассур группаларини бирлаштирамиз. Бунинг учун: а) бошланғич звено 1 билан қўзғалмас стойка 0 нинг уланишидан ҳосил булган айланма кинематикавий жуфтнинг маркази O_1 ни чизмада белгилаймиз;

б) стойка марказидан горизонтал ўққа нисбатан берилган 150° бурчак остида тўғри чизиқ ўтказамиз ва бу чизиқда $O_1A = 50$ мм ли кесмани белгилаб, етакчи звенонинг А, нуқтасини оламиз. Сўнг 2—3 ва 4—5 звенолардан тузилган Ассур группаларини улаймиз;

в) Х—Х горизонтал ўқ чизигида 3 ва 0 звенолардан тузилган айланма кинематикавий жуфтнинг маркази O_2 ни белгилаймиз. O_2 нуқта O_1 нуқтадан

$$O_1O_2 = 0,5 \cdot O_1A = 0,5 \cdot 0,25 = 0,125 \text{ м}$$

оралиқда жойлашган.

Бу ораллиқни кинематикавий схемадаги х—х горизонтал чизиқнинг O_1 нуқтасидан

$$\overline{O_1O_2} = \frac{O_1O_2}{\mu_l} = \frac{0,125}{0,005} = 25 \text{ мм}$$

кесмага тенг радиус билан чизиб белгилаймиз;

г) O_2 нуқтани А нуқта билан бирлаштириб, ундан звено 3 чизигини ўтказамиз. Бу чизиқда узунлиги

$$\overline{O_2B} = \frac{O_2B}{\mu_l} = \frac{1,6 - O_1A}{\mu_l} = \frac{1,6 - 0,25}{0,005} = 80 \text{ мм}$$

булган кесмани белгилаймиз.

А₁₂ нуқтада звено (тош) 2 ни звено 1 билан бирлаштириб, айланма кинематикавий жуфтни ҳосил қиламиз. Звено 2 кулиса 3 бўйлаб силжийди ва у билан бирга айланади;

д) 3 ва 4 звенолардан тузилган айланма кинематикавий жуфтнинг марказини, яъни звено 3 даги С нуқтанинг вазиятини аниқлаймиз. Бунинг учун O_2 нуқтадан O_2B чизиққа нисба-

тан $BO_2C = 90^\circ$ бурчак остида O_2C чизигини ўтказамиз ва унда узунлиги

$$\overline{O_2C} = \frac{O_2C}{\mu_1} = \frac{0,8 \cdot O_1A}{\mu_1} = \frac{0,8 \cdot 0,25}{0,005} = 40 \text{ мм}$$

бўлган кесмани белгилаймиз.

е) 4 ва 5 звеноларнинг бирлашувидан ҳосил бўлган айланма кинематикавий жуфт маркази D нуқтанинг схемадаги вазиятини аниқлаймиз.

Берилган шартга кура, 4 звенонинг, яъни CD кесманинг узунлиги қуйидагича бўлади:

$$\overline{CD} = \frac{CD}{\mu_1} = \frac{2,8 \cdot O_1A}{\mu_1} = \frac{2,8 \cdot 0,25}{0,005} = 140 \text{ мм.}$$

Звено 5 $x-x$ горизонтал чизиги бўйлаб силжийди; C нуқтадан $\overline{CD} = 140$ мм ли радиус чизиб айланма кинематикавий жуфтининг маркази— D нуқтани белгилаймиз. Сўнгра 4,5 ва 6, 0 звеноларнинг жойланишини чизамиз.

Илгарилама ҳаракатланувчи звено 5—ползунни тўғри тўртбурчаклик билан тасвирлаймиз ва икки O_1 ва O_2 айланма кинематикавий жуфтлар таркибига кирувчи қўзғалмас звено O нинг ва битта илгарилама кинематикавий жуфт 5 нинг xx йўналтирувчисини штрихли чизиқ билан белгилаймиз.

2. Механизмнинг қўзғалувчанлик даражасини П. Л. Чебишев формуласи билан ҳисоблаймиз:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 \quad (83)$$

бу ерда n — қўзғалувчи звенолар сони;

p_5 — бешинчи класс кинематикавий жуфтлар сони;

p_4 — тўртинчи класс кинематикавий жуфтлар сони.

Қўзғалувчи звенолар сонини 1—5 рақамлар билан, қўзғалмас звено устунни эса 0 билан белгилаймиз.

Бу механизмда ҳаммаси бўлиб 5 та қўзғалувчи звено бор; звено 1—қривошип, звено 2—тош, звено 3—кулиса, звено 4—шатун, звено 5—ползун, яъни $n = 5$.

V класс кинематикавий жуфтлар сони p_5 ни ҳисоблаймиз. Берилган механизмда O_1 , O_2 , A , C , D нуқталарда 5 та айланма кинематикавий жуфт—шарнирлар ва йўналтирувчи билан ползун 5 ва кулиса 3 билан тош 2 нинг қўшилмасидан иборат иккига илгарилама кинематикавий жуфт бор, яъни V класс кинематикавий жуфтлар сони $p_5 = 7$. Механизм таркибида IV класс кинематикавий жуфтлар йўқ, яъни $p_4 = 0$. У ҳолда, механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 1$$

бўлади. Демак, механизмдаги барча звеноларнинг маълум ҳаракатини олиш учун битта етакчи звено етарли. Бу механизмда етакчи звено сифатида O_1A қривошип қабул қилинган.

3. Механизмни Ассур группаларига тарқатамиз. Группаларга тарқатиш, асосан, етакчи звенодан энг узоқда бирлашган группаларни ажратишдан бошланади. Механизмдан битта Ассур группаси ажратилгандан сунг қолган қисмининг қўзғалувчанлик даражаси $W = 1$ бўлиши керак. Механизмда битта етакчи звено қолгунча группаларни ажратишни давом эттираемиз.

Текширилаётган механизмнинг Ассур группаси етакчи звено 1 дан энг узоқда бирлашган звенолар 4 ва 5 ва учта кинематикавий жуфтдан, яъни D ва C нуқталарда жойлашган иккита айланма кинематикавий жуфт ҳамда $x-x$ қўзғалмас йўналтирувчи билан қўшилган ползун 5 ли битта илгарилама кинематикавий жуфтдан иборат.

Бу группа, И. И. Артоблевскийнинг таърифига кўра, II класс Ассур группаси бўлади. Бу группани механизмдан ажратиб, алоҳида чизамиз (30-шакл, б). Механизмдан 4 ва 5 звенолар группаси ажратилгандан сунг механизмнинг қўзғалувчанлик даражасини аниқлаймиз. У ўзгармаслиги керак. Схемага кўра механизмда учта қўзғалувчан звено ва тўртта кинематикавий жуфт бор, яъни $n=3$, кўринадики, $p_5=4$, $p_4=0$. Бу ҳолда механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1.$$

Демак, механизмдан Ассур группаси тўғри ажратилган. Энди механизмнинг қолган қисмидан $A_{1,2}$ ва O_2 шарнирлардаги икки айланма ва тош билан кулисаннинг илгарилама кинематикавий жуфтларидан тузилган 2 ва 3 звенолардан иборат иккинчи Ассур группасини ажратамиз.

Бу звенолар 2—3 ни алоҳида чизиб кўрсатамиз. Механизмнинг қолган қисми қўзғалувчанлик даражасини ҳисоблаймиз:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 - 0 = 1,$$

яъни стойка 0 билан етакчи звено 1 қолди. Механизмни тарқатиш натижасида кетма-кет бир-бирига қўшилган иккита II класс группа ва битта бошланғич звенодан иборат механизмни оламиз. Унинг тузилиш формуласи қуйидагича ёзилади:

$$I_{(1)} \rightarrow II_{(2,3)} \rightarrow II_{(4,5)}.$$

Бу ерда рим рақамлари группаларнинг классини, стрелка группаларнинг қўшилиш тартибини, қавс ичидаги индекслар эса звеноларнинг тартиб номерини билдиради.

Механизмнинг классни қўшилган группаларнинг энг катта классни билан аниқланади. Демак, берилган механизмда иккита II класс группа бўлгани учун механизм II класс бўлади, 30-шакл, б да механизмнинг Ассур группаларига тарқатилиши кўрсатилган.

2. МЕХАНИЗМНИНГ КИНЕМАТИКАСИНИ ТЕКШИРИШ

1. Механизм нуқталарининг траекториясини чизиш. а) Етакчи звенонинг бир марта тула айланишида 12 вазиятни чизамиз (30-шакл, а). Бунинг учун O_1 марказдан $O_1A=50$ мм радиус билан A_1 нуқтанинг траекториясини билдирувчи айлана чизамиз. Бу айланани тенг 12 қисмга буламиз ва кривошипнинг ҳар 30° да бурилган вазиятини оламиз.

б) Кривошипнинг ҳар бир вазиятининг туриш планини чизамиз.

в) A, B, C, D нуқталарнинг белгиланган вазиятларини бирлаштириб, уларнинг траекторияларини чизамиз.

г) CD звенонинг S_4 нуқтаси вазиятини кесмаларнинг

$$CS_4 = \frac{CD}{2} = \frac{140}{2} = 70 \text{ мм}$$

пйсбатидан аниқлаб, бу кесма узунлигини C нуқтадан CD звенода белгилаймиз.

Кривошипнинг тула айланишида аниқланган $S_4^1, S_4^2, S_4^3 \dots$ нуқталарни бирлаштириб, S_4 нуқтанинг траекториясини оламиз (30-шакл, а).

2. Тезликлар планини тузиш. Механизмнинг 2 ва 3 звеноларидан тузилган биринчи Ассур группасини текшираимиз. У A_2 нуқтада шарнир ёрдамида етакчи звено 1 га ва O_2 нуқтада шарнир билан стойкага бирлашган. Тезликлар плани куйидаги тартибда тузилади:

а) Кривошипнинг бурчагий тезлигини аниқламиз:

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 210}{30} = 22 \frac{\text{рад}}{\text{сек.}}$$

б) Кривошипнинг A_1 нуқтаси билан звено 2 тошнинг A_2 нуқтаси $A_{1,2}$ нуқтада шарнир ёрдамида улангани учун уларнинг тезликлари тенг бўлади:

$$v_{A_1} = v_{A_2} = \omega_1 \cdot O_1A = 22 \cdot 0,25 = 5,5 \text{ м/сек.}$$

в) Тезликлар планининг масштаб μ_v коэффициентини аниқлаймиз:

$$\mu_v = \frac{v_{A_1}}{\rho_v a_1} = \frac{5,5}{50} = 0,11 \frac{\text{м/сек.}}{\text{мм.}}$$

Бу коэффициент ҳар бир миллиметр кесмада неча м/сек ҳақиқий тезлик борлигини курсатади.

г) Листнинг ихтиёрий бир жойида тезликлар планининг қутб нуқтаси P_v ни танлаймиз. Қутб нуқтасидан кривошипнинг йўналиши бўйича кривошип O_1A га тик чизиқ чизамиз ва унда $P_{a1} = 50$ мм кесмани белгилаймиз (30-шакл, в).

д) Кулисанинг A_3 нуқтаси (шу ҳолатда) тошнинг A_2 нуқтасига мос келиб, у стойканинг O_2 шарнири атрофида айланади. Унинг векторий тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$\vec{v}_{A_3} = \vec{v}_{A_2} + \vec{v}_{A_2 A_3};$$

$$\vec{v}_{A_3} = \vec{v}_{O_2} + \vec{v}_{A_3 O_2};$$

бу ерда $\vec{v}_{A_3}$ — кулиса A_3 нуқтасининг тезлиги;

$\vec{v}_{A_2 A_3}$ — кулиса A_3 нуқтасининг тошнинг A_2 нуқтасига нисбатан нисбий тезлиги (тезлик вектори $A_3 O_2$ кулисага-параллел йўналади, унинг қиймати эса номаълум бўлади);

$\vec{v}_{O_2}$ — O_2 нуқтанинг чизигий тезлиги (у нолга тенг);

$\vec{v}_{A_3 O_2}$ — кулиса A_3 нуқтасининг O_2 нуқтага нисбатан тезлиги (унинг тезлик вектори $O_2 A_3$ га тик йўналган, қиймати эса номаълум).

е) Юқоридаги тенгламаларнинг биринчисига биноан, тезликлар планининг $a_{1,2}$ нуқтасидан кинематикавий схемадаги $O_2 A_3$ кулисага параллел чизиқ, иккинчисига биноан эса P_v дан $O_2 A_3$ га тик чизиқ ўтказамиз. Икки чизиқнинг кесишув нуқтаси a_3 кулиса A_3 нуқтасининг абсолют чизигий тезлигини беради. У планда $\vec{P_v a_3}$ вектор кўринишида бўлади.

ж) A_3 нуқтанинг тезлик қийматини аниқлаш учун пландаги $\vec{P_v a_3}$ кесмани мм ҳисобида ўлчаб, уни тезлик масштаби коэффиценти μ_v га кўпайтириш керак:

$$v_{A_3} = \vec{P_v a_3} \cdot \mu_v = 45 \cdot 0,11 = 4,95 \text{ м/сек},$$

шунингдек,

$$v_{A_3 A_2} = \vec{a_2 a_3} \cdot \mu_v = 21 \cdot 0,11 = 2,31 \text{ м/сек}.$$

з) Кулиса B нуқтасининг тезлигини аниқлаш учун кесмалар ўхшашлигидан фойдаланиб, схеманинг звенолар узунлиги ва тезликлар планидаги звеноларга тегишли кесмалар нисбатини ёзамиз:

$$\frac{\overline{O_2 B}}{\vec{P_v b}} = \frac{\overline{O_2 A_3}}{\vec{P_v a_3}};$$

бундан тезликлар планида чизиладиган $\vec{P_v b}$ кесманинг қиймати

$$\vec{P_v b} = \vec{P_v a_3} \frac{\overline{O_2 B}}{\overline{O_2 A_3}} = 45 \frac{80}{31} = 116 \text{ мм}$$

эканлигини аниқлаймиз, бу ерда $\overline{O_2 A_3} = 31 \text{ мм}$ (схемадан олинади); $\vec{P_v a_3} = 45 \text{ мм}$ (тезликлар планидан олинади).

Тезликлар планида $\overline{P_v a_3}$ векторнинг $\overline{P_v b}$ кесмани чизамиз. У ҳолда, B нуқтанинг тезлиги

$$v_b = \overline{P_v b} \cdot \mu_v = 116 \cdot 0,11 = 12,76 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

бўлади. Бу ердаги $\overline{O_2 A_3}$ ва $\overline{P a_3}$ кесмаларнинг қиймати ўзгарувчан бўлиб, у механизмнинг турли вазиятларида турлича бўлади. Схемадаги S_3 нуқтанинг тезлиги ҳам аниқланади:

$$\overline{P_v S_3} = \overline{P_v a_3} \frac{\overline{O_2 S_3}}{\overline{O_2 A_3}} = 45 \frac{20}{31} = 29 \text{ мм},$$

$$v_{s_3} = \overline{P_v S_3} \cdot \mu_v = 29 \cdot 0,11 = 3,19 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

Схемадаги C нуқтанинг тезлиги схема билан тезликлар планидаги учбурчакликларнинг ўхшашлигидан аниқланади. Тезликлар планида схемадаги учбурчакликка ўхшаш, аммо унга нисбатан 90° га бурилган учбурчаклик чизилади. Бунинг учун тезликлар планида схемадаги $\triangle CO_2 B$ учбурчакликка ўхшаш $\triangle co_2 b$ учбурчаклик чизамиз. Пандаги P_v нуқтадан схемадаги $O_2 C$ томонга ва b нуқтадан BC томонга тик чизиқлар утказамиз. Бу чизиқларнинг кесишув нуқтаси пландаги c нуқтанинг тезлик векторини кўрсатади.

Уни қутб нуқтаси P_v билан бирлаштириб, C нуқтанинг абсолют чизиғий тезлиги оламиз. Унинг қиймати

$$v_c = \overline{P_v c} \cdot \mu_v$$

бўлади. Схемадаги $\triangle CO_2 B$ учбурчаклик ҳарфлари билан пландаги $\triangle co_2 b$ учбурчаклик ҳарфларининг жойлашуви бир-бирига ўхшаш бўлиши керак. Агар схемадаги $CO_2 B$ учбурчакликнинг соат стрелкаси юрадиган томон бўйича $C \rightarrow O_2 \rightarrow B$ билан белгиласак, пландаги $co_2 b$ учбурчакликнинг $c \rightarrow o_2 \rightarrow b$ ҳарфлари ҳам шундай жойланиши керак.

4—5 звенолардан иборат Ассур групиасининг тезликлар планини тузамиз. Шатун ва ползун D нуқтада шарнир ёрдамида бирлаштирилган. Унинг векторий тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$\vec{v}_D = \vec{v}_C + \vec{v}_{DC},$$

$$\vec{v}_D = \vec{v}_x + \vec{v}_{Dx};$$

бу ерда $\vec{v}_c$ — C нуқтанинг чизиғий тезлиги;

$\vec{v}_x$ — $(x-x)$ йўналтирувчининг тезлиги, у қўзғалмас бўлгани учун нолга тенг.

Тенгламадаги $\vec{v}_{DC}$ ва $\vec{v}_{Dx}$ нисбий чизиғий тезликларнинг йўналиши маълум. Уларнинг фақат қийматлари аниқланади.

Юқорида келтирилган тенгламаларнинг биринчисига кура, қутбий тезликлар планининг s нуқтасидан CD звенога тик чизиқ, иккинчисига кура эса қутб нуқтаси P_v дан $x-x$ йўналирувчига параллел чизиқ ўтказамиз. Бу чизиқларнинг кесишув d нуқтаси D нуқтанинг тезлик векторини беради. Планидаги $\overline{P_v d}$ кесма D нуқтанинг тезлиги бўлиб, унинг қиймати қуйидагича:

$$v_D = \overline{P_v d} \cdot \mu_v = 42 \cdot 0,11 = 4,62 \text{ м/сек.}$$

3. S_4 нуқтанинг тезлигини аниқлаш. S_4 нуқта C ва D нуқталарни бирлаштирувчи звено 4 нинг ўртасида жойлашган бўлиб, уни тезликлар планидаги кесмалар нисбатидан аниқлаймиз:

$$\frac{\overline{cs_4}}{\overline{cd}} = \frac{\overline{CS_4}}{\overline{CD}};$$

бундан

$$\overline{cs_4} = \overline{cd} \cdot \frac{\overline{CS_4}}{\overline{CD}} = 48 \frac{70}{140} = 24 \text{ мм.}$$

Тезликлар планида $\overline{cd}$ кесманинг s нуқтасидан $\overline{cs_4} = 24$ мм кесмани чизиб, s_4 нуқтани белгилаймиз. Уни қутб нуқтаси P_v билан туташтириб, $\overline{P_v s_4}$ векторни оламиз. У ҳолда, нуқтанинг чизигий тезлиги

$$v_{s_4} = \overline{P_v s_4} \cdot \mu_v = 45 \cdot 0,11 = 4,95 \text{ м/сек}$$

булади.

4. Звеноларнинг бурчагий тезликларини аниқлаш. Звено 3 бурчагий тезлигининг қиймати:

$$\omega_3 = \frac{v_{A_3 O_2}}{O_2 A_3} = \frac{\overline{P_v O_3} \cdot \mu_v}{O_1 A_3 \cdot \mu_l} = \frac{45 \cdot 0,11}{31 \cdot 0,005} = 31,94 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$$

бўлиб, унинг йўналишини аниқлаш учун тезликлар планидаги $\overline{Pa_3}$ векторни механизм схемасидаги A_3 нуқтага кўчирамиз. Демак, кулиса соат стрелкаси юрадиган томонга бурилади. Тош—звено 2 кулиса билан бирга айлангани учун унинг бурчагий тезлиги кулисанинг бурчагий тезлигига тенг бўлади, яъни $\omega_2 = \omega_3$. Звено 4 нинг бурчагий тезлигининг қиймати

$$\omega_4 = \frac{v_{DC}}{CD} = \frac{\overline{cd} \cdot \mu_v}{\overline{CD} \cdot \mu_l} = \frac{48 \cdot 0,11}{140 \cdot 0,005} = 7,54 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$$

бўлиб, унинг йўналишини аниқлаш учун тезликлар планидаги $\overline{cd}$ векторни механизм схемасидаги D нуқтага кўчирамиз. Схемадан звено 4 нинг соат стрелкаси юрадиган томоннинг тескарисига бурилишини курамиз. Ползун илгариларга ҳаракатлангани учун унинг бурчагий тезлиги нолга тенг бўлади, яъни

$\omega_3 = 0$. Механизм звеноларининг айланиш томоңларини механизмнинг схемасида курсатамиз (30-шакл, а).

5. Тезланишлар планини тузиш. а) Кривошипнинг $A_{1,2}$ нуқтаси тезланишини аниқлаймиз. Етакчи O_1A звено узгармас бурчагий тезлик билан айланади. A_1 нуқтанинг уринма тезланиши нолга тенг, чунки $e_1 = \frac{d\omega}{dt} = 0$. Фақат A_1 нуқтанинг нормал тезланиши бўлади. Унинг қиймати қуйидагича топилади:

$$a_A = a_{A,O_1}^n = \omega_1^2 O_1A = 22^2 \cdot 0,25 = 121 \text{ м/сек}^2.$$

б) Тезланишлар планининг масштаб коэффициенти μ_a ни танлаймиз. Кривошипдаги A_1 нуқтанинг тезланишини қутбий тезланишлар планида $\overline{\pi a_1} = 50$ мм кесма билан белгилаймиз, яъни тезланишлар плани кривошип масштаби бўйича чизилади. У ҳолда,

$$\mu_a = \frac{\overline{\pi a_1}}{\pi a_1} = \frac{121}{50} = 2,42 \frac{\text{м/сек}^2}{\text{мм}}$$

бўлади.

в) Механизмнинг 2—3 звенолари группаси учун тезланишлар планини тузамиз.

г) Листдаги π қутб нуқтасини ихтиёрий танлаймиз. Ундан O_1A кривошипга параллел қилиб, A_1 нуқтадан O_1 нуқтага томон нормал тезланиш вектори йуналишини чизамиз. Бу чизиқда $\overline{\pi a_1} = 50$ мм кесмани белгилаймиз (30-шакл, з).

Кулисанинг A_3 нуқтаси тезланишини аниқлаш учун тошнинг A_2 нуқтасига нисбатан қуйидаги векторий тенгламани ёзамиз:

$$\vec{a}_{A_3} = \vec{a}_{A_2} + a_{A_3A_2}^\kappa + \vec{a}_{A_3A_2}'.$$

O_2 нуқтага нисбатан тенглама қуйидагича бўлади:

$$\vec{a}_{A_3} = \vec{a}_{O_2} + \vec{a}_{A_3O_2}^n + \vec{a}_{A_3O_2}^\tau;$$

бу ерда $\vec{a}_{A_3}$ — кулисанинг звенолар 1 ва 2 даги $A_{1,2}$ нуқтага мос A_3 нуқтасининг тезланиши;

$\vec{a}_{A_2}$ — тошнинг A_2 нуқтаси тезланиши, $\vec{a}_{A_2} = \vec{a}_{A_1}$, чунки звено 2 звено 1 билан $A_{1,2}$ нуқтада шарнир ёрдамида бирлашган (унинг қиймати ва векторининг йуналиши маълум);

$\vec{a}_{A_3A_2}^\kappa$ — кулисанинг A_2 нуқтаси ҳаракатининг тошга нисбатан кориолис тезланиши; у кулисали механизмда ҳосил бўлади, унинг қиймати

$$a_{A_3A_2}^\kappa = 2\omega_3 \cdot v_{A_3A_2} = 2 \cdot 31,94 \cdot 2,31 = 147,5 \text{ м/сек}^2$$

булиб, йўналиши нисбий тезлик вектори $\vec{v}_{A_1A_2}$ ни кулисанинг ҳаракатланиш йўналиши ω_3 бўйича 90° га буриш йўли билан аниқланади;

$\vec{a}_{A_1A_2}^r$ — кулисадаги A_3 нуқтанинг A_2 нуқтага нисбатан нисбий тезланиши, унинг вектори кулисага параллел йўналади;

$\vec{a}_{O_2}^r$ — кулисадаги O_2 нуқтанинг тезланиши, у нолга тенг;

$\vec{a}_{A_1O_2}^n$ — кулисадаги A_3 нуқтанинг O_2 нуқтага нисбатан нормал тезланиши; унинг вектори A_3O_2 звенога параллел ва O_2 айланиш ўқи томон йўналган, қиймати қуйидагича:

$$a_{A_1O_2}^n = \frac{v_{A_3O_2}^2}{O_2A_3} = \frac{(\overline{P_v a_3} \cdot \mu_v)^2}{O_2A_3 \cdot \mu_l} = \frac{(45 \cdot 0,11)^2}{31 \cdot 0,003} = 158 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \quad (84)$$

$\vec{a}_{A_1O_2}^r$ — кулисадаги A_3 нуқтанинг уринма тезланиши, унинг вектори A_3O_2 кулисага тик йўналган.

(84) тенгламанинг тезланишлар планини чизамиз. Бунинг учун қутбий тезланиш планининг $a_{1,2}$ нуқтасидан кулиса A_1O_2 нинг айланиш томониغا тик чизиқ ўтказиб, у чизиқда

$$\overline{a_{1,2}^r} = \frac{a_{A_1O_2}^r}{\mu_a} = \frac{2 \cdot \overline{P_v a_3} \cdot \overline{a_2 a_3} \cdot \mu_v^2}{O_2A_3 \cdot \mu_l \cdot \mu_a} = \frac{2 \cdot \overline{P_v a_3} \cdot \overline{a_2 a_3}}{O_2A_3} \cdot \frac{2 \cdot 45 \cdot 21}{31} = 61 \text{ мм} \quad (85)$$

кесмани белгилаймиз (30-шакл, з). Формуладаги $\overline{P_v a_3} = 45$ мм, $\overline{a_2 a_3} = 21$ мм кесмаларни тезликлар планидан, $O_2A_3 = 31$ мм кесмани эса механизм схемасидан ўлчаб оламиз. Сўнгра κ нуқтадан O_2A_3 звенога параллел чизиқ ўтказиб, $\vec{a}_{A_1O_2}^r$ тезланишнинг йўналишини чизамиз.

Шундан кейин (85) тенгламанинг векторларини чизамиз, Вектор $a_{O_1} = 0$ бўлгани учун у қутб нуқтаси π да ётади.

Нормал $\vec{a}_{A_1O_2}^n$ векторнинг қиймати ва йўналиши маълум. У A_3O_2 звенога параллел ва A_3 нуқтадан O_2 нуқтага томон йўналган. Қутб нуқтаси π дан $\vec{a}_{A_1O_2}^n$ тезланиш векторининг йўналишини чизамиз ва бу чизиқда

$$\pi n_1 = \frac{a_{A_1O_2}^n}{\mu_a} = \frac{v_{A_3O_2}^2}{O_2A_3 \cdot \mu_a} = \frac{(\overline{P_v a_3})^2 \mu_v^2}{O_2A_3 \cdot \mu_l \cdot \mu_a} = \frac{(\overline{P_v a_3})^2}{O_2A_3} = \frac{45^2}{31} = 65,3 \text{ мм}$$

кесмани белгилаймиз.

Пландаги n_1 нуқтадан кулисага тик қилиб, $\vec{a}_{A_1O_2}^r$ тезланиш векторини ўтказамиз. $\vec{a}_{A_1A_2}^r$ ва $\vec{a}_{A_1O_2}^r$ вектор чизиқларининг кесишув нуқтаси a_3 нуқтани беради. Бу нуқтани қутб нуқтаси

π билан гуташтириб, $\overline{\pi a_3}$ кесмани оламиз, бу кесма A_3 нуқта-
нинг чизигий тезланишини беради. Унинг қиймати

$$a_{A_3} = \overline{\pi a_3} \cdot \mu_a = 77 \cdot 2,42 = 186,4 \text{ м/сек}^2$$

булади.

Уринма тезланиш

$$a_{A_1 O_1} = \overline{n_1 a_3} \cdot \mu_a = 40 \cdot 2,42 = 96,8 \text{ м/сек}^2$$

нисбий тезланиш эса

$$a_{A_2 A_1} = \overline{k a_3} \cdot \mu_a = 20 \cdot 2,42 = 48,4 \text{ м/сек}^2$$

булади.

Кулисадаги B нуқтанинг тезланиши кесмалар нисбати ёр-
дамида аниқланади:

$$\frac{\overline{o_2 b}}{\overline{o_2 a_3}} = \frac{\overline{O_2 B}}{\overline{O_2 A_3}};$$

бундан

$$\overline{o_2 b} = \overline{o_2 a_3} \cdot \frac{\overline{O_2 B}}{\overline{O_2 A_3}} = 77 \frac{80}{31} = 198,7 \text{ мм.}$$

булади.

Тезланишлар планидаги қутб нуқтаси π дан $\overline{\pi a_3}$ кесманинг
давомида $\overline{\pi b} = \overline{o_2 b} = 199$ мм кесмани олиб, b нуқтани белгилай-
миз. Бу нуқта тезланишининг қиймати

$$a_B = \overline{\pi b} \cdot \mu_a = 199 \cdot 2,42 = 481,6 \text{ м/сек}^2$$

булади.

Кулиса массасининг маркази S_3 нинг тезланишини кесма-
лар нисбатидан фойдаланиб аниқлаймиз:

$$\overline{o_1 s_3} = \overline{o_2 a_3} \cdot \frac{\overline{O_2 S_3}}{\overline{O_2 A_3}} = 77 \frac{20}{31} = 50 \text{ мм}$$

Планда қутб нуқтаси π дан $\overline{\pi s_3} = \overline{o_2 s_3} = 50$ мм кесмани белги-
лаймиз. Қутб билан s_3 нуқтани бирлаштириб, S_3 нуқтанинг
тезланиш вектори бўлган $\overline{\pi s_3}$ кесмани оламиз. Унинг қиймати

$$a_{S_3} = \overline{\pi s_3} \cdot \mu_a = 50 \cdot 2,42 = 121 \text{ м/сек}^2.$$

булади.

Кулисадаги C нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун учбур-
чакликларнинг ўхшашлиги қоидасидан фойдаланамиз. Бунинг
учун тезланишлар планида механизм схемасидаги учбурчак-

ликка ўхшаш учбурчаклик чизамиз. Бунда пландаги шакл ҳарфларининг жойлашув тартиби механизмдаги шакл ҳарфларининг жойлашув тартибига мос бўлиши керак. Агар механизмдаги учбурчакликнинг $B \rightarrow O_2 \rightarrow C$ ҳарфларини соат стрелкаси юрадиган томонга қараб белгиласак, пландаги учбурчаклик ҳарфлари ҳам $b \rightarrow o_2 \rightarrow c$ тартибда жойлашуви керак. Бунинг учун кесмаларининг қийматини ҳисоблаймиз:

$$\overline{o_2c} = \overline{o_2b} \frac{\overline{O_2C}}{\overline{O_2B}} = 199 \frac{40}{80} = 99,5 \text{ мм},$$

$$\overline{cb} = \overline{o_2b} \frac{\overline{CB}}{\overline{O_2B}} = 199 \frac{89}{80} = 224 \text{ мм}.$$

$$\overline{o_2c} = \overline{o_2b} \frac{\overline{O_2C}}{\overline{O_2B}} = 199 \frac{40}{80} = 99,5 \text{ мм},$$

$$\overline{cb} = \overline{o_2b} \frac{\overline{CB}}{\overline{O_2B}} = 199 \frac{89}{80} = 224 \text{ мм}.$$

Тезланишлар планида $\overline{o_2b}$ кесманинг томонида схемадаги $\triangle BO_2C$ учбурчакликка ўхшаш $\triangle bo_2c$ учбурчаклик чизамиз. Бунинг учун тезланишлар планидаги $\overline{o_2b}$ чизиқнинг ўнг томонида o_2 нуқтадан $\overline{o_2c} = 99,5$ мм радиус билан b нуқтадан эса $\overline{bc} = 224$ мм радиус билан ёйлар чизиб, уларнинг кесишув нуқтаси c ни аниқлаймиз. Уни π қутб билан бирлаштириб, C нуқтанинг $\overline{a_c}$ тезланиш векторини тасвирловчи $\overline{pc}$ кесмани оламиз. Унинг қиймати қуйидагича бўлади:

$$a_c = \overline{pc} \cdot \mu_a = 99,5 \cdot 2,42 = 240,8 \text{ м/сек}^2.$$

Механизмнинг 4—5 звенолар группасининг тезланишларини аниқлаймиз. Шағундаги D нуқтанинг тезланишини аниқлаш учун қуйидаги векторий тенгламани ёзамиз:

$$\overline{a_D} = \overline{a_C} + \overline{a_{DC}^n} + \overline{a_{DC}^t}, \quad (86)$$

$$\overline{a_D} = \overline{a_x} + \overline{a_{Dx}^n} + \overline{a_{Dx}^t}. \quad (87)$$

Бу тенгламадаги $\overline{a_c}$ тезланиш маълум (юқорида аниқланган). x — x йўналтирувчи қўзғалмас бўлгани учун $\overline{a_{Dx}^n}$ ва $\overline{a_x}$ тезланишларнинг қиймати нолга тенг. D нуқтанинг C нуқтага нисбатан нормал тезланиши

$$a_{DC}^n = \frac{v_{DC}^2}{CD} = \frac{(\overline{cd} \cdot \mu_v)^2}{\overline{CD} \cdot \mu_l} = \frac{(48 \cdot 0,11)^2}{140 \cdot 0,005} = 39,8 \text{ м/сек}^2$$

бўлади, унинг вектори CD звенога параллел бўлиб, D нуқтадан C нуқтага томон йўналган. Юқоридаги тенгламада $\overline{a_{DC}^t} = D$

нуқтанинг C нуқтага нисбатан уринма тезланиши (унинг вектори CD звенога тик йўналган);

a'_{Dx} — D нуқтанинг $x-x$ йўналтирувчига нисбатан нисбий тезланиши (унинг вектори $x-x$ бўйича йўналган).

(86) векторий тенгламани қўриб чиқамиз. Тезланишлар планининг c нуқтасидан CD звенога, параллел чизиқ ўтказамиз ва бу чизиқда

$$\overline{cn_2} = \frac{a_{DC}^n}{\mu_a} = \frac{39,8}{2,42} = 16,45 \text{ мм}$$

кесмани белгилаймиз. Сўнгра n_4 нуқтадан CD звенога тик чизиқ ва π нуқтадан $x-x$ йўналтирувчига параллел чизиқ — тезланиш вектори $\overline{a'_{Dx}}$ ни чизамиз. Бу векторларнинг кесишуvidан d нуқта ҳосил бўлади. Пандаги n_4 нуқтани d нуқта билан бирлаштирувчи $\overline{n_4d}$ кесма $\overline{a'_{DC}}$ уринма тезланишни $\overline{\pi d}$ кесмаёса $\overline{a'_{Dx}}$ нисбий тезланишини беради. $\overline{\pi d} = \overline{xd}$ вектор D нуқтанинг тула тезланиши бўлади. Уларнинг қийматлари:

$$a_D = \overline{\pi d} \cdot \mu_a = 116 \cdot 2,42 = 280,7 \text{ м/сек}^2,$$

$$\overline{a'_{DC}} = \overline{n_4d} \cdot \mu_a = 4,5 \cdot 2,42 = 10,9 \text{ м/сек}^2.$$

6) S_4 нуқтанинг тезланишини аниқлаш. Шатуннинг S_4 нуқтаси CD звенонинг ўртасида жойлашган. Тезланишлар планида ҳам у $\overline{cd}$ кесманинг ўртасида жойлашуви керак. Уни кесмалар нисбатидан аниқлаймиз:

$$\overline{cs_4} = \overline{ca} \frac{\overline{CS_4}}{\overline{CD}} = 16 \frac{70}{140} = 8 \text{ мм.}$$

Пандаги c нуқтадан ўтказилган $\overline{cd}$ кесмада $\overline{cs_4} = 8$ мм кесмани белгилаймиз. Уни қутб нуқтаси π билан туташтириб, S_4 нуқтанинг $\overline{a_{S_4}}$ тезланишини тасвирловчи $\overline{\pi s_4}$ векторни оламиз (30-шакл, 2). Унинг қиймати;

$$a_{S_4} = \overline{\pi s_4} \cdot \mu_a = 108 \cdot 2,42 = 261,4 \text{ м/сек}^2.$$

7) Механизм звеноларининг бурчагий тезланишларини аниқлаш. Кулисанинг бурчагий тезланиши қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\epsilon_3 = \frac{a_{A_3O_3}}{O_2A_3} = \frac{n_1 a_3 \cdot \mu_a}{O_2A_3 \cdot \mu_1} = \frac{40 \cdot 2,42}{31 \cdot 0,005} = 624,5 \frac{\text{рад}}{\text{сек}^2}.$$

Бу тезланишнинг йўналишини аниқлаш учун пандаги $\overline{n_1 a_3}$ векторни схемадаги A_3 нуқтага қучирамиз. Схемадан кўринадик, ϵ_3 соат стрелкаси юрадиган томонга йўналган (30-шакл,

а). Тош звено 3 билан бирга айлангани учун уларнинг бурчагий тезланишлари $\varepsilon_2 = \varepsilon_3$ бўлади. Шатуннинг бурчагий тезланиши қуйидагича аниқланади:

$$\varepsilon_4 = \frac{a_{DC}^*}{CD} = \frac{\overline{n} \cdot d \cdot \mu_a}{CD \cdot \mu_l} = \frac{4,5 \cdot 2,42}{140 \cdot 0,005} = 15,56 \frac{\text{рад}}{\text{сек}^2}.$$

Бу тезланишнинг йўналишини аниқлаш учун пландаги $\overline{n_4 d}$ векторни механизм схемасидаги CD звенонинг D нуқтасига қўчирамиз. Схемадан кўринадики, CD звено соат стрелкаси юрадиган томонга айланади.

Ползун илгариларга ҳаракатлангани учун унинг бурчагий тезланиши $\varepsilon_5 = 0$ бўлади.

8) Эгрилик радиусини аниқлаш. Механизмнинг берилган вазиятида S_4 нуқта траекториясининг эгрилик радиуси қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\rho_{S_4} = \frac{v_{S_4}^2}{a_{S_4}^n} = \frac{(\rho_v S_4 \cdot \mu_a)^2}{\pi n_{S_4} \cdot \mu_a} = \frac{(45 \cdot 0,11)^2}{61 \cdot 2,42} = 0,166 \text{ м}.$$

Шатундаги S_4 нуқта траекториясининг эгрилик радиуси билан айлана чизамиз. Бунинг учун айлананинг эгрилик марказини аниқлаймиз.

Маълумки, эгрилик маркази Π нормал тезланиш $\overrightarrow{a_{S_4}^n}$ нинг $n - n$ чизигида ётади. Бу нормал тезланиш векторининг йўналишини тезланишлар планидан аниқлаймиз.

Тезланишлар планидаги S_4 нуқтадан тезликлар планидаги $P_v S_4$ кесмага параллел қилиб, $\tau - \tau$ чизиқни ўтказамиз. Бу чизиқда уринма тезланишнинг йўналиши бўлади. Қутб нуқтасидан $\tau - \tau$ чизиққа тик $n - n$ чизиқ ўтказамиз. Унда S_4 нуқта нормал тезланишининг πn_{S_4} кесмасини оламиз. Бу нормал тезланишнинг қиймати:

$$a_{S_4}^n = \pi n_{S_4} \cdot \mu_a = 61 \cdot 2,42 = 147,6 \text{ м/сек}^2$$

бўлади. Шундан кейин механизм схемасидаги S_4 нуқтадан πn_{S_4} кесмага параллел чизиқ ўтказамиз ва схемада μ_l масштабда $S_4 \Pi = \rho_{S_4}$ эгрилик радиусининг маркази Π нуқтани белгилаймиз. Эгрилик радиусининг қиймати:

$$\rho_{S_4} = S_4 \Pi = \frac{\rho_{S_4}}{\mu_e} = \frac{0,166}{0,005} = 33,2 \text{ мм}.$$

Сўнгра Π нуқтадан $\overline{\Pi S_4}$ радиус билан айлана чизамиз (30-шакл, a га қаранг).

3. МЕХАНИЗМИНИ КИНЕТОСТАТИКАВИЙ ҲИСОБЛАШ

Механизмни кинетостатикавий ҳисоблашнинг асосий вазифаси қуйидагилардан иборат:

1) Механизм звеноларига таъсир этувчи кучларни аниқлаш;

2) Кинематикавий жуфтларда ҳосил бўлган реакция кучларини ва етакчи звенодаги мувозанатловчи кучни аниқлаш.

Инерция кучи назарда тутилиб олиб бориладиган ҳисоблаш кинетостатикавий ҳисоблаш дейилади. Бу кучларни ҳисоблаш механизм звеноларининг мустақамлигини, ейилишга чидамлилигини ошириш, механизмнинг барча кинематикавий жуфтларидаги ишқаланувчи юзаларда сарф бўладиган қувватларни аниқлаш учун керак бўлади.

Механизмга таъсир этувчи ташқи куч ползун тезлигининг йўналишига қарама-қарши йўналган. Фойдали қаршилиқ кучи $P = 700$ н берилган. Механизмга таъсир қилувчи кучларни ҳисоблашда инерция кучларини ва барча звеноларнинг массаларини ҳисобга оламиз.

Механизмни кинетостатикавий ҳисоблаш, асосан, етакчи звенога энг охирида бирлашган Ассур группасини ҳисоблашдан бошланади. Сўнгра унга кетма-кет бирлашган бошқа группалар ҳисобланади ва энг охири етакчи звенонинг ўзи ҳисобланади.

Етакчи звенони мувозанатловчи P_m куч аниқланади. Даламбер принциpigа кўра, берилган ташқи кучлар ва ҳосил бўлган инерция кучлари таъсирида механизмни мувозанатда деб қараб, ҳисоблашни қуйидаги тартибда бажарамиз.

А. Механизм звеноларининг инерция кучларини аниқлаш

а) Ричагли звеноларнинг массалари қиймати қуйидаги формуладан топилади:

$$m = ql \text{ кг,}$$

бу ерда q — ричагнинг узунлиги бўйича массаси (звено узунлигининг ҳар 1 метри массаси қийматини 5 кг/м га тенг деб оламиз);

l — звенонинг узунлиги, м;

Кривошипнинг массаси ва оғирлиги қуйидагича:

$$m_1 = q \cdot O_1A = 5 \cdot 0,25 = 1,25 \text{ кг,}$$

$$G_1 = m_1 \cdot g = 1,25 \cdot 9,81 = 12,3 \text{ н.}$$

Кулисанинг икки томонидаги стерженлар 90° бурчак остида бикр маҳкамланган бўлиб, унинг массаси BO_2 ва CO_2 томонларнинг узунликларини йиғиндисидан иборат:

$$m_3 = q (BO_2 + CO_2) = 5 (0,4 + 0,2) = 3 \text{ кг,}$$

$$G_3 = m_3 \cdot g = 3 \cdot 9,81 = 29,4 \text{ н.}$$

Шатуннинг массаси ва оғирлиги:

$$m_4 = q \cdot CD = 5 \cdot 0,7 = 3,5 \text{ кг},$$
$$G_4 = m_4 \cdot g = 3,5 \cdot 9,81 = 34,3 \text{ н.}$$

Ползуннинг массаси ва оғирлиги:

$$m_5 = 2 \cdot m_1 = 2 \cdot 1,25 = 2,5 \text{ кг},$$
$$G_5 = m_5 \cdot g = 2,5 \cdot 9,81 = 24,5 \text{ н.}$$

б) Звенолар массасининг марказига нисбатан уларнинг инерция моментини аниқлаймиз. Кулиса массасининг маркази O_2B звенонинг $O_2S_3 = 0,2$ м қисмида ётади, унинг инерция моменти қиймати берилган:

$$I_{S_3} = 0,08 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Шатун массасининг марказига нисбатан инерция моменти қуйидаги формуладан ҳисоблаб топилади:

$$I_{S_4} = 0,1 \cdot m_4 \cdot l^2 = 0,1 \cdot m_4 \cdot CD^2 = 0,1 \cdot 3,5 \cdot 0,7^2 = 0,175 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

в) Механизм звеноларида ҳосил бўлган инерция кучларини ҳисоблаймиз.

Кулисанинг инерция кучи:

$$P_{u_3} = m_3 \cdot a_{S_3} = 3 \cdot 121 = 363 \text{ н.}$$

Бу инерция кучи S_3 нуқтага қўйилган бўлиб, у $\bar{a}_{S_3}$ тезланишнинг йўналишига қарама-қарши томонга, яъни пастдан юқорига йўналган.

Шатуннинг инерция кучи:

$$P_{u_4} = m_4 \cdot a_{S_4} = 3,5 \cdot 261,4 = 915 \text{ н.}$$

Бу P_{u_4} куч S_4 нуқтага қўйилган бўлиб, $\bar{a}_{S_4}$ тезланишнинг йўналишига қарама-қарши томонга, яъни чандан ўнгга йўналган.

Ползуннинг инерция кучи:

$$P_{u_5} = m_5 \cdot a_D = 2,5 \cdot 280,7 = 702 \text{ н.}$$

Бу P_{u_5} куч ползуннинг D нуқтасига қўйилган бўлиб, тезланишнинг йўналишига қарама-қарши томонга, яъни чапдан ўнгга йўналган.

г) Звеноларнинг инерция кучлари моментларини ҳисоблаймиз.

Кулисанинг инерция кучи моменти:

$$M_{u_3} = I_{S_3} \cdot \epsilon_3 = 0,08 \cdot 624,5 = 50 \text{ нм.}$$

у звенонинг бурчагий тезланиши ϵ_3 нинг айланишига қарама-қарши — соат стрелкаси юрадиган томоннинг тескарисига йўналган.

Шатуннинг инерция кучи моменти:

$$M_{u_1} = I_{S_1} \cdot \epsilon_4 = 0,175 \cdot 15,56 = 2,7 \text{ нм.}$$

У шатуннинг ϵ_4 бурчагий тезланишининг айланиш томонига қарама-қарши — соат стрелкаси юрадиган томонга йуналган.

Ползуннинг инерция кучи моменти нолга тенг, чунки у илгариланма ҳаракатланади, унинг бурчагий тезланиши $\epsilon_3 = 0$ бўлади.

Б. Механизм звеноларининг умумий инерция кучлари қўйилган нуқтани аниқлаш

а) Ҳисоблашни соддалаштириш учун звено массасининг маркази S_3 га қўйилган P_{u_3} инерция кучини ва унинг M_{u_3} моменти билан битта инерция кучига алмаштирамиз. У ҳолда куч қўйилган нуқтанинг координатаси ўзгаради. Бу куч массанинг маркази S_3 дан зарб нуқтаси K га кўчирилади (30-шакл, δ). Бунинг учун O_2B кулиса массасининг маркази S_3 дан тик чиқиқ чизамиз. Бу тик чиқиқда инерция радиуси ρ_3 га тенг $\overline{S_3N}$ кесмани белгилаймиз. Унинг қиймати қўйидаги формуладан аниқланади:

$$\rho_3 = \sqrt{\frac{I_{S_3}}{m_3}} = \sqrt{\frac{0,08}{3,0}} = 0,162 \text{ м.}$$

Узунлиқнинг танлаб олинган масшгаби μ_1 ёрдамида $\overline{S_3N}$ кесманинг узунлигини аниқлаймиз:

$$\overline{S_3N} = \frac{\rho_3}{\mu_1} = \frac{0,162}{0,005} = 32,4 \text{ мм.}$$

Сўнгра N нуқтани кулиса маркази O_2 билан бирлаштирамиз ва уни кулиса билан учрашгунча давом эттирамиз. Бу чиқиқнинг кулиса билан кесишув нуқтаси K зарб нуқтаси бўлади. Бу нуқтада звенонинг S_3 нуқтасидаги P_{u_3} кучни ўзига параллел қилиб кўчирамиз. У ҳолда инерция кучининг звенога таъсир этувчи моменти M_{u_1} йўқолиб, кулисага K нуқтада битта P_{u_3} куч таъсир қилади.

б) Шатуннинг инерция кучи P_{u_4} ва моменти M_{u_4} нинг қўйилиш нуқтасини аниқлаймиз

Шатун мураккаб текис-параллел ҳаракат қилади. Шатуннинг ҳаракатини икки ҳаракатга: илгариланма ва C нуқтага нисбатан айланма ҳаракатларга ажратамиз. У ҳолда, шатуннинг инерция кучи P_{u_4} икки кучнинг: $P'_{u_4} = m_4 \cdot a_c$ ва $P''_{u_4} = m_4 \cdot a_{sc}$ кучларнинг геометрик йиғиндисига тенг бўлади:

$$P_{u_4} = P'_{u_4} + P''_{u_4}$$

Бундаги инерция кучи P'_{u_4} шатун массасининг маркази S_4 га қўйилган бўлиб, a_c тезланиш векторининг йуналишига қарама-

қарши ва унга параллел йўналган. Инерция кучи P'_u зарб нуқтаси K га қўйилган бўлиб, $\vec{a}_{SC}$ тезланиш векторига параллел ва унга қарама-қарши томонга йўналган.

Звенодаги K нуқтанинг координатаси $\overline{S_4K}$ кесмани аниқлаш йўли билан топилади:

$$S_4K = \frac{I_{S_4}}{m_4 \cdot CS_4} = \frac{0,175}{3,5 \cdot 0,35} = 0,142 \text{ м,}$$

бу кесманинг қиймати масштаб коэффициентини μ_s бўйича ҳисобланади:

$$\overline{S_4K} = \frac{S_4K}{\mu_s} = \frac{0,142}{0,005} = 28,6 \text{ мм.}$$

Шатуннинг CS_4 чизиғи давомида $\overline{SK} = 28,6$ мм оралиқда K нуқтани белгилаймиз (30 шакл, ∂). Шатуннинг K нуқтасидан унинг қутбий тезланишлар планидаги $\vec{a}_{SC}$ тезланиш векторининг CS_4 чизиғига параллел чизиқ утказамиз. Бу чизиқ инерция кучи P'_u нинг таъсир чизиғи бўлади. Шатуннинг S_4 нуқтасидан тезланишлар планидаги $\vec{a}_C$ тезланишнинг π_C векторига параллел чизиқ утказамиз. Бу чизиқ инерция кучи P'_u нинг таъсир чизиғи бўлади. Утказилган икки чизиқнинг кесишув нуқтаси шатуннинг умумлаштирилган инерция кучи P'_u нинг қўйилиш нуқтаси T ни беради. T нуқтага тезланишлар планидаги $\vec{a}_{S_4}$ тезланиш векторига π_{S_4} ни параллел ва унга қарама-қарши йўналтириб, инерция кучи P'_u ни чизамиз. Бу кучнинг қиймати юқорида аниқланган.

В. Кинематикавий жуфтлардаги реакция кучларини аниқлаш

4—5 звенолар группасини ҳисоблаш. Маълум G_4 , P'_u , G_5 , P'_u , P кучларни 4 ва 5 звеноларга қўямиз. Булардан ташқари яна қандай кучлар таъсир қилишини аниқлаймиз.

Кулиса билан $x-x$ йўналтирувчидан 4—5 звеноларни ажратиб оламиз. Ажратилган O ва C нуқталарнинг кинематикавий жуфтларига йўналтирувчининг ползунга бўлган реакция кучи R_{O_5} билан кулисанинг шатунга бўлган реакция кучи R_{S_4} ни қўямиз. Бундан реакция кучи R_{S_4} нинг йўналиши маълум, у $x-x$ йўналтирувчига тик йўналган бўлиб, шарнир нуқтаси D дан утади (30-шакл, e). Унинг қиймати номаълум.

$\bar{R}_{34}$ кучнинг йўналиши ҳам, қиймати ҳам номаълум, уни аниқлаш талаб қилинади. Бу $\bar{R}_{34}$ кучни икки кучга: $\bar{R}_{34}^r$ уринма ва $\bar{R}_{34}^n$ нормал кучларга ажратамиз. Уринма $\bar{R}_{34}^r$ кучни CD звенога тик, нормал $\bar{R}_{34}^n$ кучни эса звенога параллел йўналтирамиз. Бундан ташқари, ползуннинг шарнирида 4 ва 5 звеноларнинг реакция кучлари $\bar{R}_{45} = -\bar{R}_{54}$ пайдо бўлади. Бу реакция кучлари қуйидаги тартибда ҳисоблаб топилади:

а) шатуннинг кучлар таъсиридаги мувозанатини текшириб, $\bar{R}_{34}^r$ уринма кучнинг қийматини аниқлаймиз. Бунинг учун звено 4 нинг D нуқтасига нисбатан барча кучлар ва моментларнинг таъсиридаги мувозанат шарти тенгламасини тузамиз ($\sum M_D(P) = 0$ бўлиши керак). У ҳолда

$$\bar{R}_{34}^r \cdot CD - G_4 h_{O_4} - P_{u_4} \cdot h_{P_{u_4}} = 0$$

бўлади.

Кучлар елкасини h ҳарфи билан белгилаймиз, елка қайси кучники эканлигини индексга қўйиладиган ҳарф билан кўрсатамиз, масалан, h_{O_4} — оғирлик кучи G_4 нинг елкаси; $h_{P_{u_4}}$ инерция кучи P_{u_4} нинг елкаси ва ҳоказо. Елкаларнинг қийматларини тўғридан-тўғри чизмадан ўлчаб оламиз:

$$h_{O_4} = 68 \text{ мм}, \quad h_{P_{u_4}} = 13 \text{ мм}.$$

Агар $\bar{R}_{34}^r$ куч ҳисоблаганда ишораси манфий чиқса, бу куч векторининг йўналишини қарама-қарши томонга ўзгартирамиз. Тенгламани $\bar{R}_{34}^r$ кучга нисбатан ечамиз:

$$\bar{R}_{34}^r = \frac{G_4 \cdot h_{O_4} + P_{u_4} \cdot h_{P_{u_4}}}{CD} = \frac{34,3 \cdot 68 + 915 \cdot 13}{140} = 101,6 \text{ Н};$$

б) группанинг кучлар таъсирида мувозанатда бўлишини аниқлаймиз. Группага таъсир этувчи кучларнинг геометрик йиғиндиси нолга тенг бўлса, бу группа мувозанатда бўлади:

$$\bar{R}_{34}^r + \bar{P}_{u_4} + \bar{G}_4 + \bar{P}_{u_5} + \bar{G}_5 + \bar{P} + \bar{R}_{05} + \bar{R}_{34}^n = 0. \quad (88)$$

Бу тенгламадаги $\bar{R}_{34}^n$ ва $\bar{R}_{05}$ кучлар таъсир чизиқларининг йўналишлари маълум, яъни $\bar{R}_{34}^n$ кучнинг вектори звено 4 га параллел, $\bar{R}_{05}$ кучники эса $x-x$ йўналтирувчига тик йўналган. Қолган кучларнинг қиймати ва йўналиши маълум. $\bar{R}_{34}^r$, $\bar{R}_{05}$ кучлар векторларининг қийматлари кучлар плани тузиш йўли билан аниқланади.

Бунинг учун кучлар масштабини $\mu_p = 10 \text{ Н/мм}$ деб қабул қиламиз. Юқоридаги тенгламага кура барча кучларнинг век-

торларини уз йўналиши бўйича қушиб чиқамиз, яъни группага таъсир этувчи кучларнинг куч купбурчаклигини чизамиз (30-шакл, ж).

Листнинг ихтиёрий бир жойида a нуқтани танлаб оламиз. У $\bar{R}_{34}^r$ векторнинг бошланиш нуқтаси бўлади. Бу нуқтадан $\bar{R}_{34}^r$ векторга параллел чизиқ чизамиз ва унда $\bar{R}_{34}^r$ кучнинг μ_p масштабдаги кесмаси

$$\overline{ab} = \frac{R_{34}^r}{\mu_p} = \frac{101,6}{10} = 10,16 \text{ мм}$$

ни белгилаймиз. Шунингдек, G_4 куч векторининг кесмаси

$$\overline{bc} = \frac{G_4}{\mu_p} = \frac{34,3}{10} = 3,43 \text{ мм}$$

ни b нуқтадан G_4 кучга параллел қилиб ўтказилган $\overline{bc}$ чизиқда белгилаймиз.

Маълум бўлган кучларни ана шу усулда кетма-кет қушиб чиқамиз:

$$\overline{cd} = \frac{P_{u1}}{\mu_p} = \frac{9,15}{10} = 91,5 \text{ мм}, \quad \overline{de} = \frac{P_{u2}}{\mu_p} = \frac{702}{10} = 70,2 \text{ мм},$$

$$\overline{ef} = \frac{G_3}{\mu_p} = \frac{24,5}{10} = 2,45 \text{ мм}, \quad \overline{fk} = \frac{P}{\mu_p} = \frac{700}{10} = 70 \text{ мм}.$$

Сунгра $\bar{R}_{34}^r$ векторнинг бошланиш a нуқтасидан шатунга параллел қилиб, нормал куч вектори $\bar{R}_{34}^n$ ни чизамиз ва k нуқтадан $x-x$ йўналтирувчига тик чизиқ ўтказамиз. Ўтказилган бу чизиқларнинг кесишув l нуқтаси реакция кучлари $\bar{R}_{34}^n$ ва $\bar{R}_{05}$ ни белгиловчи $\overline{la}$ ва $\overline{kl}$ кесмаларни беради. Бундан $\bar{R}_{34}^n$ ва $\bar{R}_{34}^r$ векторларни геометрик қушиб ($\bar{R}_{34} = \bar{R}_{34}^n + \bar{R}_{34}^r$), шатуннинг C шарниридаги тула реакция кучининг қиймати ва йўналишини аниқлаймиз.

Бунинг учун l нуқтани o нуқта билан бирлаштириб, тула реакция кучи $\bar{R}_{34}$ нинг векторини оламиз.

Кучлар планидаги $\overline{lb} = 236$ мм кесмани ўлчаб, куч масштаби μ_p га купайтирамиз-да, $\bar{R}_{34}$ кучнинг қийматини аниқлаймиз:

$$R_{34} = \overline{lb} \cdot \mu_p = 236 \cdot 10 = 2360 \text{ н.}$$

Ползундаги реакция кучи $\bar{R}_{05}$ нинг қиймати қуйидагича топилади:

$$R_{05} = \overline{kl} \cdot \mu_p = 35 \cdot 10 = 350 \text{ н.}$$

в) шатуннинг D шарниридаги реакция кучини аниқлаймиз. Бунинг учун группадан звено 5 ни олиб ташлаб, D нуқтага шатуннинг ползунга таъсир этувчи реакция кучи $\bar{R}_{54}$ ни қўямиз. У ҳолда, шатун $\bar{R}_{34}$, $\bar{P}_{u_1}$, $\bar{G}_4$, $\bar{R}_{54}$ кучлар таъсирида бўлади. Бу звено мувозанатда бўлиши учун унга таъсир этувчи кучларнинг геометрик йиғиндиси нолга тенг бўлиши, яъни

$$\bar{R}_{34} + \bar{G}_4 + \bar{P}_{u_1} + \bar{R}_{54} = 0 \quad (89)$$

бўлиши керак. Бундаги номаълум $\bar{R}_{54}$ кучни аниқлаш учун $\bar{P}_{u_1}$ куч векторининг охири d нуқта билан $\bar{R}_{34}$ куч векторининг бошланиш l нуқтасини бирлаштириб, $\bar{dl}$ кесмани оламиз (30-шакл, з).

Кучлар планида $\bar{dl}$ кесма пунктир чизиқ билан кўрсатилган. Унинг ҳақиқий қиймати куч масштаби μ_p га кўпайтириш йўли билан аниқланади:

$$R_{54} = \bar{dl} \cdot \mu_p = 146 \cdot 10 = 1460 \text{ н.}$$

Реакция кучи $\bar{R}_{45}$ ни аниқлаш учун ползуннинг мувозанат шартини ёзамиз:

$$\bar{R}_{05} + \bar{P}_{u_1} + \bar{G}_5 + \bar{P} + \bar{R}_{45} = 0, \quad (90)$$

яъни барча кучларнинг геометрик йиғиндисини нолга тенглаштирамиз. Бунинг учун l ва d нуқталарни бирлаштириш етарли. Чизмадан кўриниб турибдики, $\bar{R}_{45}$ кучнинг қиймати $\bar{R}_{54}$ кучга тенг ва унга қарама-қарши йўналган.

Механизмнинг 2—3 звенолари группасига таъсир этувчи кучларни ҳисоблаш. Механизмнинг 2 ва 3 звеноларидаги иборат Ассур группаси (30-шакл, з) қуйидаги кучлар таъсирида бўлади: кулисанинг C нуқтасида шатуннинг реакция кучи $\bar{R}_{34}$ га тенг ва унга қарама-қарши йўналган реакция кучи $\bar{R}_{13}$. Бу кучнинг қиймати юқорида аниқланган. Кулисанинг O_2 шарнирида стойканинг реакция кучи $\bar{R}_{03}$ бор. Бу кучни O_2B звенога тик йўналган $\bar{R}_{03}$ уринма ва звено бўйлаб йўналган $\bar{R}_{03}^n$ нормал икки кучга ажратамиз. Кулиса массасининг S_3 марказида G_3 ва K нуқталарда инерция кучи P_{u_2} , A_3 нуқтада эса тошнинг кулисага бўлган реакция кучи $\bar{R}_{23}$ таъсир этади. Бу кучлар қуйидаги тартибда ҳисобланади. Тошни кулисадан ажратиб, унинг реакция куч вектори $\bar{R}_{23}$ ни A_3 нуқтага қўямиз. Бу кучнинг таъсир чизиги O_2A_3 звенога тик йўналади, қиймати эса O_2 нуқтага нисбатан моментлари тенгламасидан аниқланади:

$$R_{23} = \frac{R_{43} \cdot h_{R_{43}} - G_3 \cdot h_{G_3} + P_{u_3} \cdot h_{P_{u_3}}}{O_3 A_3} =$$

$$= \frac{2360 \cdot 25 - 29,4 \cdot 11 + 363 \cdot 35}{31} = 2303 \text{ н.}$$

Чизмадан қуйидаги кесмалар ўлчанади:

$$\overline{O_2 A_3} = 31 \text{ мм}, \quad h_{R_{43}} = 25 \text{ мм},$$

$$h_{G_3} = 11 \text{ мм}, \quad h_{P_{u_3}} = 35 \text{ мм}.$$

Сўнгра $\overline{R_{03}}$ куч векторининг йўналиши ва унинг қиймати кулисага таъсир этувчи барча кучлар тенгламасини тузиш ва кучлар планини чизиш йўли билан аниқланади:

$$\overline{R_{43}} + \overline{G_3} + \overline{P_{u_3}} + \overline{R_{23}} + \overline{R_{03}} = 0. \quad (91)$$

Кучлар плани масштабини $\mu_p = 30 \text{ н/мм}$ деб қабул қиламиз. Барча кучларнинг танланган масштабдаги кесмалари узунликларини ҳисоблаймиз:

$$\overline{R_{43}} = \frac{R_{43}}{\mu_p} = \frac{2360}{30} = 78,5 \text{ мм},$$

$$\overline{G_3} = \frac{G_3}{\mu_p} = \frac{29,4}{30} = 1 \text{ мм},$$

$$\overline{P_{u_3}} = \frac{P_{u_3}}{\mu_p} = \frac{363}{30} = 12 \text{ мм},$$

$$\overline{R_{23}} = \frac{R_{23}}{\mu_p} = \frac{2303}{30} = 76,7 \text{ мм}.$$

Юқоридаги векторий тенгламага биноан, $\overline{R_{43}}$, $\overline{G_3}$, $\overline{P_{u_3}}$, $\overline{R_{23}}$ векторларни геометрик қўшиб чиқамиз. Сўнгра $\overline{R_{23}}$ векторнинг охири бўлган e нуқтани $\overline{R_{43}}$ векторнинг боши бўлган a нуқта билан туташтириб, тўла реакция кучи R_{03} нинг $\overline{ea}$ вектор кесмасини оламиз (30-шакл, и). Бу кучнинг қиймати

$$R_{03} = \overline{ea} \cdot \mu_p = 145 \cdot 30 = 4350 \text{ н}$$

бўлади.

Шундан кейин кулисадан тошга таъсир этувчи $\overline{R_{32}}$ кучни текшираамиз. Тошга фақат $\overline{R_{12}}$ ва $\overline{R_{32}}$ кучлар таъсир этади. У ҳолда $\overline{R_{12}} + \overline{R_{32}} = 0$ бўлади, бундан $\overline{R_{12}} = -\overline{R_{32}}$, иккинчи томондан $\overline{R_{32}} = -\overline{R_{23}}$ бўлгани учун $\overline{R_{12}} = \overline{R_{23}}$ бўлади, яъни $\overline{R_{12}}$ ва $\overline{R_{23}}$ кучларнинг қиймати ҳам, йўналиши ҳам бир хил.

Г. Етакчи звено кучларини ҳисоблаш

Кривошипга A_1 нуқтада звено 2 нинг реакция кучи $\overline{R}_{21}$ таъсир этади. Бу куч қиймати жиҳатидан $\overline{R}_{12}$ кучга тенг бўлиб, қарама-қарши томонга йўналган. Кривошипнинг O_1 нуқта-сида стойканинг кривошипга $\overline{R}_{01}$ реакция кучи таъсир этади. Унинг қиймати ҳам, йўналиши ҳам номаълум, уни исталган томонга йўналтирамиз.

Кривошипнинг A_1 нуқтасига кривошипга тик йўналган му-возанатловчи P_m куч қўйилган (30-шакл, κ).

а) кривошипнинг мувозанатловчи P_m кучини аниқлаш учун барча кучларнинг O_1 нуқтага нисбатан моментлари тенглама-сини ёзамиз:

$$P_m \cdot O_1A - R_{21} \cdot h_{R_{21}} = 0, \quad (92)$$

бундан

$$P_m = \frac{R_{21} \cdot h_{R_{21}}}{O_1A} = \frac{2303 \cdot 45}{50} = 2072,7 \text{ н}$$

булади. Тенгламадаги $h_{R_{21}}$ елканинг қиймати (45 мм) чизмадан улчанади;

б) кривошипнинг реакция кучини шу кривошипга таъсир этувчи кучлар тенгламасини тузиш йўли билан аниқлаймиз:

$$\overline{R}_{21} + \overline{P}_m + \overline{R}_{01} = 0. \quad (93)$$

Куч масштаби $\mu_p = 30 \text{ н/мм}$ ни танлаб, кучлар планини чиза-миз. Бунинг учун a нуқтадан $\overline{R}_{21}$ кучга параллел чизиқ ут-казиб, унда

$$\overline{av} = \frac{R_{21}}{\mu_p} = \frac{2303}{30} = 76,7 \text{ мм}$$

кесмани белгилаймиз (30-шакл, κ). Унга v нуқтадан P_m кучга параллел қилиб, $\overline{vs} = \frac{2072,7}{30} = 69 \text{ мм}$ кесмани қўшамиз. Сўнгра

s нуқтани a нуқта билан бирлаштириб, реакция кучи $\overline{R}_{01}$ нинг sa вектори йўналишини оламиз. Унинг қиймати

$$R_{01} = \overline{sa} \cdot \mu_p = 33 \cdot 30 = 990 \text{ н}$$

булади.

Д. Мувозанатловчи P_m кучни Н. Е. Жуковский усули билан аниқлаш

1) Кривошипнинг айланиш (ω_1) йўналишига қарама-қарши йўналишида 90° га бурилган бурилма тезликлар планини ту-замиз (30-шакл, l).

2) Механизм звеноларига таъсир этувчи барча кучларни ва моментларни ўзларига параллел қилиб, схемадан тезликлар планидаги ўз нуқталарига кўчирамиз. Масалан, P куч механизмининг D нуқтасида таъсир қилади. Уни схемадан тезликлар планидаги d нуқтага ўзига параллел йўналишда кўчирамиз. Қолган кучлар ва моментлар ҳам шу тартибда кўчирилади.

3) Тезликлар планидаги кучларнинг қўтб нуқтаси P_v га нисбатан моментлари тенгламасини тузамиз:

$$P_m \cdot p_{va1} + G_3 \cdot h_{G_3} - P_{u_2} \cdot h_{P_{u_2}} + G_4 \cdot h_{G_4} - P_{u_4} \cdot h_{P_{u_4}} - P_{u_5} \cdot h_{P_{u_5}} - P \cdot h_P = 0.$$

Чизмадан кучларнинг елкалари қийматларини ўлчаб, мувозанатловчи P_m кучнинг қийматини ҳисоблаймиз:

$$P_m = \frac{P_{u_2} \cdot h_{P_{u_2}} + P \cdot h_P + P_{u_4} \cdot h_{P_{u_4}} + P_{u_5} \cdot h_{P_{u_5}} - G_4 \cdot h_{G_4} - G_3 \cdot h_{G_3}}{p_{va1}} =$$

$$= \frac{702 \cdot 42 + 700 \cdot 40 + 915 \cdot 34 + 363 \cdot 53 - 34,3 \cdot 23 - 29,4 \cdot 17}{80} = 2130 \text{ Н}.$$

Икки усулда аниқланган P_m кучнинг фарқи

$$\Delta P_m = \frac{P_m^* - P_m^n}{P_m^*} \cdot 100\% = \frac{2130 - 2072}{2130} \cdot 100 = 2,72\%$$

ни ташкил этади. Демак, мувозанатловчи P_m куч етарли даражада аниқ ҳисобланган.

V. МАШИНАНИНГ БЕРИЛГАН КУЧ ТАЪСИРИДАГИ ҲАРАКАТИНИ ТЕКШИРИШ

Машиналар динамикасининг асосий масалаларидан бири звеноларнинг массаларини ҳисобга олиб, уларга қўйилган куч таъсирида машина агрегатининг ҳаракатини текширишдан иборат. Бунда машина ҳаракатининг режимлари текширилади. Юқорида эркинлик даражаси бирга тенг бўлган механизм ҳаракатини текширганимизда, асосий вал ўзгармас бурчагий тезлик билан айланади, деб қабул қилинган эди. Аслида бундай ҳаракат кам учрайди. Технологик процесснинг характери ҳар хил бўлади. Шунга қараб, уни бажариш учун талаб қилинган фойдали қаршилик кучлари қуввати ўзгарувчан бўлади. Шунинг учун асосий валнинг бурчагий тезлиги ўзгарувчан бўлади. Бу валнинг бурчагий тезлигининг ўзгариш қонунини механизмга қўйилган барча кучлар системаси маълум бўлганда аниқлаш мумкин.

Демак, механизмга таъсир этувчи барча кучлар берилган деб, бу кучлар таъсирида механизмнинг ҳаракат қонунини аниқлаймиз.

1. КЕЛТИРИЛГАН КУЧ ВА МАССА

Механизм турли куч ва жуфт кучлар таъсиридаги мураккаб звенолар системасидан иборат бўлади. Бу системани берилган ташқи кучлар ва массалар таъсиридаги ҳаракат қонунини аниқлаш жуда мураккаб масаладир, чунки бунда ўзгарувчи коэффицентли дифференциал тенгламаларни бир неча марта интеграллаш керак бўлади. Эркинлик даражаси бирга тенг бўлган механизм ҳаракатининг тенгламасини соддалаштириш учун механизмга таъсир этувчи куч ва массаларни бир звенога (ёки бир нуқтага) келтириш усулини татбиқ этиб, шу звенонинг ҳаракат қонунини текшириш етарли бўлади.

Механизмнинг қолган звенолари ва нуқталарининг ҳаракат қонунлари кинематикавий текшириш усуллари билан аниқланади. Шунинг учун машина агрегати асосий валининг бурчагий тезлиги аниқланади-да, динамикавий масалалар — механизм звеноларига таъсир этувчи куч ва моментлар, шунингдек, уларнинг масса ёки инерция моментлари бир нуқта ёки бир звенога келтирилиб, шу асосий вал текширилади.

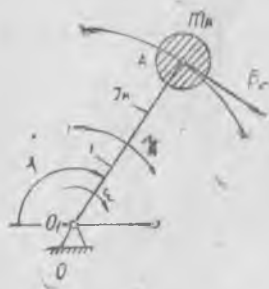
Механизмнинг турли звеноларидаги куч ва моментларни битта куч ёки моментга алмаштирсак, бу куч ёки момент *келтирилган куч* ёки *момент* деб аталади. Звенонинг бу куч қўйилган нуқтаси *келтирилган нуқта*, звено эса *келтирилган звено* дейилади. Агар механизм звеноларига таъсир этувчи барча куч ва моментлар, шунингдек, звеноларнинг массалари ва уларнинг инерция моментлари O_1A звенога келтирилса, шартли механизмга эквивалент бўлган айланувчи O_1A звенонинг динамикаси текширилади.

Бу звено механизм звеноларига таъсир этувчи ҳақиқий куч ва моментларга алмаштирилган, ўзгарувчи келтирилган инерция моменти I_k га ва келтирилган момент M_k эга бўлади. Келтирилган звено билан алмаштирилган O_1A звенонинг ҳаракат қонуни бир хил бўлади.

Келтирилган куч ёки келтирилган моментнинг элементар иши ёки қуввати (N_k) текшириладиган механизмнинг звеноларига қўйилган куч ва моментларнинг ($\sum_{i=1}^k N_i$) элементар иши ёки қувватига тенг бўлади, яъни:

$$N_k = \sum_{i=1}^{i=k} N_i. \quad (94)$$

Агар келтирилган P_k куч A нуқтага қўйилган (31-шакл) ва шу нуқтанинг траектория чизиғига уринма тарзда йўналган бўлса, у ҳолда (94) тенглик мана бундай ёзилади:



81-шакл.

$$P_k v_A = \sum_{i=1}^{i=k} P_i v_i \cdot \cos \alpha_i + \sum_{i=1}^{i=k} M_i \omega_i, \quad (95)$$

бу ерда v_A — келтирилган A нуқтанинг тезлиги;

P_i ва M_i — звенога қўйилган куч ва момент;

v_i — P_i куч қўйилган нуқтанинг тезлиги;

ω_i — i звенонинг бурчагий тезлиги;

α_i — P_i куч билан v_i тезлик вектори орасидаги бурчак.

Агар келтирилган P_k куч ўрнига келтирилган M_k моментни аниқлаш талаб қилинса, (90) тенглик қуйидагича ёзилади:

$$M_k \omega = \sum_{i=1}^{i=k} P_i v_i \cos \alpha_i + \sum_{i=1}^{i=k} M_i \omega_i \quad (96)$$

бу ерда ω — келтирилган звенонинг бурчагий тезлиги.

(95) ва (96) тенгламалардан келтирилган куч ва момент аниқланади:

$$P_k = \sum_{i=1}^{i=k} \frac{P_i v_i \cos \alpha_i}{v_A} + \sum_{i=1}^{i=k} \frac{M_i \omega_i}{v_A}; \quad (97)$$

$$M_k = \sum_{i=1}^{i=k} \frac{P_i v_i \cos \alpha_i}{\omega} + \sum_{i=1}^{i=k} \frac{M_i \omega_i}{\omega}. \quad (98)$$

Маълумки, машина ҳаракатининг асосий тенгламасига фақат қўйилган кучларнинг иши кирмасдан, балки звеноларнинг кинетикавий энергияси ҳам киради. Кинетикавий энергия системанинг массасига ва унинг тақсимланишига боғлиқ. Келтирилган m_k масса A нуқтага қўйилган шартли масса бўлиб (31-шакл), бу масса билан A нуқта тезлиги v_A нинг квадрати ярмига кўпайтмасы шу нуқта билан характерланиб, механизмнинг кўриб чиқиладиган ҳар бир вазиятининг кинетикавий энергияси T га тенг бўлган кинетикавий энергия T_k га эга бўлади, яъни:

$$T = \sum T_i. \quad (99)$$

Механизмнинг кинетикавий энергияси унинг барча звеноларининг кинетикавий энергиялари йиғиндисига тенг:

$$T = \sum T_i = \sum_{i=1}^{i=n} \left[\frac{I_{S_i} \omega_i^2}{2} + \frac{m_i v_{S_i}^2}{2} \right], \quad (100)$$

бу ерда n — механизмнинг қўзғалувчи звенолари сони.

Келтирилган нуқтанинг кинетикавий энергияси қуйидагича бўлади:

$$T_k = \frac{m_k \cdot v_A^2}{2}. \quad (101)$$

Келтирилган звенонинг кинетикавий энергияси

$$T_z = \frac{I_k \cdot \omega^2}{2} \quad (102)$$

булади; бу ерда I_k — звенонинг айланиш ўқиға мос ўққа нисбатан келтирилган инерция моменти (31-шакл).

Механизм билан келтирилган m_k массали ёки келтирилган I_k инерция моментли звенолар системасининг динамикавий эквивалентлиги шартига кўра,

$$T_k = T, \quad T_z = T$$

булади.

T_k , T ва T_z ларни ўз ўрнига қўйиб, тенгламани соддалаштирсак, қуйидаги тенгламалар ҳосил бўлади:

$$m_k = \sum_{i=1}^{i=n} \left[I_{S_i} \left(\frac{\omega_i}{v_A} \right)^2 + m_i \left(\frac{v_{S_i}}{v_A} \right)^2 \right], \quad (103)$$

$$I_k = \sum_{i=1}^{i=n} \left[I_{S_i} \left(\frac{\omega_i}{\omega} \right)^2 + m_i \left(\frac{v_{S_i}}{\omega} \right)^2 \right]. \quad (104)$$

(103) ва (104) тенгламалардан кўринадики, келтирилган масса ёки келтирилган инерция моменти механизмнинг ҳаракат қонунига боғлиқ бўлмасдан, келтирилган звенонинг ҳолатига боғлиқ, яъни улар ўзгарувчи қийматга эга бўлиб, умумлаштирилган координаталар бурчаги φ га қараб ўзгаради.

Фақат хусусий ҳолда, механизмнинг узатиш нисбати ўзгармаса (тишли ғилдиракли механизмда, фрикциион узатмаларда, шарнирли параллелограмм механизмларда ва ҳоказоларда), улар доимий бўлади.

1-мисол. 32-шаклда икки поғонали тишли узатма тасвирланган. Унинг O_1 , O_2 , O_3 валларига $M_1 = 50$ нм, $M_2 = 30$ нм, $M_3 = 40$ нм моментлар таъсир этади. Тишли ғилдиракларнинг айланиш ўқларига нисбатан инерция моментлари $I_{O_1} = 0,5$ кгм², $I_{O_2} = I_{O_3} = 2,4$ кгм², уларнинг тишлари сони $z_1 = 16$, $z_2 = 32$, $z_{2'} = 17$, $z_3 = 34$ берилган.

Қуйидагилар талаб қилинади:

1) моментларнинг I валга келтирилиш моменти M_k ни аниқлаш;

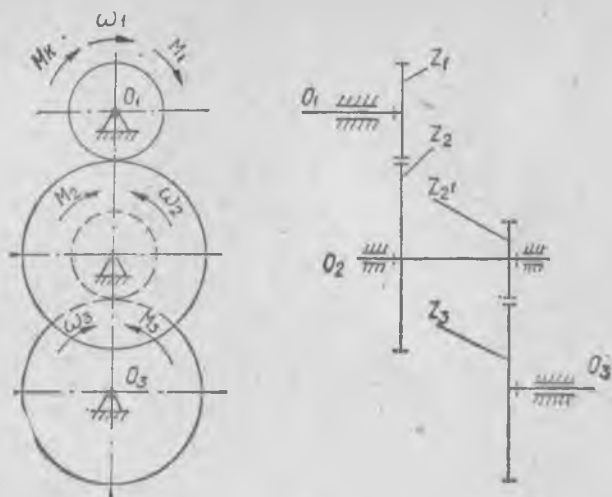
2) механизмнинг I валга келтирилиш инерция моменти I_k ни аниқлаш;

3) I валнинг бурчагий тезланишини аниқлаш.

Ечиш: 1) I валга келтириш моментини аниқлаш учун берилган барча моментларнинг қуввати йиғиндисини келтирилган валнинг қувватига тенглаймиз:

$$N_k = \sum N_i = N_1 + N_2 + N_3,$$

$$M_k \omega_1 = M_1 \omega_1 + M_2 \omega_2 + M_3 \omega_3,$$



32-шақл.

бундан

$$M_k = M_1 + M_2 \frac{\omega_2}{\omega_1} + M_3 \frac{\omega_3}{\omega_1}$$

келиб чиқади. Шарт бўйича ғилдиракнинг тишлари сони берилган, яъни:

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = U_{21} = -\frac{z_1}{z_2},$$

$$\frac{\omega_3}{\omega_1} = U_{31} = U_{32} \cdot U_{21} = -\frac{z_2'}{z_3} \left(-\frac{z_1}{z_2} \right).$$

Ҳарфлар ўрнига қийматларини қўйиб, M_k ни аниқлаймиз:

$$M_k = M_1 - M_2 \frac{z_1}{z_2} - M_3 \left(\frac{z_2' \cdot z_1}{z_3 \cdot z_2} \right) = 50 - 30 \frac{16}{32} - 40 \frac{17 \cdot 16}{34 \cdot 32} = 25 \text{ нм};$$

2) механизмнинг I валга келтирилган инерция моменти I_k ни аниқлаймиз. Бунинг учун келтирилиш звеносининг кинетикавий энергиясини барча звеноларнинг кинетикавий энергияси йиғиндисига тенглаймиз:

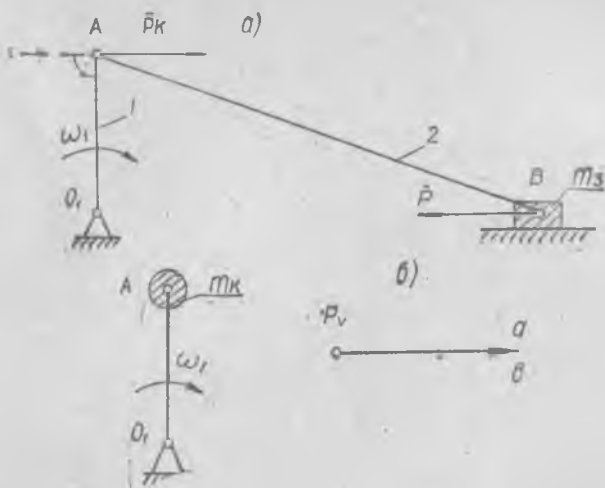
$$T_k = \sum T_i = T_1 + T_2 + T_3,$$

$$\frac{I_k \omega_1^2}{2} = \frac{I_{O_1} \omega_1^2}{2} + \frac{I_{O_2} \omega_2^2}{2} + \frac{I_{O_3} \omega_3^2}{2},$$

$$I_k = I_{O_1} + I_{O_2} \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 + I_{O_3} \left(\frac{\omega_3}{\omega_1} \right)^2,$$

$$I_k = I_{O_1} + I_{O_2} \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2 + I_{O_3} \left(\frac{z_2' \cdot z_1}{z_3 \cdot z_2} \right)^2 = 0,5 + 2,4 \left(\frac{16}{32} \right)^2 + 2,4 \left(\frac{17 \cdot 16}{34 \cdot 32} \right)^2 =$$

$$= 1,25 \text{ кгм}^2.$$



33-шакл (а, б).

Узатманинг узатиш сони доимий бўлгани учун звено 1 га келтирилган инерция моменти I_k ўзгармас бўлади;

3) звено 1 нинг бурчагий тезланишини аниқлаймиз:

$$\epsilon = \frac{M_k}{I_k} = \frac{25}{1,25} = 20 \frac{\text{рад}}{\text{сек}^2}$$

2-мисол. Кривошип ползунли механизм (33-шакл) ползуни-нинг массаси $m_3 = 10$ кг бўлиб, унга қўйилган $P = 1000$ Н куч таъсирида ва кривошипнинг $\varphi = 90^\circ$ туриш ҳолатида унинг А нуқтага келтирилиш кучи P_k ни ва массаси m_k ни аниқланг.

Ечиш: 1) механизмнинг А шарниридаги келтирилган куч P_k ни аниқлаймиз. Бунинг учун келтирилган куч P_k ни аниқлашнинг умумий формуласини ёзамиз:

$$P_k = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} N_i}{v_A},$$

бу ерда v_A — келтирилиш А нуқтасининг тезлиги;

$\sum_{i=1}^{i=n} N_i$ — келтирилувчи кучлар қувватларининг йиғиндиси.

Шартга кўра, ползуннинг массаси m_3 берилган, у ҳолда фақат ползуннинг қуввати олинади:

$$P_k = \frac{P \cdot v_B}{v_A} = P \left(\frac{pb}{pa} \right),$$

v_A ва v_B тезликларнинг қийматини шу вазият учун тезликлар панини чизиш йўли билан аниқлаймиз Шаклдан кўринади, $v_B = v_A$. Шунинг учун $P_K = P = 1000$ н.

2) Келтирилган масса m_K қуйидагича аниқланади:

$$m_K = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} T_i}{\frac{v_A^2}{2}} = \frac{m_3 \frac{v_B^2}{2}}{\frac{v_A^2}{2}} = m_3 = 10 \text{ кг,}$$

бу ерда $\sum_{i=1}^{i=n} T_i$ — келтирилувчи массалар кинетикавий энергияларининг йиғиндиси.

Механизмда бир звено — ползуннинг массаси берилгани учун фақат унинг кинетикавий энергияси олинади. Агар бошқа звеноларнинг ҳам куч ва массалари берилса, у ҳолда, уларнинг ҳам қуввати ва кинетикавий энергияси ҳисобланади.

VI. ТИШЛИ МЕХАНИЗМЛАР ЛОЙИҲАЛАШ

1. ТИШЛИ МЕХАНИЗМНИНГ ТЕХНИКАДА ИШЛАТИЛИШИ ВА УЛАРНИНГ ТУРЛАРИ

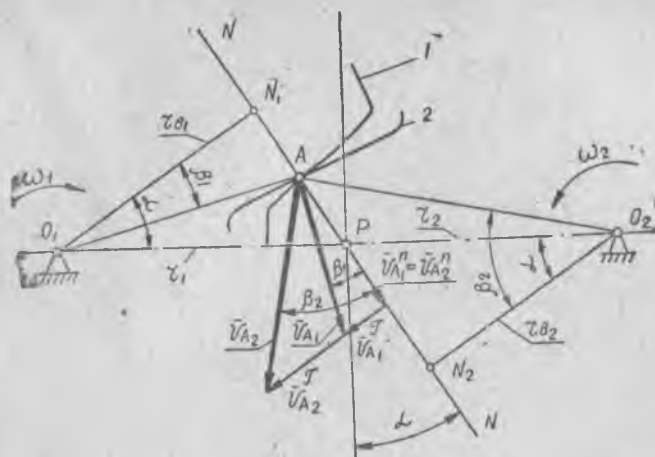
Тишли механизмлар машина ва приборларда кенг қўламда ишлатилади. Редукторларда тишли узатмаларнинг турли хиллари ишлатилади. Улар ёрдамида етакланувчи звенога зарур айланма ҳаракат бериш мумкин. Тишли механизмлар жуда кичик қувватдан тортиб, бир неча ўнг минг кВт гача қувватларни узатиши мумкин. Улар автомобиль ва тракторларда, қишлоқ хўжалик ва қурилиш машиналарида, металл кесиш станокларида, ўлчаш приборлари ва ҳисоблаш машиналарида кўп ишлатилади. Тишли узатмалар валларининг ўзаро жойланишига қараб, цилиндрик, конусавий, винтавий, червякли ва рейка-ли турларга бўлинади. Бу узатмалар ёрдамида параллел, кесишувчи ва айқашувчи валларга айланма ҳаракат узатилади. Узатмалар вазифасига қараб, куч, ҳисоб ва тезлик узатувчи турларга бўлинади. Тишли узатманинг асосий характеристикаси етакчи вал билан етакланувчи валнинг айланиш бурчагий тезликлари ω_1 ва ω_2 нинг нисбатини аниқловчи узатиш нисбаги

$$U_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (105)$$

ёки етакланувчи Z_2 ғилдиракнинг тишлари сонини етакчи ғилдирак Z_1 нинг тишлари сонига нисбатини белгилловчи узатиш сони

$$U_{12} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (106)$$

дан иборат,



34-шакл.

Тишли узатмалардан кўпларининг узатиш нисбати ёки сони ўзгармас бўлиши керак.

Тишли узатмаларда ҳаракат тишлар ёрдамида узатилади. Узатиш нисбати ўзгармас бўлиши тишнинг профилига боғлиқ. $U = \text{const}$ бўлиши учун тиш профили чизигини тўғри танлаш керак. Бу чизиқ тишли илашманинг асосий теоремаси ёрдамида аниқланади.

2. ТИШЛИ ИЛАШМАНИНГ АСОСИЙ ТЕОРЕМАСИ

Икки ғилдирак тишларининг филлари A нуқтада урилиб (34-шакл), O_1 ва O_2 ўқлар атрофида ω_1 ва ω_2 бурчагий тезликлар билан айланади.

Шаклдаги O_1O_2 чизиқ — икки ғилдирак марказларининг оралиғи. 1 ва 2 ғилдираклар филларининг урилиш нуқтаси $A(A_1, A_2)$ дан умумий нормал NN_1 чизиқ ўтказамиз. Икки звено филлари бир-бирига A нуқтада доимо урилиб туриши керак. Бунинг учун ҳар бир ғилдирак урилиш нуқтасининг $\vec{v}_{A_1}$ ва $\vec{v}_{A_2}$ тезликларини умумий нормал чизиқдаги нормал $\vec{v}_{A_1}^n$ ва $\vec{v}_{A_2}^n$ тезликларнинг проекциялари ўзаро тенг бўлиши керак:

$$\vec{v}_{A_1}^n = \vec{v}_{A_2}^n.$$

Акс ҳолда нуқталар ажралиши ёки бир звенонинг профили иккинчи звенонинг профилига кириб кетиши мумкин. $\vec{v}_{A_1}$

ва $\bar{v}_{A_1}$ тезликларнинг уринма $\bar{v}_{A_1}^x$ ва $\bar{v}_{A_1}^y$ ташкил этувчилари бири-бирига тенг бўлмайди. Бунинг натижасида профиллар орасида сирпаниш ҳосил бўлади. O_1 ва O_2 марказлардан NN га туширилган тик кесмаларнинг қиймаглари:

$$O_1 N_1 = O_1 A \cdot \cos \beta_1$$

$$O_2 N_2 = O_2 A \cdot \cos \beta_2$$

84-шаклдан кўринадикки, ташкил этувчи нормал тезликлар бири-бирига тенг:

$$v_{A_1} \cdot \cos \beta_1 = v_{A_2} \cdot \cos \beta_2.$$

Иккинчи томондан $v_{A_1} = O_1 A \cdot \omega_1$ ва $v_{A_2} = O_2 A \cdot \omega_2$.

У ҳолда,

$$O_1 A \cdot \cos \beta_1 \cdot \omega_1 = O_2 A \cdot \cos \beta_2 \cdot \omega_2$$

ёки

$$O_1 N_1 \cdot \omega_1 = O_2 N_2 \cdot \omega_2$$

$$r_1 \cdot \cos \alpha \cdot \omega_1 = r_2 \cdot \cos \alpha \cdot \omega_2$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} \quad (107)$$

бўлади. Бу тенглама асосида шундай хулоса чиқариш мумкин: тишларнинг уриниш нуқталаридан ўтказилган умумий нормал ғилдираклар марказлари оралигини уларнинг бурчагий тезликлари нисбатига тескари нисбатда бўлади. Демак, узатиш нисбати

$$U_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} = \text{const}$$

булиши учун профилнинг танланган чизиги қуйидаги шартни қондириши керак: профилларнинг уриниш нуқталаридан ўтказилган умумий нормал доимо бир нуқтадан ўтиб, марказлар оралигини ўзгармас

$$\frac{r_2}{r_1} = \text{const}$$

нисбатда бўлиши керак. Ана шу ифода илашманинг асосий теоремасидир. Бу нуқта P ҳарфи билан белгиланади ва *илашма қутби* деб аталади. P нуқта ғилдиракнинг нисбий ҳаракатидаги оний айланиш маркази бўлади. Бу шартни қондирувчи барча чизиклардан цилиндрик ғилдираклар тишларининг профилларини ясаш учун фойдаланиш мумкин. Амалда эвольвентавий илашмалар кўп ишлатилгани учун ғилдираклар тишларининг профиллари эвольвента эгри чизиги бўйича ясалади.

3. ЭВОЛЬВЕНТА ВА УНИНГ ХОССАЛАРИ

Тўғри чизиқнинг исталган нуқтаси айлана атрофида сирпанмасдан думалашидан эвольвента ҳосил бўлади. Бу айлана *эвольвентавий ёки асосий айлана* деб аталади. Унинг радиуси r .

ҳарфи билан белгиланади (35-шакл). NN тўғри чизиқ r_0 айланада сирпанмасдан думалагани учун N_1B кесма айланининг AN , ёйига тенг бўлади:

$$\overline{N_1B} = \overline{AN_1},$$

бу ерда $N_1B = \rho$ — эвольвентадаги B нуқтанинг эгрилик радиуси.

35-шаклдан кўринадики.

$$r_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha = r_0 (\alpha + \nu)$$

бундан

$$\nu = \operatorname{tg} \alpha - \alpha = \operatorname{inv} \alpha \quad (108)$$

бўлади; бу ерда α — нуқтанинг эвольвентадаги вазиятини билдирувчи бурчак;

ν — эвольвента функцияси, бошқача қилиб айтганда, инволюта бурчаги.

Инволюта $\operatorname{inv} \alpha$ бурчаги α нинг қийматига қараб, махсус жадвалдан олинади. Эвольвентанинг исталган нуқтасининг ρ радиус-вектори қуйидаги нисбатдан аниқланади:

$$\rho = \frac{r_0}{\cos \alpha} \quad (109)$$

(103) ва (104) формулалар эвольвентанинг қутбий координаталар системасидаги тенгламаларидир.

Тишли илашма лойиҳалашда эвольвентанинг қуйидаги асосий хоссаларидан фойдаланилади:

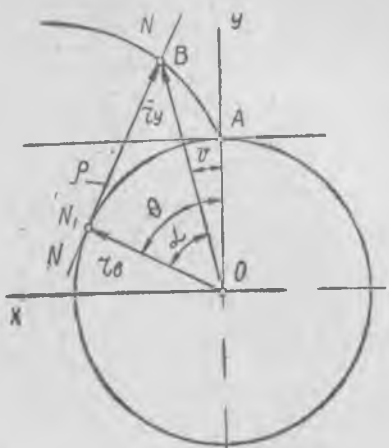
1. Эвольвентадаги исталган нуқтанинг нормал чизиғи асосий айлананинг уринмаси бўлади. Бу хосса эвольвентанинг чизилишидан келиб чиқади, яъни NN нормал асосий айлананинг уринмаси бўлади.

2. Эвольвентадаги исталган нуқтанинг эгрилик радиуси шу нуқтадан асосий айланага ўтказилган уринма узунлигига тенг.

3. Эвольвента доимо асосий айланадан бошланиб, унинг ташқарисида ётади.

4. Эвольвентанинг шакли фақат асосий айлананинг радиусига боғлиқ.

Асосий айлананинг радиуси чексизга тенг ($r_0 = \infty$) бўлганда, эвольвента тўғри чизиққа айланади.



35-шакл.

4. ЭВОЛЬВЕНТАВИЙ ИЛАШМАНИНГ АСОСИЙ ПАРАМЕТРЛАРИ

Тишли нормал ғилдиракнинг асосий параметрлари 36-шаклда ҳарфлар билан кўрсатилган: r_a — тишлар чиқиғи бўйлаб утадиган айлана радиуси; r_f — тишлар ботиғи бўйлаб утадиган айлана радиуси; r — бўлиш айланаси радиуси; r_b — асосий айлана радиуси; r_w — бошланғич айлана радиуси; r_a — тиш каллагининг баландлиги; h_f — тиш оёғининг баландлиги; S — тишнинг қалинлиги; e — икки тиш оралиғи; P — тиш қадами; p — тиш профили билан тиш ботиғи айланасини бирлаштирувчи ёйнинг радиуси; h — тишнинг баландлиги.

Қушни икки тишнинг бир хил нуқталари орасидаги айлана бўйлаб ўлчанган масофа *илашманинг қадами* дейилади. Нормал ғилдиракларнинг асосий параметрларидан бири бўлиш айланасидир. Бўлиш айланаси узунлиги тиш қадами P билан ғилдирак тишлари сони z кўпайтмасига тенг:

$$Pz = 2\pi r \quad r = \frac{Pz}{2\pi}$$

Тиш қадами P нинг π га нисбати *илашманинг модули* дейилади ва m ҳарфи билан белгиланади:

$$m = \frac{P}{\pi} \quad (110)$$

Модулнинг қиймати тишли ғилдиракнинг асосий параметридир. Модуль ва тишлар сони ёрдамида ғилдиракнинг бошқа ўлчамлари ҳисобланади. Модулнинг ўлчов бирлиги мм бўлиб, ГОСТ—9563 — 60 бўйича махсус жадвалдан (1-жадвал) танлаб олинади.

1-жадвал

ГОСТ — 9563 — 60 бўйича стандарт модуль, мм

Қатор		Қатор		Қатор		Қатор	
1	2	1	2	1	2	1	2
0,05			0,35	2,5			18
	0,055	0,4			2,75	20	
0,06			0,45	3			22
	0,07	0,5			3,5	25	
0,08			0,55	4			28
	0,09	0,6			4,5	32	
0,1			0,7	5			36
	0,11	0,8			5,5	40	
0,12			0,9	6			45
	0,14	1,0			7	50	
0,15			1,125	8			55
	0,18	1,25			9	60	
0,20			1,375	10			70
	0,22	1,5			11	80	
0,25			1,75	12			90
	0,28	2,0			14	100	
0,30			2,25	16			

Илашманинг мустаҳкамлиги ва чидамлилиги жиҳатидан ҳисоблаб топилган модули стандарт қийматига мослаб олинади. Тишнинг бўлиш айланаси бўйича ўлчанган қалинлиги

$$s = \frac{\pi m}{2},$$

икки тиш оралиғи эса

$$e = \frac{\pi m}{2}$$

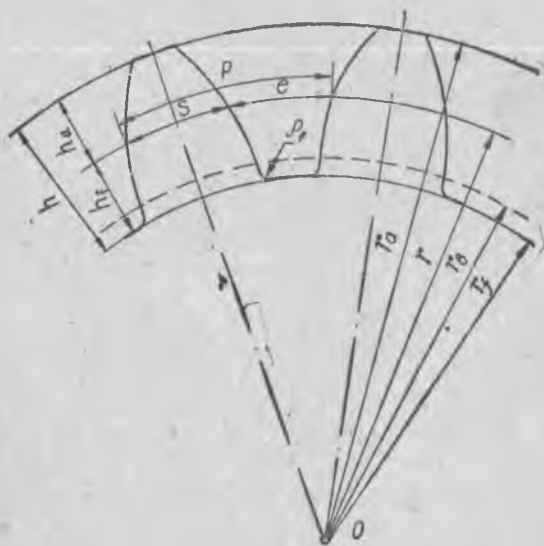
бўлади. Нормал илашмада тишнинг қалинлиги s икки тиш оралиғи e га тенг бўлади. Бунинг натижасида нормал узатманинг бўлиш айланалари бир-бирига нисбатан сирпанмай думалайди. Бир-бирига нисбатан сирпанмай думаловчи айланалар *бошланғич айланалар* деб аталади. Шундай қилиб, нормал узатмада бўлиш айланалари бошланғич айланага тўғри келади.

36-шакл асосида қуйидаги ифодаларни ёзамиз:

$$h_a = h_a^* \cdot m;$$

$$h_f = (h_a^* + c_o) m;$$

$$h = h_a + h_f = (2h_a^* + c_o) m,$$



36-шакл.

бу ерда h_a^* — тиш каллагининг баландлик коэффициенти (тишли нормал филдираклар учун $h_a^* = 1,0$ бўлади, баландлиги қисқартирилган тишлар учун эса $h_a^* = 0,8$ қилиб олинади);

c_o — радиал зазор коэффициенти ($c_o = 0,2 \dots 0,3$ қилиб олинади; тишли нормал филдираклар учун $c_o = 0,25$ бўлади).

Тишли нормал филдиракнинг қолган ўлчамлари m ёрдамида ҳисоблаб топилади.

Булиш айланаси ва бошланғич айлана радиуслари:

$$r = r_w = \frac{mz}{2}. \quad (111)$$

Филдиракнинг тишлари чизиги айланасининг радиуси:

$$r_a = \frac{m}{2} (r + 2). \quad (112)$$

Филдиракнинг тишлар ботиқлиги айланасининг радиуси:

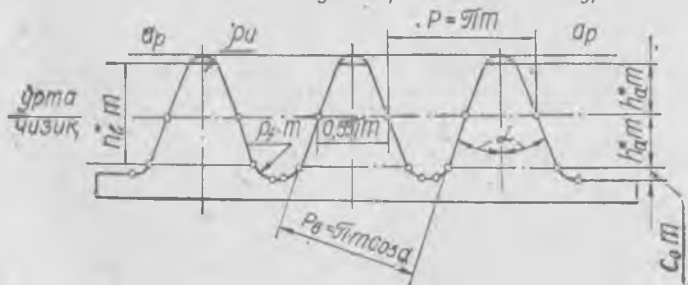
$$r_f = \frac{m}{2} (r - 2,5). \quad (113)$$

Рейка ёрдамида филдираклар заготовкасига тишлар қирқиш. Совет Иттифоқида тишлар қирқиш учун, асосан, ГОСТ 13755 — 68 га кура 37-шаклда контури курсатилган кесувчи асбоб—рейка қабул қилинган. Рейка тишининг қалинлиги икки тиш оралиғига тенг қисмдан ўтган ягона тўғри чизиқ рейканинг модули ёки *урта чизиги* деб аталади. Бу чизиқда рейканинг тиш қалинлиги

$$s = e = \frac{\pi m}{2}$$

бўлади. Рейканинг модуль чизигига параллел қилиб ўтказилган ҳар қандай тўғри чизиқда ўлчанган қадами узаро тенг бўлади.

Гост 13755-68 бўйича рейка - асбоб контури



37-шакл.

Рейка тиши каллагининг баландлиги рейканинг ўрта чизиғидан $h_a \cdot m$ оралиққа тенг бўлади. Рейка тишининг баландлигини чегараловчи $a_p a_p$ чизик тиш профилига қуйидаги

$$\rho_o = \frac{c_o m}{1 - \sin \alpha_o}$$

формулада ҳисоблаб топилган радиус билан бирлаштирилади. Рейканинг бу қисми тишнинг оёқ қисмини қирқади. Юқоридаги формулада α_o — рейканинг профил бурчаги ($\alpha_o = 20^\circ$ қилиб олинади).

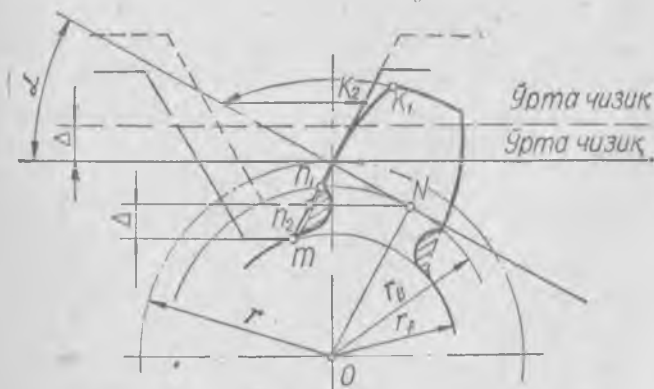
Тишли нормал ғилдираклар қирқиш. Ғилдиракка тиш қирқиш пайтида рейканинг ўрта чизиғи заготовканинг бўлиш айланасида сирпанмасдан думаласа, ҳосил бўлган тишли ғилдирак тишли нормал (нолавий) ғилдирак бўлади. Бу ғилдирак тиши каллагининг баландлиги $h_a = m$, оёғининг баландлиги эса $h_f = 1,25 \cdot m$ бўлади. Шунингдек, $s = e = \frac{\pi m}{2}$ бўлади.

Тишлари сони кам бўлган ғилдираклар шу усулда қирқилса, тишнинг оёқ қисми қирқилиши мумкин. Бунинг натижасида тишнинг асоси ингичка тортади-да, унинг мустаҳкамлиги пасайиб, синиши мумкин. Кичик диаметрли ғилдиракнинг тиш асоси қирқилмаслиги учун минимал тишлар сони $z_{\min}$ қуйидаги формуладан аниқланади:

$$z_{\min} = \frac{4h_a}{(2 - u_{21}) \sin^2 \alpha_o}. \quad (114)$$

Рейка тишли ғилдирак билан илашганда $u_{21} = 0$ бўлади. Демак, рейка билан илашувчи тишли ғилдирак тишларининг минимал сони қуйидаги формуладан топилади:

$$z_{\min} = \frac{2 \cdot h_a}{\sin^2 \alpha_o}.$$



38-шакл.

$\alpha_0 = 20^\circ$, $h_a^* = 1,0$ булганда $z_{\min} = 17$ булади. Демак, тишнинг асоси қирқилмаслиги учун тишли ғилдирак тишларининг минимал сони 17 дан кам булмаслиги керак. Агар тишлар сони 17 дан кам булса, рейкани суриб, тиш асоси қирқилмайдиган тишли ғилдирак яшаш мумкин.

Тишли ғилдирак заготовкасига тишлар қирқиш процессини кўриб чиқамиз (38-шакл).

Ғилдирак тишининг эвольвента қисми n_1k_1 , асосий айлана g_b дан бошланади. Тишнинг бу қисми рейка тишининг n_2k_2 профил қисми билан қирқилади. Рейка тишининг асосий айлана ичида жойлашган n_2m қисми ғилдирак тиши оёқ қисмининг профилини қирқади. Бу профил n_1k_1 эвольвентанинг давоми булмайди. Натижада тишнинг оёғи қирқилади (38-шаклдаги штрихланган қисм). Шунинг учун рейка тиши каллагининг чизиги назарий илашиш чизигининг чегарасидан (N нуқтадан) ўтмаслиги керак.

Шундагина тишнинг асоси қирқилмаслиги мумкин. Бунинг учун рейкани ғилдирак марказидан $\Delta = x \cdot m$ оралиққа суриб, тиш қирқилади; бу ерда x — коррекция (силжиш) коэффициенти; $h_a^* = 1,0$ ва $\alpha_0 = 20^\circ$ булганда қуйидаги формуладан аниқланади:

$$x = \frac{17 - z}{17}. \quad (116)$$

Рейкани суриб қирқилган тишли ғилдираклар коррекцияланган (шакли ўзгартирилган) тишли ғилдираклар дейилади.

5. ҒИЛДИРАК ТИШЛАРИНИ КОРРЕКЦИЯЛАШ

Ғилдирак тишларининг стандарт ўлчамларини кесувчи асбобни — рейкани силжитиб қирқиш тишли илашмани коррекциялаш деб аталади. Тишли илашмалар қуйидаги мақсадларда:

1) узатманинг габарит ўлчамларини кичрайтириш; 2) қопланиш коэффициенти ошириш; 3) солиштирма сирпаниш коэффициенти камайтириш; 4) тиш асосининг қирқилмаслигини таъминлаш мақсадида коррекцияланади.

Коррекциялаш усули тишлари сони кам булган шестернялар тишини ҳосил қилишда қўлланилади.

6. КОРРЕКЦИЯЛАШ УСУЛЛАРИ

Тишлар бир неча усуллар ёрдамида коррекцияланади. Кўпинча, рейкани ғилдиракнинг радиуси бўйича суриш усулидан фойдаланилади.

Кесувчи асбоб рейка ғилдирак марказига нисбатан $\Delta = x \cdot m$ оралиққа сурилади. Рейкани суриш қиймати Δ коррекция коэффициенти x га боғлиқ. Тишлар сони ва модули бир хил булган ғилдираклар коррекцияланганда тишлар қалинлиги бўлиш айланаси бўйича фарқ қилиши мумкин.

Бўлиш айланаси бўйича тишнинг қалинлигига қараб, ғилдираклар уч турга бўлинади:

1. Нолавий ғилдирак, бунда тишнинг бўлиш айланаси бўйича қалинлиги s икки тиш оралиғи e га тенг бўлади (39-шакл, а):

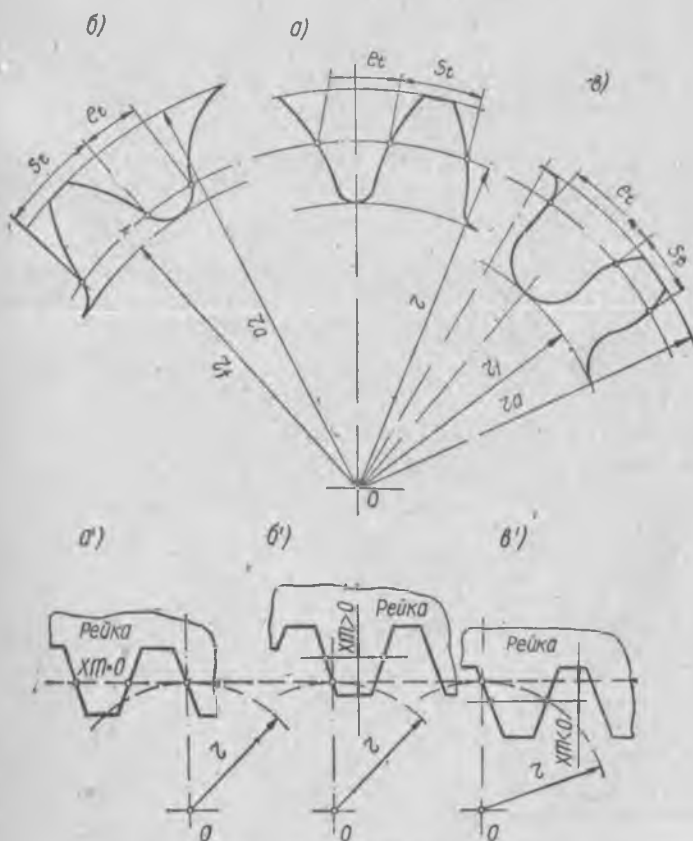
$$s = e = \frac{\pi m}{2}.$$

Бунда тиш профили рейка сурилмай ясалади, яъни рейканинг ўрта модул чизиги бўлиш айланасига уринма бўлади (39-шакл, а').

2. Мусбат ғилдирак, бу ғилдирак тишининг бўлиш айланаси бўйича қалинлиги

$$s > \frac{\pi m}{2}$$

бўлади, у икки тиш оралиғидан $s_1 > e_1$ (39-шакл, б). Бунда тиш профили рейкани ғилдирак марказидан суриш билан ясалади (39-шакл, б').



39-шакл. (а, б, в)

3. Манфий ғилдирак, бунда тишнинг бўлиш айланаси буйича қалинлиги $s < \frac{\pi m}{2}$, яъни $s < e$ бўлиб (39-шакл, в), тиш профили рейкани ғилдирак маркази томон суриш билан ясалади (39-шакл, в'). Коррекция коэффициентлари илашманинг курсаткичларига (тиш профилининг қирқилиши, қопланиш коэффициенти ва бошқаларга) катта таъсир қилади. Коррекция x_1 ва x_2 коэффициентларини танлашда мавжуд механизмнинг ишлаш шароитини ҳисобга олиш керак.

Агар узатма ёпиқ, мой тулдирилган қутида ишласа, коэффициентларни проф. В. И. Кудрявцев системаси ёрдамида аниқлаш керак.

Бу системада ғилдиракларнинг ўзаро таъсир этувчи тишлари ён юзларининг контакт мустаҳкамлиги буйича коррекция коэффициентлари танланади.

Бу система ёрдамида илашманинг сифатий курсаткичларини — тишлар қирқилиши, қопланиш коэффициентларининг қанчалик етарли эканлиги, солиштирма сирпаниш коэффициентлари ва бошқаларни ҳисобга олиш мумкин. Шунинг учун бу система ёрдамида лойиҳаланган тишларни қўшимча текширишга ҳожат қолмайди.

Бунинг учун проф. В. Н. Кудрявцев жадвал тузган. Узатма ғилдиракларининг тишлари сони z_1 ва z_2 га қараб, коррекция коэффициентлари x_1 ва x_2 танланади.

Туғри тишли цилиндрлик ғилдиракларни бурчак буйича коррекциялашда В. Н. Кудрявцев номограммаси ёрдамида коррекция коэффициентларини аниқлаш. Берилган: a_w — марказлар оралиғи; m — рейка модули; z_1 ва z_2 — шестерня ва ғилдирак тишлари сони; $k = \frac{x_1}{x_2}$ — шестерня ва ғилдирак коррекция коэффициентларининг нисбати; тишнинг профили — эвольвента; кесувчи асбобнинг контур бурчаги $\alpha = 20^\circ$.

Марказлар оралиғининг ўзгариш коэффициенти қийматини аниқлаймиз:

$$a = \frac{a_w - 0,5 \cdot m z_c}{m} \quad (117)$$

бу ерда z_c — шестерня ва ғилдирак тишлари сонларининг йиғиндиси.

2) Коррекциянинг йиғинди коэффициентини аниқлаймиз:

$$x_c = a + \psi, \quad (118)$$

бу ерда ψ — рейкани қайта силжитиш қиймати. Буни В. Н. Кудрявцев номограммасидан аниқлаймиз (40 - шакл). Мисол: $a_w = 53$ мм, $z_c = 50$, $m = 2$ мм бўлганда,

$$a = \frac{a_w - 0,5 \cdot m \cdot z_c}{m} = \frac{53 - 0,5 \cdot 2 \cdot 50}{2} = 1,5$$

бўлади. Қуйидаги қиймат-
ни аниқлаймиз:

$$\frac{100 \cdot a}{z_c} = \frac{1000 \cdot 1,5}{50} = 30$$

Бу сонни (30 ни) номо-
граммадан топиб, шунга
тегишли $\frac{1000 \cdot \psi}{z_c} = 5,7$ ни
топамиз. Бундан:

$$\psi = \frac{5,7 \cdot z_c}{1000} = \frac{5,7 \cdot 50}{1000} = 0,275.$$

3) Сунгра шестерня
ва ғилдиракларнинг кор-
рекция коэффициентла-
рини аниқлаймиз:

$$x_c = x_1 + x_2 = (kx_2 + x_2) = x_2(k+1),$$

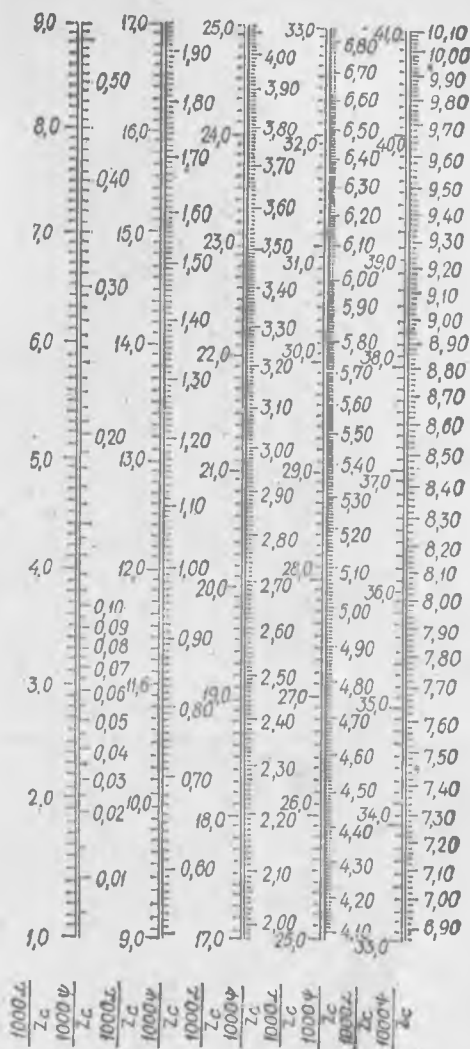
$$x_2 = \frac{x_c}{k+1} = \frac{a+\psi}{k+1},$$

$$x_1 = x_c - x_2.$$

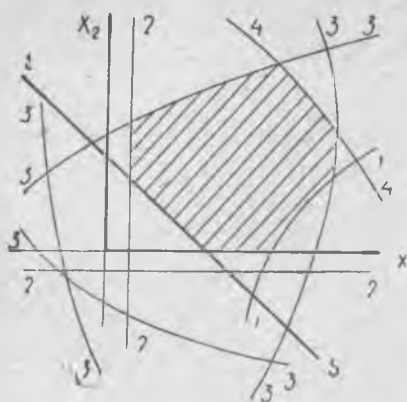
Очиқ узатмалар учун
коррекция коэффициент-
ларини ЦКБР (Марказий
редукторсозлик конст-
рукторлик бюроси) сис-
темаси асосида танлаш
керак. Бу системада ик-
ки ғилдирак тишлари-
нинг солиштира сирпа-
ниш коэффициентлари
узaro тенг деб қабул
қилинади. Бунинг учун
махсус жадвалдан икки
ғилдирак тишлари сони
 z_1 ва z_2 га қараб, x_1 ва
 $x_c = x_1 + x_2$ коэффи-
циентлари ва илашиш бур-
чаги α_w берилади. Бу
системада α' нинг қиймати формула билан аниқланмаслан,
балки тайёр жадвалдан олинади, масалан, $z_1 = 15$,

$$z_2 = 60, \alpha = 20^\circ.$$

ЦКБР жадвалидан фойдаланиб, силжиш коэффициентлари-
нинг қийматларини аниқлаймиз; $x_1 = -x_2 = 0,423$. Демак, $x_1 =$



40-шакл.



41-шакл.

$-0,423$, $x_2 = -0,423$ бўлади. Шунингдек, коррекция коэффициентларини номограмма ва блокировкаланган контурлар ёрдамида аниқлаш мумкин.

Кейинги пайтларда x_1 ва x_2 коэффициентларни аниқлаш учун махсус тузилган блокировкаланган контуридан фойдаланилмоқда.

Текис координаталар системасининг абсциссалар ўқига x_1 нинг, ординаталар ўқига эса x_2 нинг қийматлари қўйилади. Бу системани Громан М. Б. таклиф этган бўлиб, Т. П. ва И. А. Болотовскийлар ҳамда В. Э. Смирнов тиш-

лар сони турлича бўлган ғилдираклар учун қамраш контури тузганлар (41-шакл). Шаклдаги чизмалар қуйидагиларни белгилайди:

- а) (1 — 1) — тишлар учларининг ўткирланиш чегараларини;
- б) (2 — 2) — тишлар остки қисмларининг қирқилишини ҳисобга олади;
- в) (3 — 3) — тишларнинг тегилиб қолмаслигини ҳисобга олади;
- г) (4 — 4) — қопланиш коэффициентини ҳисобга олади.

Бу усул билан чизилган контур x_1 ва x_2 коэффициентларни танлаш зонасини кўрсатади. Кўпинча, чегараланиш шартини қўйиб, керакли ечимни зонадан олиш мумкин.

Масалан, x_0 нинг қиймати маълум бўлганда x_1 ва x_2 коэффициентларни $s - s$ чизигидан топиш мумкин. x_1 ва x_2 мусбат қийматларининг ортиши билан солиштырма сирпаниш камаяди.

Тишли илашмалар узатмада нолавий ва коррекцияланган тишли ғилдиракларнинг ишлатилишига қараб уч хил бўлади.

1) Нормал (нолавий) илашма. Бунда узатманинг иккала ғилдирагининг тишлари рейкани сурмай қирқилган бўлади, яъни:

$$x_1 = x_2 = 0.$$

2) Тенг сурилган (компенсацияланган) илашма. Бунда тишнинг баландлиги бўйича коррекцияланган ғилдираклар ишлатилади. Узатманинг коэффициент қийматлари

$$x_1 + x_2 = 0,$$

$$x_1 = -x_2$$

бўлади. Бунда кичик ғилдирак тишининг профили рейкани

мусбат силжитиш йўли билан, катта ғилдирак тишининг профили эса манфий силжитиш йўли билан ясалади. Рейканинг абсолют силжиш қийматлари ўзаро тенг бўлади.

3) Тенг сурилмаган илашма. Узатмада тиш бурчаги бўйича коррекцияланган ғилдираклар ишлатилади. Бунда икки ғилдирак тишларининг коррекция коэффицентлари нолга тенг бўлмайди:

$$x_1 + x_2 \neq 0.$$

Бунда қуйидаги вариантлар бўлиши мумкин:

а) мусбат илашмали узатма. Бунда $x_1 + x_2 > 0$ бўлиб, икки ғилдиракнинг коррекция коэффицентлари йиғиндиси доимо мусбат бўлади:

$$x_1 > 0, x_2 = 0$$

$$x_1 > 0, x_2 > 0$$

$$x_1 > 0, x_2 < 0, \quad \text{лекин } |x_1| > |x_2|$$

б) манфий илашмали узатма. Бунда $x_1 + x_2 < 0$ бўлиб, икки ғилдиракнинг коррекция коэффицентлари йиғиндиси манфий бўлади.

Коррекцияланган илашмаларда:

а) асосий айлананинг ва бўлиш айланасининг радиуслари нормал илашманинг радиусидек бўлади;

б) тишнинг бўлиш айланаси бўйича қалинлиги ва икки тиш оралиғининг қиймати рейканинг силжиш коэффицентига қараб ўзгаради.

Рейкани мусбат силжитиб, тиш қирқилганда тишнинг бўлиш айланаси қалинлиги ошади. Тиш каллагининг баландлиги катталашиб, оёғининг баландлиги кичраяди. Бунинг натижасида тишнинг эгилишга мустақкамлиги ошади. Тиш қалинлигининг айланаси бўйича тишнинг учи ўткирлашиб қолиши мумкин. Шунинг учун тиш каллагининг эни

$$s_a \geq (0,3 \dots 0,4) \cdot m$$

дан камайиб кетмаслик шартини бажарувчи коррекция коэффиценти

$$x > x_{\max}$$

ни олиш тавсия этилади. Мусбат коррекцияланган ғилдирак оёғининг радиуси рейканинг абсолют силжиш қиймати

$$\Delta = x \cdot m$$

қадар ошади. Манфий коррекцияланган ғилдиракда бунинг акси бўлади.

Тўғри тишли цилиндрик илашманинг асосий ўлчамларини
ҳисоблаш формулалари

Ҳисобланувчи параметр	Билгиси	Илашманинг тури		
		нолавий $x_c=0,$ $x_1=x_2=0,$ $a=\psi=0$	тенг сурилган $x_c=0, x_1+x_2=0,$ $x_1=-x_2, a=\psi=0$	тенг сурилмаган $x_c=0, x_1+x_2\neq 0,$ $a=0, \psi>0$
Тишнинг бўлиш айланаси бўйича қадами	p	$p = \pi m$	$p = \pi m$	$p = \pi m$
Бўлиш айланасининг радиуси	r_1	$r_1 = 0,5 \cdot m z_1$	$r_1 = 0,5 \cdot m z_1$	$r_1 = 0,5 m z_1$
	r_2	$r_2 = 0,5 m z_2$	$r_2 = 0,5 m z_2$	$r_2 = 0,5 m z_2$
Асосий айлананинг радиуси	r_{B1}	$r_{B1} = r_1 \cdot \cos \alpha$	$r_{B1} = r_1 \cdot \cos \alpha$	$r_{B1} = r_1 \cdot \cos \alpha$
	r_{B2}	$r_{B2} = r_2 \cdot \cos \alpha$	$r_{B2} = r_2 \cdot \cos \alpha$	$r_{B2} = r_2 \cdot \cos \alpha$
Тишнинг бўлиш айланаси бўйича қалинлиги	s_1	$s_1 = 0,5 p$	$s_1 = 0,5 \cdot p + 2 x_1 m \operatorname{tg} \alpha$	$s_1 = 0,5 p + 2 x_1 m \operatorname{tg} \alpha$
	s_2	$s_2 = 0,5 p$	$s_2 = 0,5 \cdot p + 2 x_2 m \operatorname{tg} \alpha$	$s_2 = 0,5 p + 2 x_2 m \operatorname{tg} \alpha$
Тиш оёғи айланасининг радиуси	r_{f1}	$r_{f1} = r_1 - m \times \times (h_a^* + c_0)$	$r_{f1} = r_1 - m \times \times (h_a^* + c_0 - x_1)$	$r_{f1} = r_1 - m \times \times (h_a^* + c_0 - x_1)$
	r_{f2}	$r_{f2} = r_2 - m \times \times (h_a^* + c_0)$	$r_{f2} = r_2 - m \times \times (h_a^* + c_0 - x_2)$	$r_{f2} = r_2 - m \times \times (h_a^* + c_0 - x_2)$
Ғилдираклар марказлари оралиғи	a_{W1}	$a_{W1} = 0,5 m z_c$	$a_{W1} = 0,5 \cdot m z_c$	$a_{W1} = m \left(\frac{z_c}{2} + a \right)$
	a_{W2}	$a_{W2} = 0,5 m z_c$	$a_{W2} = 0,5 m z_c$	$a_{W2} = m \left(\frac{z_c}{2} + a \right)$
Бошланғич айлананинг радиуси	r_{W1}	$r_{W1} = r_1$	$r_{W1} = r_1$	$r_{W1} = r_1 \left(1 + \frac{2a}{z_c} \right)$
	r_{W2}	$r_{W2} = r_2$	$r_{W2} = r_1$	$r_{W2} = r_2 \left(1 + \frac{2a}{z_c} \right)$
Тишнинг ба-ландлиги	h_1	$h_1 = m(2h_a^* + c_0)$	$h_1 = m(2h_a^* + c_0)$	$h_1 = m(2h_a^* + c_0)$
	h_2	$h_2 = m(2h_a^* + c_0)$	$h_2 = m(2h_a^* + c_0)$	$h_2 = m(2h_a^* + c_0)$
Тиш калла-ғи айланасининг радиуси	r_{a1}	$r_{a1} = r_{f1} + h_1$	$r_{a1} = r_{f1} + h_1$	$r_{a1} = r_{f1} + h_1$
	r_{a2}	$r_{a2} = r_{f2} + h_2$	$r_{a2} = r_{f2} + h_2$	$r_{a2} = r_{f2} + h_2$

Эслатма. Индексдаги 1 рақами тишлари сони кам бўлган z_1 ғилдиракка ва 2 рақами тишлари сони кўп бўлган z_2 ғилдиракка тегиш ли.

7. ТЎҒРИ ТИШЛИ ТАШҚИ ИЛАШМАЛИ УЗАТМА ЛОЙИҲАЛАШ ТАРТИБИ

Берилган m , z_1 , z_2 параметрлар ва илашманинг тури (нолавий, тенг сурилган ва тенг сурилмаганлиги) га қараб, тишли узатмалар қуйидаги тартибда лойиҳаланади:

1) юқоридаги усуллардан фойдаланилиб, тишнинг коррекция коэффициенти аниқланади;

2) 2-жадвалда берилган формулалар ёрдамида илашманинг барча ўлчамлари ҳисобланади;

3) тишли илашманинг профили чизилади.

Тишли илашманинг профилини чизиш учун:

а) тишли ғилдиракларнинг O_1 ва O_2 марказлари белгиланиб, улар тўғри чизиқ билан бирлаштирилади; чизманинг μ масштаби машинасозлик чизмачилигидан танлаб олинади;

б) ғилдиракнинг марказидан асосий ва бошланғич айланалар чизилади;

в) қутб нуқтасидан асосий айланага уринма ўтказилади;

г) уринма асосий айлана бўйлаб думалатилиб, тиш профилини ҳосил қилувчи эвольвента чизилади;

д) ҳар бир ғилдиракда учтадан тиш чизилади;

4) ҳақиқий илашма чизиги, тиш профилининг иш қисми, илашиш ёйи чизилади;

5) қопланиш коэффициенти аналитик ва графоаналитик усулларда ҳисоблаб топилади.

8. ТИШЛИ РЕДУКТОР ЛОЙИҲАЛАШ ВА УНИ ТЕКШИРИШ

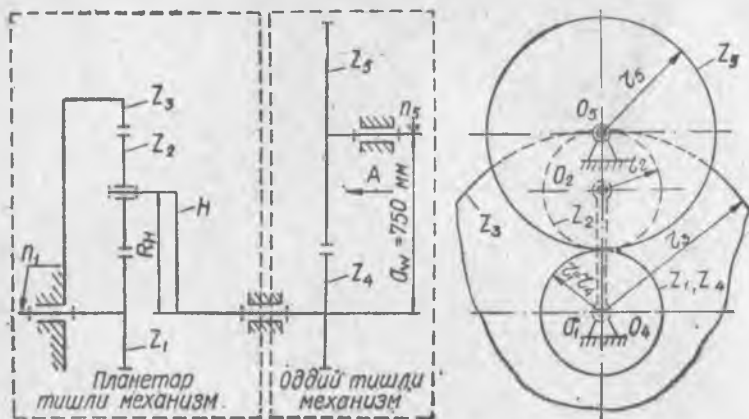
Мисол. Редуктор кинематикавий текширилсин ва қуйидаги маълумотлар асосида, ташқи илашмали нормал тишли икки ғилдиракнинг эвольвентавий профили лойиҳалансин; а) планетар механизм ғилдираклари тишларининг сони $z_1 = 20$, $z_2 = 21$, $z_3 = 62$; тишли оддий узатманинг узатиш сони $U_{45} = 2$; оддий узатманинг 4 ва 5 ғилдиракларининг марказлари оралиғи $a_w = 0,150$ м; тишли ғилдиракнинг модули $m = 5$ мм; етакланувчи ғилдиракнинг айланишлар сони $n_5 = 122 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$. Редукторнинг схемаси 42-шаклда кўрсатилган.

Ҳисоблаш тартиби. Схемаси берилган редуктор (42-шакл) 2 поғонали планетар ва оддий узатмадан иборат. Планетар узатма тишли ғилдираклар z_1 , z_2 , z_3 ва Н водилодан, оддий узатма эса 4 ва 5 ғилдираклардан иборат. Етакчи звено z_1 марказий бўлиб, соат стрелкаси юрадиган томонга айланади. Бу ғилдирак айланганда унинг тишлари сателлит z_2 нинг тишларига таъсир этади. Иккинчи томондан ғилдирак z_3 нинг тишлари қўзғалмас марказий ғилдирак z_3 тишлари билан илашган. Марказий ғилдирак z_1 атрофида сателлит думалаб, води-

Редукторнинг схемаси

$$\mu_c = 0,001 \text{ м/мм}$$

А буйича



42-шакл.

ло H ни айлантиради. Водило айланиб, 4 ва 5 ғилдиракларга ҳаракат узатади.

Тишли планетар механизмнинг узатиш сони қуйидаги формуладан аниқланади:

$$U_{1H}^3 = 1 - U_{13}^H = 1 + \frac{z_3}{z_1} = 1 + \frac{62}{20} = 4,1.$$

бу ерда U_{1H}^3 — планетар механизмларнинг марказий ғилдираги z_1 қўзғалмас бўлган пайтда ғилдирак z_1 дан водило H га ҳаракат узатиш сони;

U_{13}^H — водило H қўзғалмас бўлганда ғилдирак z_1 дан ғилдирак z_3 га ҳаракат узатиш сони.

Редукторнинг умумий узатиш сони планетар ва оддий узатмалар узатиш сонларининг кўпайтмасига тенг:

$$U_p = U_{пл} \cdot U_{од} = U_{1H}^3 \cdot U_{45} = 4,1 \cdot 2 = 8,2.$$

Электрик двигатель валининг айланиш сони қуйидагича лади:

$$n_1 = U_p \cdot n_5 = 8,2 \cdot 122 = 1000 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}.$$

Оддий узатма ғилдиракларининг тишлари сонини аниқлаймиз:

$$z_4 = \frac{2 \cdot a_w}{m(1 + U_{45})} = \frac{2 \cdot 150}{5(1 + 2)} = 20,$$

$$z_5 = U_{45} \cdot z_4 = 2 \cdot 20 = 40.$$

Редуктор схемасини икки кўринишда (проекцияда) чизамиз (42-шакл). Бунинг учун тишли филдиракларнинг бўлиш айланаси ҳамда водило радиусларини аниқлаймиз.

z_1 филдиракнинг бўлиш айланаси радиуси:

$$r_1 = \frac{mz_1}{2} = \frac{5 \cdot 20}{2} = 50 \text{ мм},$$

z_2 филдиракнинг бўлиш айланаси радиуси:

$$r_2 = \frac{mz_2}{2} = \frac{5 \cdot 21}{2} = 52,5 \text{ мм},$$

z_3 филдиракнинг бўлиш айланаси радиуси:

$$r_3 = \frac{mz_3}{2} = \frac{5 \cdot 62}{2} = 155 \text{ мм}.$$

Водило Н нинг радиуси:

$$R_H = r_1 + r_2 = 50 + 52,5 = 102,5 \text{ мм}$$

z_4 филдиракнинг бўлиш айланаси радиуси:

$$r_4 = \frac{m \cdot z_4}{2} = \frac{5 \cdot 20}{2} = 50 \text{ мм}.$$

z_5 филдиракнинг бўлиш айланаси радиуси:

$$r_5 = \frac{mz_5}{2} = \frac{5 \cdot 40}{2} = 100 \text{ мм}.$$

Редуктор схемасининг узунлик масштаби коэффиценти μ_l ни танлаймиз:

$$\mu_l = \frac{r_1}{r_5} = \frac{0,05}{50} = 0,001 \frac{\text{м}}{\text{мм}}.$$

Оддий узатма 4 ва 5 филдиракларининг асосий геометрик параметрларини ҳисоблаймиз.

Асосий айланаларнинг радиуслари:

$$r_{в4} = r_4 \cdot \cos \alpha = 50 \cdot \cos 20^\circ = 47 \text{ мм},$$

$$r_{в5} = r_5 \cdot \cos \alpha = 100 \cdot \cos 20^\circ = 94 \text{ мм}.$$

Филдирак тишларининг баландлиги:

$$h_4 = h_5 = 2,25 \cdot m = 2,25 \cdot 5 = 11,25 \text{ мм}.$$

Тиш каллаги баландлиги:

$$h_{a4} = h_{a5} = h_a^* \cdot m = 1 \cdot 5 = 5 \text{ мм}.$$

Тиш оёғи баландлиги:

$$h_{f4} = h_{f5} = 1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 5 = 6,25 \text{ мм}.$$

Илашманинг бошланғич айлана ёйи бўйича қадами:

$$p = \pi \cdot m = 3,14 \cdot 5 = 15,7 \text{ мм.}$$

Тишнинг бошланғич айлана ёйи бўйича қалинлиги:

$$s_4 = s_5 = 0,5 \cdot p = 0,5 \cdot 15,7 = 7,85 \text{ мм.}$$

Икки тишнинг бошланғич айлана ёйи бўйича оралиғи:

$$e_4 = e_5 = 0,5 \cdot p = 15,7 \cdot 0,5 = 7,85 \text{ мм.}$$

Филдирак тишларининг чиқиқлари айланаси радиуслари:

$$r_{a4} = r_4 + h_{a4} = 50 + 5 = 55 \text{ мм,}$$

$$r_{a5} = r_5 + h_{a5} = 100 + 5 = 105 \text{ мм.}$$

Филдираклар тишларининг ботиқлиги айланасининг радиуслари:

$$r_{f4} = r_4 - h_{f4} = 50 - 6,25 = 43,75 \text{ мм,}$$

$$r_{f5} = r_5 - h_{f5} = 100 - 6,25 = 93,75 \text{ мм.}$$

Галтелнинг юмалоқланиш радиуси:

$$\rho_f = 0,3 \cdot m = 0,3 \cdot 5 = 1,5 \text{ мм.}$$

9. ТАШҚИ ИЛАШМАЛИ ЭВОЛЬВЕНТА ПРОФИЛЛИ ФИЛДИРАК ТИШИНИ ЯСАШ

1. Чизманинг узунлик масштаби μ_l ни танлаймиз. Бунда тишнинг чизмадаги баландлиги $h > 50$ мм бўлиши керак:

$$\mu_e = \frac{h}{h} = \frac{0,01125}{56,25} = 0,0002 \frac{\text{м}}{\text{мм}},$$

бу масштаб 5:1 га туғри келади. Бунда чизманинг барча ўлчамлари масштаб бўйича 5 марта катталаштирилади.

2. Филдиракларнинг O_4 ва O_5 марказлари оралиғини (43-шакл) топамиз:

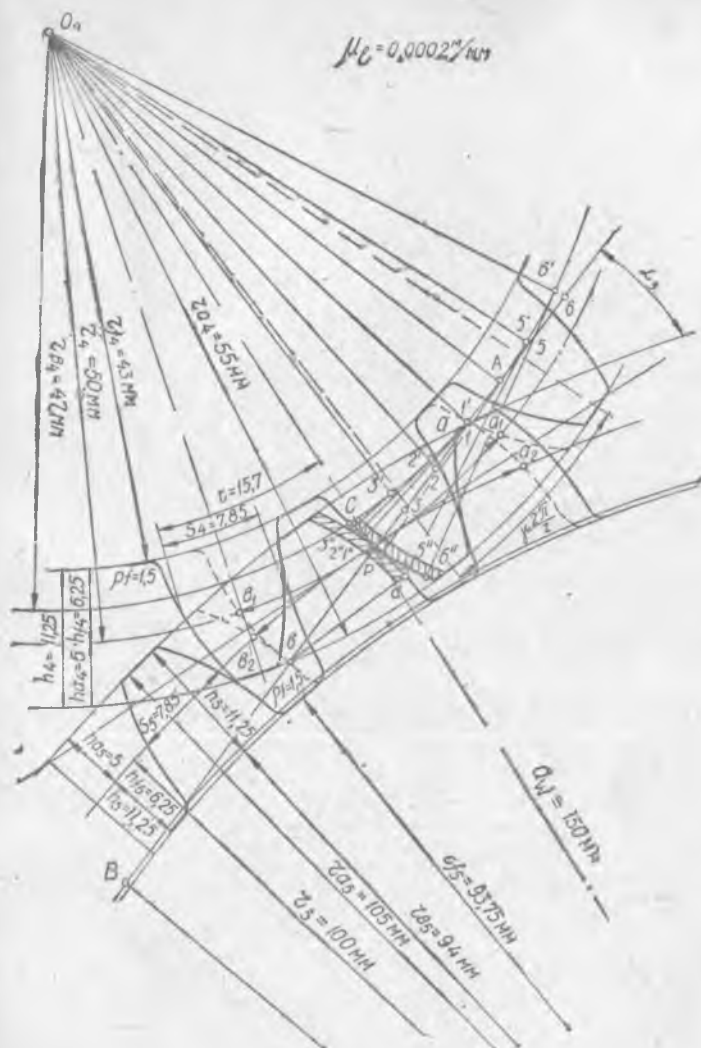
$$\bar{a}_w = \frac{a_w}{\mu_e} = \frac{0,150}{0,0002} = 750 \text{ мм.}$$

3. O_4 ва O_5 марказлар туғри чизиқ билан туташтирилади, бу марказлардан

$$\bar{r}_4 = \frac{r_4}{\mu_e} = \frac{0,050}{0,0002} = 250 \text{ мм,}$$

$$\bar{r}_5 = \frac{r_5}{\mu_e} = \frac{0,150}{0,0002} = 750 \text{ мм}$$

радиуслар билан бўлиш айланалари чизилади.



43-шакл.

4. Икки айлананинг уриниш нуқтаси P дан (илашиш қутбидан) бўлиш айланаларига уринма $\tau-\tau$ чизик ўтказилади. У O_4 ва O_5 марказларни тугаштирувчи чизикқа тик бўлади.

5. O_4 ва O_5 марказлардан

$$\bar{r}_{o_4} = \frac{r_{o_4}}{\mu_1} = \frac{0,047}{0,0002} = 235 \text{ мм},$$

$$\overline{r}_{e5} = \frac{r_{e5}}{\mu_e} = \frac{0,094}{0,0002} = 270 \text{ мм}$$

радиуслар билан асосий айланалар чизилади.

6. Қутб нуқтаси P дан τ — τ уринмага $\alpha = 20^\circ$ бурчак остида асосий айланаларга умумий бўлган уринма чизиғи $N-N$ ўтказилади. Бу уринма чизиқ асосий айланалар r_{e4} ва r_{e5} да уриниш нуқталари A ва B ни беради. Бунда $\overline{AB}$ кесма назарий илашиш чизиғи бўлади.

7. Ғилдиракнинг O_4 марказидан

$$\overline{r}_{a4} = \frac{r_{a4}}{\mu_e} = \frac{0,055}{0,0002} = 275 \text{ мм}$$

радиус билан ғилдирак тишларининг чиқиқлари айланаси,

$$\overline{r}_{f4} = \frac{r_{f4}}{\mu_e} = \frac{0,04375}{0,0002} = 218,75 \text{ мм}$$

радиуси билан эса ғилдирак тишларининг ботиқлари айланаси чизилади.

8. Илашиш чизиғи $N-N$ ни икки ғилдиракнинг асосий айланаларида думалатиб, қутб нуқтаси P дан утувчи эвольвента профили чизилади.

Тиш профили чизишнинг графикавий ва графоаналитик усулларини кўриб чиқамиз.

10. ТИШНИНГ ПРОФИЛИНИ ГРАФИКАВИЙ УСУЛДА ЧИЗИШ

1. Чизмадаги $\overline{AP}$ кесмани тенг қисмларга бўламиз. Масалан, $\overline{AP}$ кесмани тўртта тенг қисмга бўлиб, $\overline{P3}$, $\overline{32}$, $\overline{21}$, $\overline{1A}$ кесмаларни оламиз. Илашиш чизиғининг давомида $\overline{A5}$, $\overline{56}$ тенг кесмаларни ҳам белгилаймиз.

2. A нуқтадан бошлаб, асосий айланада бу кесмаларга тенг $\overline{A1} = \overline{A1'}$, $\overline{A2} = \overline{A2'}$, $\overline{A3} = \overline{A3'}$ шунингдек, $\overline{A5} = \overline{A5'}$ ва $\overline{A6} = \overline{A6'}$ ёйларни белгилаймиз.

3. Белгиланган $1'$, $2'$, $3'$, $4'$, $5'$, $6'$ нуқталарни ғилдиракнинг маркази O_4 билан туташтирамиз. Бу нуқталардан радиус чизиқларига тик, яъни асосий айланага уринма чизиқлар ўтказамиз.

4. Эвольвентанинг эвольвентадан ўтказилган нормал чизиқнинг узунлиги асосий айланаси „ёйининг узунлигига тенг“ деган хоссасига асосланиб, эвольвента эгри чизиғини чизамиз. Бунинг учун биринчи уринма чизиқда битта $1'-1''$ кесма, иккинчи уринма чизиқнинг 2 нуқтасидан $2'-2''$ кесма, учинчи уринманинг 3 нуқтасидан урта $3'-3''$ кесма белгилаймиз ва ҳоказо.

5. Белгиланган $1'', 2'', 3'', 4'', 5'', 6''$ нуқталарни кетма-кет (силлиқ чизиқ билан) туташтириб, эвольвента чизигини ҳосил қиламиз. Иккинчи ғилдирак тишининг профилини ҳам худди шу тарзда чизамиз. Чизиш пайтида тиш ботиқлиги айланасининг радиуси r_f асосий айлана радиуси r_b га тенг, ундан катта ёки кичик бўлиши мумкин. Бу ҳол ғилдирак тишларининг сонига боғлиқ. Агар $r_f \geq r_b$ бўлса, тиш ботиқлигининг айланаси эвольвента билан кесишади. Агар $r_f < r_b$ бўлса, тиш ботиқлигининг айланаси эвольвента билан кесишмайди.

Тиш ботиқлиги айланасининг катта-кичиклигидан қатъи назар, тиш профилининг эвольвента қисми билан тиш ботиқлиги айланасини бирлаштирувчи қисмда бурилиш радиуси бўлиши керак. Агар $r_f \geq r_b$ бўлса, тиш асоси айланасини эвольвента билан $\rho_f = 0,3 \cdot m$ га тенг галтел радиуси билан туташтирамиз.

Агар $r_f < r_b$ бўлса, тиш профилининг эвольвента бўлмаган қисмини радиал тўғри чизиқ воситасида ғилдирак маркази билан бирлаштириб, ҳосил бўлган чизиқни тиш ботиқлиги айланаси билан

$$\rho_f = 0,3 \cdot m = 0,3 \cdot 5 = 1,5 \text{ мм}$$

радиус айлана ёйи ёрдамида туташтирамиз.

Агар радиусларнинг $r_b - r_f$ айирмаси $0,2 \cdot m$ дан кичик бўлса, радиал тўғри чизиқлар ўтказилмайди ва тиш ботиқлиги айланаси билан эвольвента профили $0,3 \cdot m$ радиусли ёй воситасида туташтирилади.

6. Бошланғич айлана ёйи бўйича тишнинг қалинлиги

$$\bar{s} = \frac{s}{\mu_e} = \frac{0,00785}{0,0002} = 39,75 \text{ мм}$$

ни белгилаймиз ва уни тенг икки қисмга бўламиз. Уни ғилдирак маркази O_4 билан туташтириб, тишнинг симметрия ўқини ҳосил қиламиз. Симметрик проекциялаш усулида тишнинг иккинчи эвольвента профилини чизамиз.

7. Тишнинг бошланғич айлана ёйи бўйича қадами

$$\bar{p} = \frac{P}{\mu_s} = \frac{0,0157}{0,0002} = 78,5 \text{ мм}$$

га тенг оралиқда қўшни тишларнинг симметрия ўқларини белгилаймиз ва тишнинг профилларини чизамиз.

8. Иккинчи ғилдирак тишнинг профилини ҳам чизамиз. Ҳар бир ғилдиракнинг учтадан тиши чизилади.

11. ТИШНИНГ ПРОФИЛИНИ ГРАФОАНАЛИТИКАВИЙ УСУЛДА ЧИЗИШ

Маълумки, эвольвентадаги исталган нуқтанинг радиус-вектори қуйидагича аниқланади:

$$r_y = \frac{r_n}{\cos \alpha_y}$$

Унинг асосий айлана r_b даги эвольвентанинг бошланғич радиуси билан r_y радиус-векторнинг ҳосил қилган бурчаги $v_y = \text{inv} \alpha_y = \text{tg} \alpha_y - \alpha_y$ га тенг бўлади.

Тишнинг эвольвента қисми r_a радиус векторидан r_f радиусигача бўлган ораликда танланади. Эвольвента чизиги доим асосий айлана r_b радиусидан бошлаб чизилади.

Профилни чизиш тартиби. 1. Ихтиёрий чизиқ ўтказиб, шу чизиқда филдиракнинг O_4 марказини белгилаймиз (44-шакл).

2. O_4 нуқтадан узунлик масштаби μ_e бўйича асосий айланининг радиуси r_{b4} ни аниқлаймиз:

$$\bar{r}_{b4} = \frac{r_{b4}}{\mu_l} = \frac{r_a \cdot \cos \alpha}{\mu_l} = \frac{0,05 \cdot \cos 20^\circ}{0,0002} = 235 \text{ мм.}$$

3. Тишнинг чиқиғи ва ботиқлиги айланалари радиусларини аниқлаймиз:

$$\bar{r}_{a4} = \frac{r_{a4}}{\mu_e} = \frac{0,5 \cdot m(z_4 + 2)}{\mu_e} = \frac{0,5 \cdot 0,005(20 + 2)}{0,0002} = 275 \text{ мм,}$$

$$\bar{r}_{f4} = \frac{r_{f4}}{\mu_e} = \frac{0,5 m(z_4 - 2,5)}{\mu_e} = \frac{0,5 \cdot 0,005(20 - 2,5)}{0,0002} = 218,75 \text{ мм.}$$

4. Филдиракнинг маркази O_4 дан

$$\bar{r}_4 = \frac{r_4}{\mu_e} = \frac{0,050}{0,0002} = 250 \text{ мм}$$

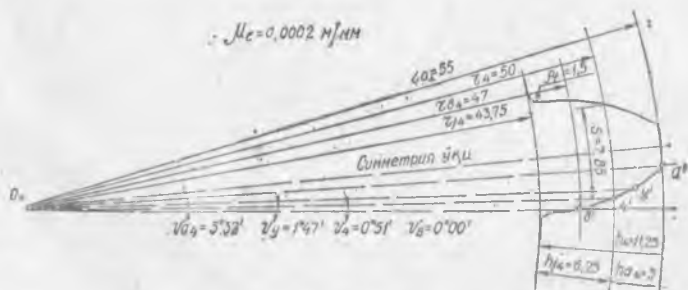
радиус билан бўлиш айланасини чизамиз.

5. Қуйидаги формула ёрдамида α_a бурчакнинг қийматини аниқлаймиз:

$$\alpha_a = \arccos \frac{r_b}{r_a} = \arccos \frac{47}{55} = 31^\circ 18'$$

ва инвалюта функциялари жадвалидан (3-жадвал) v_a бурчакнинг қийматини оламиз:

$$v_a = \text{inv} \alpha_a = 0,0616 \text{ рад ёки } v_a = 3^\circ 32'.$$



44-шакл.

6. Асосий айланада ихтиёрий нуқтани танлаб, бу айлана радиусидан v_a бурчак остида чизиқ ўтказамиз. Ғилдиракнинг маркази O_4 дан, бу бурчак остида айлана ёйи r_a билан кесиш-гунча тўғри чизиқ ўтказамиз. Тиш каллагида эвольвента профилининг a' нуқтасини оламиз.

7. α_4 ва α_y бурчакларни ҳам ҳисоблаб топамиз:

$$\alpha_4 = \arccos \frac{r_b}{r_4} = \arccos \frac{47}{50} = 20^\circ,$$

$$\alpha_y = \arccos \frac{r_b}{r_y} = \arccos \frac{47}{52} = 25^\circ 20'.$$

2-жадвалдан уларнинг қийматларини топамиз:

$$v_4 = \text{in } v\alpha_4 = \text{in } v20^\circ = 0,01494 \text{ рад ёки } v_a = 0^\circ 51',$$

$$v_y = \text{in } v\alpha_y = \text{in } v25^\circ 20' = 0,03126 \text{ рад ёки } v_y = 1^\circ 48'.$$

Аниқланган v_4 , v_y бурчаклар остида радиуслар чизиб, эволь-вентанинг $4'$ ва y' нуқталарини белгилаймиз.

8. Белгиланган нуқталарни бирлаштириб, тиш профилини чизамиз.

9. Сўнгра тишнинг μ_e масштабдаги қалинлиги

$$\bar{s} = \frac{s}{\mu_e} = \frac{0,00785}{0,0002} = 39,25 \text{ мм}$$

ни r_4 радиус билан чизилган бўлиш айланаси ёйида белгилай-миз. Тишнинг шу кесма ўртасидан ўтган симметрия ўқи чи-зигини O_4 марказ билан туташтирамиз. Бу ўқ чизигининг чап томонига тишнинг иккинчи ён профилини чизамиз.

10. Сўнгра эвольвента чизиги билан тиш ботиқлиги айла-насини

$$\bar{\rho}_f = \frac{\rho_f}{\mu_e} = \frac{0,0015}{0,0002} = 7,5 \text{ мм}$$

радиус билан юмалоқланиш ёйини чизамиз.

11. Тишнинг шаклини калькага ёки картонга кўчирамиз, картонга кўчирилган нусхадан шаблон қирқиб оламиз. Улар-ни тишнинг графикавий усулда чизилган профили устига қўйиб, ғилдирак тишнинг профили икки усулда қандай аниқ-лик билан чизилганлигини текширамиз.

Илашмада булган тишлар профилларининг илашиш чизиги актив (ҳақиқий) қисмини чизмада кўрсатамиз. Илашманинг av ҳақиқий илашиш чизиги r_{a4} ва r_{a5} радиусларда чизилган айланаларнинг $N-N$ илашиш чизиги билан кесишган a ва v нуқталар оралиги бўлади. Сўнгра a, v , илашиш ёйини чизмада кўрсатамиз. Бунинг учун a ва v нуқталардан ғилдирак $4'$ ти-шининг ўнг томондаги профилини пунктир чизиқ билан бел-гилаймиз. Профилнинг бу чизиқлари бўлиш айланаси билан a_1

Инволюта функциясининг қийматлари

α°	0	10'	20'	30'	40'	50'
20	0,0149	0,0152	0,0156	0,0160	0,0165	0,0169
21	0,0173	0,0177	0,0182	0,0186	0,0191	0,0195
22	0,0200	0,0205	0,0210	0,0215	0,0220	0,0225
23	0,0230	0,0235	0,0241	0,0246	0,0252	0,0257
24	0,0263	0,0269	0,0275	0,0281	0,0287	0,0293
25	0,0299	0,0306	0,0312	0,0319	0,0325	0,0332
26	0,0339	0,0346	0,0353	0,0360	0,0367	0,0375
27	0,0382	0,0390	0,0398	0,0406	0,0413	0,0422
28	0,0430	0,0438	0,0446	0,0455	0,0461	0,0472
29	0,0481	0,0490	0,0499	0,0509	0,0518	0,0527
30	0,0537	0,0547	0,0557	0,0567	0,0577	0,0587
31	0,0588	0,0608	0,0619	0,0630	0,0641	0,0652
32	0,0663	0,0675	0,0696	0,0698	0,0710	0,0722
33	0,0734	0,0746	0,0759	0,0772	0,0784	0,0797
34	0,0810	0,0824	0,0837	0,0851	0,0865	0,0879
35	0,0893	0,0907	0,0922	0,0937	0,0951	0,0966
36	0,098	0,099	0,101	0,102	0,104	0,106
37	0,107	0,109	0,111	0,112	0,114	0,116
38	0,118	0,119	0,121	0,124	0,125	0,127
39	0,129	0,131	0,132	0,134	0,136	0,138
40	0,140	0,143	0,145	0,147	0,149	0,151

3-жадвалдан фойдаланиш тартибига мисол келтирамиз: Инволюта функцияси $24^\circ 30'$ бўлса, унинг радиан қийматини топиш учун 24° дан горизонтал, $30'$ дан эса вертикал чизиқлар ўтказамиз; бу чизиқларнинг кесишув жойидаги сон инволюта бурчагининг радиан ҳисобидаги қиймат, яъни $\text{inv } \alpha = 0,0281$ рад бўлади.

ва θ , нуқталарда кесишади. Бўлиш айланасидаги $a_1\theta_1$ ёй чизиги ғилдирак 4 нинг илашиш ёйи бўлади. Шунингдек, ғилдирак 5 тишининг ўнг профилини a ва θ нуқталардан ўтказиб, бўлиш айланасида илашиш ёйи $a_2\theta_2$ ни оламиз.

Тишнинг актив (илашиш) профили чегараларини аниқлаймиз. Ғилдиракнинг O_4 марказидан O_4a радиус билан илашиш чизигининг a нуқтасидан ўтиб, тиш профили билан кесишгунча ёй ўтказамиз. Кесишув нуқтасини c ҳарфи билан белгилаймиз. Шунингдек, O_5 марказдан $O_5\theta$ радиус билан θ нуқтадан ўтиб, тиш профили билан кесишувчи ёй чизамиз. Кесишув нуқтасини d ҳарфи билан белгилаймиз. Чизмада иккиланма чизиқлар билан чизилган ce ва df ёйлар тиш профилларининг актив қисмларини кўрсатади.

Илашманинг қопланиш коэффициентини аниқлаш. Илашманинг қопланиш коэффициенти графоаналитик усулда қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\epsilon = \frac{\widetilde{ab}}{p \cdot \cos \alpha} = \frac{\widetilde{ab} \cdot \mu_e}{\pi m \cos \alpha} = \frac{120 \cdot 0,0002}{3,14 \cdot 0,005 \cdot \cos 20^\circ} = 1,625$$

формуладаги $\widetilde{ab}$ кесманинг қийматини чизмадан мм ҳисобида ўлчаб оламиз (43-шакл).

Илашманинг қопланиш коэффициенти аналитик усулда қуйидагича аниқланади:

$$\epsilon = \frac{\sqrt{r_{a4}^2 - r_{b4}^2} + \sqrt{r_{a5}^2 - r_{b5}^2} - a_w \sin \alpha}{\pi m \cos \alpha} =$$

$$= \frac{\sqrt{55^2 - 47^2} + \sqrt{105^2 - 94^2} - 150 \cdot \sin 20^\circ}{3,14 \cdot 5 \cdot \cos 20^\circ} = 1,639.$$

ϵ нинг иккала усулда аниқланган қийматлари фарқи 3% дан ошмаслиги керак. Биздаги мисолда эса 0,85% ни ташкил этади

VII. ТИШЛИ УЗАТМАЛАРНИНГ КИНЕМАТИКАВИЙ АНАЛИЗИ

Тишли узатмалар оддий ва мураккаб бўлади. Оддий узатма ташқи илашмали (45-шакл, а) ёки ички илашмали (45 шакл, б) икки ғилдиракдан иборат бўлади.

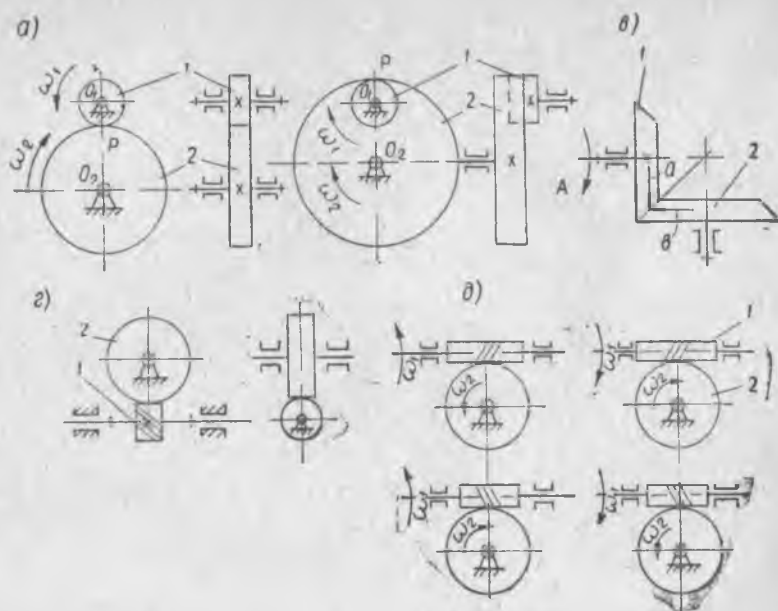
Уларнинг узатиш сонини аниқлашда етакчи ва етакланувчи ғилдиракларнинг айланиш йўналишини ҳисобга олиш керак. У ҳолда, узатиш сони қуйидаги формуладан ҳисоблаб топилади:

$$U_{12} = \pm \frac{z_2}{z_1}. \quad (119)$$

Юқоридаги формулада манфий ишора ташқи илашмали узатма учун қабул қилинади. Бу ишора ғилдиракларнинг бир-бирига нисбатан қарама-қарши йўналишда айланишини кўрсатади. Конусавий тишли узатманинг (45-шакл, в) узатиш сони цилиндрик узатманикидек аниқланади:

$$U_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1}. \quad (120)$$

Агар 1 ва 2 ғилдиракларнинг ўқлари орасидаги бурчак $\delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$ бўлса, узатиш сони $U_{12} = \operatorname{ctg} \delta_1 = \operatorname{tg} \delta_2$ формула билан аниқланади (бу ерда $2\delta_1$ ва $2\delta_2$ — ғилдираклар конус учларининг бурчаклари). Айланиш йўналиши стрелка қондаси билан аниқланади (45-шакл, в), яъни стрелка А ни звено 1 бўйлаб



45-шакл.

a ҳолатга кўчирамиз ва b стрелка учини a га қаратиб чизамиз ва унинг айланиш томонини аниқлаймиз.

Винтавий узатманинг (45-шакл, z) узатиш сони:

$$U_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{r_2}{r_1} \operatorname{tg} \delta \quad (121)$$

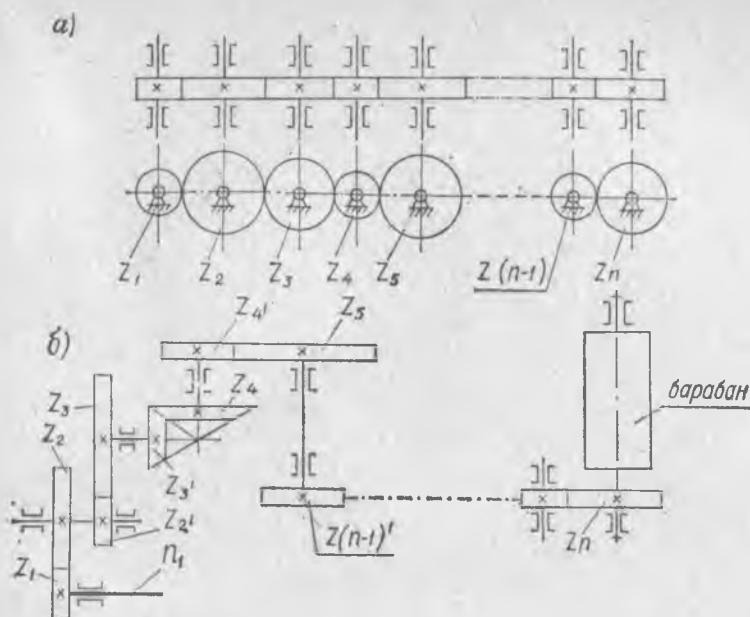
бу ерда δ — тишнинг қиялик бурчаги.

Червякли узатманинг (45-шакл, d) узатиш сони тишли ғилдирак тишлари сони z_2 нинг червякнинг киримлар сони z_1 га нисбатига тенг бўлади:

$$U_{12} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{r_2}{r_1} \operatorname{tg} \delta_1. \quad (122)$$

Червякнинг айланиш йўналиши ва киримлар чизигининг қиялик бурчаги тишли ғилдиракнинг айланиш йўналишини белгилайди (45-шакл, d).

Мураккаб узатма бир неча жуфт тишли ғилдираклардан иборат бўлади. Улар қаторли ва поғонали бўлиши мумкин. Бир текисликда жойлашган қаторли узатмалар, асосан, охириги ғилдиракнинг айланиш йўналишини ўзгартириш ёки етакчи валдан узоқда жойлашган валга ҳаракат узатиш учун хизмат қилади. Қаторли узатмада ғилдираклар бир текисликда



46-шакл (а, б).

кетма-кет жойлашади ва ҳар бир ғилдирак ўз ўқи атрофида айланади (46-шакл, а).

Қаторли узатманинг умумий узатиш сони

$$U_{1n} = (-1)^P \cdot U_{12} \cdot U_{23} \cdot U_{34} \dots U_{(n-1)n} = (-1)^P \frac{z_n}{z_1} \quad (123)$$

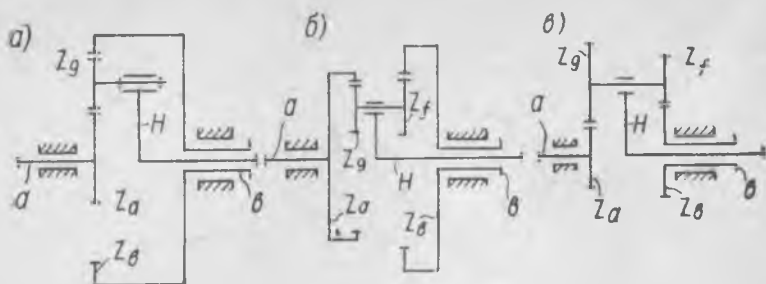
формула билан, яъни охириги ғилдирак тишлари сони z_n нинг етакчи ғилдирак тишлар сони z_1 га нисбати билан аниқланади (бу формулада P —ташқи илашмалар сони).

Поғонали узатмаларда ҳар бир валга икки ва ундан ортиқ ғилдирак ўрнатилган бўлади (46-шакл, б). Уларнинг узатиш сони кетма-кет қўшилган узатмалар поғоналаридан ҳар бири-нинг узатиш сонлари кўпайтмасига тенг:

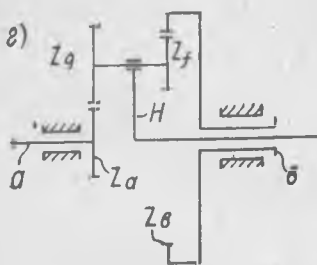
$$\begin{aligned} U_{1n} &= (-1)^P U_{1'2} \cdot U_{2'3} \cdot U_{3'4} \dots U_{(n-1)'n} = \\ &= (-1)^P \frac{z_2 \cdot z_3 \cdot z_4 \dots z_n}{z_{1'} \cdot z_{2'} \cdot z_{3'} \dots z_{(n-1)'}} \end{aligned} \quad (124)$$

1. ДИФФЕРЕНЦИАЛ ТИШЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИНГ КИНЕМАТИКАВИЙ АНАЛИЗИ

Таркибида ўқлари қўзғалувчан ва эркинлик даражаси икки ва ундан ортиқ бўлган тишли механизмлар дифференциал механизм ёки, қисқача, дифференциал деб аталади. Улар само-



47-шакл (а, б, в).



47-шакл (г).

лёт, вертолёт, автомобиль, ҳисоблаш машиналари ва турли иш ҳамда транспорт машиналари редукторларининг узатмаларида етакчи филдиракларнинг айланма ҳаракатларини қўшиш ва тақсимлаш учун ишлатилади. 47-шакл, а, б, в, г да оддий дифференциалларнинг кинематикавий схемаси курсатилган. Улар водило H , сателлитлар z_g (ёки $z_g - z_f$), марказий филди-

раклар z_a ва z_b дан иборат.

Ўқлари қўзғалувчан бўлган тишли филдираклар z_g ($z_g - z_f$) сателлит дейилади. Улар ўз ўқи атрофида ва водило H билан бирга айланиб, мураккаб ҳаракат қилади.

O_H ўқ атрофида айланиб, сателлит ўқини айлантирувчи система водило дейилади. У H ҳарфи билан белгиланади.

Водилонинг айланиш ўқи доимо марказий филдираклар ўқи-га мос келади. Атрофида сателлитлар думаловчи тишли филдираклар z_a ва z_b марказий филдираклар бўлади. Улар ташқи (47-шакл, а, в, г) ва ички (47-шакл, б) илашмали бўлади.

Уларнинг қўзғалувчанлик даражаси қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаб топилади:

$$W = n - P. \quad (125)$$

бу ерда n — қўзғалувчи звенолар сони;

P — тишли илашмалар (олий кинематикавий жуфтлар) сони.

Мисол. 47-шакл, а да курсатилган дифференциал механизмнинг қўзғалувчанлик даражасини аниқланг.

Е чиш. 47-шакл, а да берилган дифференциалнинг барча филдираклари айланади. Унинг қўзғалувчи звенолари сони тўртта ($n = 4$), булар z_a филдирак, z_g сателлит, H водило ва

z_b ғилдирак. Илашмалар сони иккита ($P_{ил}=2$): z_a ғилдирак билан z_g сателлит ва z_g сателлит билан z_b ғилдирак. Етакчи звенолар сонини қуйидаги формула ёрдамида топамиз:

$$W = n - P_{ил} = 4 - 2 = 2.$$

Демак, иккита етакчи звено олиниши керак.

1. Узатиш нисбатини аниқлаш. Дифференциалнинг узатиш нисбатини аниқлашда „водилони тўхтатиш“ методи (Виллис методи) дан фойдаланамиз. Механизмга водилонинг тезлигига тенг ва тескари йўналишда қўшимча ($-\omega_H$) ҳаракат берамиз. Бунда водило „қўзғалмас“ звенога айланади ва қолган звеноларнинг нисбий ҳаракати ўзгармайди. У ҳолда звеноларнинг қўзғалмас системага нисбатан бурчагий тезликлари қуйидагича ўзгаради:

$$\omega_a - \omega_H, \quad \omega_b - \omega_H \quad \text{ва} \quad \omega_H - \omega_H = 0.$$

Водило H қўзғалмас бўлганда $\omega_a - \omega_H$ ва $\omega_b - \omega_H$ тезликларнинг ўзаро боғланиши оддий узатманинг абсолют тезликларининг боғланишидек бўлади, яъни:

$$\frac{\omega_a - \omega_H}{\omega_b - \omega_H} = U_{ab}^H, \quad (126)$$

бу ерда U_{ab}^H — водило H қўзғалмас бўлганда a звенонинг b звенога ҳаракат узатиш нисбати.

Агар сателлитнинг узатиш нисбатини аниқлаш керак бўлса, 47-шакл, a да кўрсатилган узатма учун барча звеноларга ($-\omega_H$) тезлик берамиз, у ҳолда,

$$\frac{\omega_a - \omega_H}{\omega_g - \omega_H} = U_{ag}^H = -\frac{z_g}{z_a} \quad (127)$$

бўлади. Маълумки, 47-шакл узатмаларида тўртта асосий звено — a , b , d ва H звенолар қўзғалувчан. Иккита етакчи звенонинг берилган бурчагий тезликлари ва нисбий узатиш нисбатлари ёрдамида етакланувчи звенонинг бурчагий тезлигини аниқлаш талаб қилинади.

Дифференциал механизмда учинчи звено қўзғалмас бўлганда бир валдан иккинчи валга ҳаракат узатиш сони олтига бўлади:

$$U_{ab}^H, \quad U_{ba}^H, \quad U_{bH}^a, \quad U_{Hb}^a, \quad U_{aH}^b, \quad U_{Ha}^b.$$

Улар ғилдирақлар тишлари сонларининг нисбати ёрдамида аниқланади. Етакланувчи звенонинг бурчагий тезлиги қуйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисоблаб топилади.

1) a ва b валлар етакчи бўлганда етакланувчи водило H нинг бурчагий тезлиги қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\omega_H = U_{Hb}^a \cdot \omega_a + U_{Ha}^b \cdot \omega_b; \quad (128)$$

2) в вал ҳамда водило H етакчи бўлганда етакланувчи a валнинг бурчагий тезлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$\omega_a = U_{ab}^H \cdot \omega_b + U_{aH}^b \cdot \omega_H, \quad (129)$$

бу ерда U_{Ha}^b — b звено қўзғалмас бўлганда водило H дан a звенога ҳаракат узатиш сони;

U_{Hb}^a — a звено қўзғалмас бўлганда водило H дан b звенога ҳаракат узатиш сони;

U_{bH}^a — a звено қўзғалмас бўлганда b звенодан H водилога ҳаракат узатиш сони;

U_{ba}^H — H водило қўзғалмас бўлганда b звенодан a звенога ҳаракат узатиш сони;

U_{ab}^H — H водило қўзғалмас бўлганда a звенодан b звенога ҳаракат узатиш сони;

U_{aH}^b — b звено қўзғалмас бўлганда a звенодан H водилога ҳаракат узатиш сони.

4-жадвалда турли планетар механизмларнинг узатиш сонини ҳисоблаш формулалари келтирилган.

Мисол. 47-шакл, b да кўрсатилган дифференциал учун қуйидагилар берилган: $z_a = 56$, $z_g = 62$, $z_f = 58$, $z_b = 60$,

$$\omega_H = 5 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}, \quad \omega_b = -10 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}.$$

Ана шу маълумотлар асосида z_a ғилдиракнинг бурчагий тезлигини аниқланг.

Е чи ш. ω_a нинг қийматини ҳисоблашда (125) формуладан фойдаланамиз:

$$\omega_a = U_{ab}^H \cdot \omega_b + U_{aH}^b \cdot \omega_H.$$

Бу формулага кирган узатиш сонларини ҳисоблаймиз:

$$U_{ab}^H = \frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f} = \frac{62 \cdot 60}{56 \cdot 58} = 1,144$$

$$U_{aH}^b = 1 - U_{ab}^H = 1 - 1,144 = -0,144,$$

бундан

$$\omega_a = 1,44(-10) + (-0,144) \cdot 5 = -12,16 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$$

бўлади. Агар $\omega_b = 10 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$ бўлса,

$$\omega_a = 1,144 \cdot 10 + (-0,144) \cdot 5 = 10,72 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$$

бўлади.

Тартиб номери	Планетар механизмларнинг тури	U_{Ha}^b	U_{Hb}^a	U_{ab}^a	U_{ba}^H	U_{ab}^H
1	Ташқи ва ички илашмали бир қаторли редуктор (47-шакл, а)	$1 - \frac{z_b}{z_a}$	$1 + \frac{z_a}{z_b}$	$1 + \frac{z_b}{z_a}$	$-\frac{z_a}{z_b}$	$-\frac{z_b}{z_a}$
2	Икки ташқи ёки икки ички илашмали икки қаторли редуктор (47-шакл, в)	$1 - \frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f}$	$1 - \frac{z_a \cdot z_f}{z_g \cdot z_b}$	$1 - \frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f}$	$\frac{z_a \cdot z_f}{z_g \cdot z_b}$	$\frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f}$
3	Битта ташқи ва битта ички илашмали икки қаторли редуктор (47-шакл, з)	$1 - \frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f}$	$1 + \frac{z_a \cdot z_f}{z_g \cdot z_b}$	$1 + \frac{z_a \cdot z_f}{z_g \cdot z_b}$	$-\frac{z_a \cdot z_f}{z_g \cdot z_b}$	$-\frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f}$

2. ПЛАНЕТАР ТИШЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИНГ КИНЕМАТИКАВИЙ АНАЛИЗИ

Планетар тишли механизмлар оддий ва ёпиқ контурли бўлади. Улар металл кесиш станокларида, юк кўтариш, транспорт ва иш машиналарида, реверс механизмларда ва турли машиналарнинг редукторларида кенг қўлланилади.

1. Оддий планетар механизмлар. Агар дифференциалнинг исталган марказий z_a ёки z_b филдирагини маҳкамласак, эркинлик даражаси бирга тенг бўлган оддий планетар механизм ҳосил бўлади (48-шакл, а, б, в, г):

$$W = n - P_{ил} = 3 - 2 = 1.$$

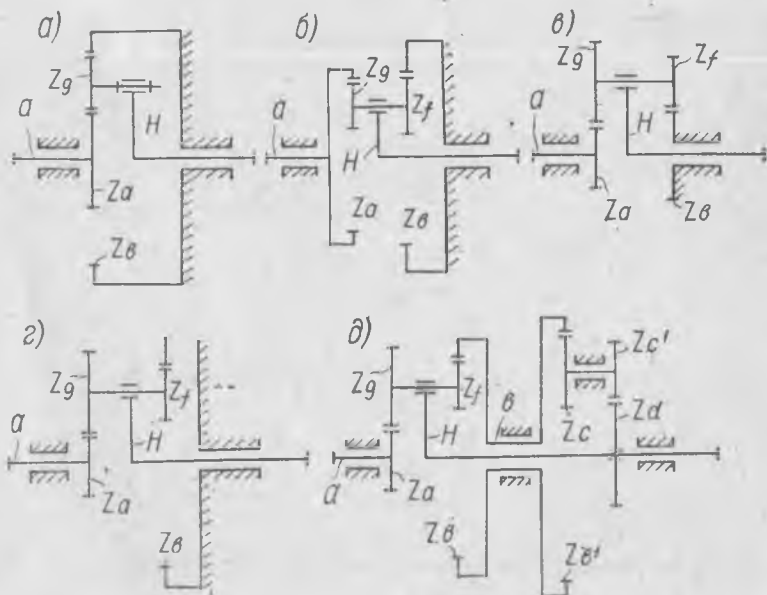
Етакчи z_a ёки z_b филдиракдан H водилога ҳаракат узатилганда унинг узатиш нисбати қуйидаги формуладан аниқланади:

$$U_{aH}^b = \frac{\omega_a}{\omega_b} = 1 - U_{ab}^H, \quad (130)$$

$$U_{bH}^a = \frac{\omega_b}{\omega_H} = 1 - U_{ba}^H, \quad (131)$$

бу ерда U_{ab}^H — водило қўзғалмас бўлганда етакчи a валдан b звенога ҳаракага узатиш сони;

U_{ba}^H — водило қўзғалмас бўлганда етакчи b валдан a звенога ҳаракат узатиш сони.



48-шакл.

H водилодан z_a гилдиракка ҳаракатнинг узатилиш сони қуйидагича аниқланади:

$$U_{Ha}^b = \frac{1}{U_{aH}^b} = \frac{1}{1 - U_{ab}^H}. \quad (132)$$

2. Ёпиқ контурли планетар механизмлар. Дифференциал механизмнинг исталган икки звеноси (марказий z_a ёки z_b гилдираклар ёки H водило билан икки марказий z_a ёки z_b гилдираклар ва ҳоказо) қўшимча икки звено ёрдамида қўшилса, эркинлик даражаси бирга тенг бўлган қўзғалмас звеносиз ёпиқ контурли планетар механизм ҳосил бўлади. Масалан, 48-шакл, d да кўрсатилган механизмнинг эркинлик даражаси

$$W = n - P_{ил} = 5 - 4 = 1$$

бўлади. Ёпиқ планетар механизмлар бир неча контурли бўлиши мумкин. 48-шакл, d да кўрсатилган механизм битта контурдан: $z_a, z_g - z_f, z_b$ ва H водило, дифференциал ва $z_b', z_c - z_c', z_d$ оддий тишли узатмали қўшимча занжирдан иборат.

Ёпиқ контурли дифференциал механизмларнинг узатиш нисбати қуйидагича ҳисоблаб топилади:

1) механизм алоҳида дифференциал ва ёпиқ занжирларга ажратилади;

2) ажратилган ҳар қайси механизм учун алоҳида кинематикавий боғланиш тенгламаси тузилади;

3) тенглама соддалаштирилиб, ёпиқ дифференциалнинг узатиш нисбати ҳисоблаб топилади.

Мисол. 48-шакл, d да кўрсатилган ёпиқ дифференциалнинг узатиш сони U_{ad} аниқлансин.

Ечиш. Механизмнинг z_b гилдираги ва H водилоси қўшимча тишли узатма $z_b', z_c - z_c', z_d$ ёрдамида бириктирилган бўлиб, a валдан O_H валга ҳаракат узатишда иккита (дифференциал ва оддий узатма) механизм қатнашади.

Дифференциалнинг кинематикавий боғланиши қуйидаги формуладан аниқланади:

$$U_{ad}^H = \frac{\omega_a - \omega_H}{\omega_b - \omega_H}, \quad (133)$$

(133) формулани ω_H га бўлиб, қуйидаги тенгламани ҳосил қиламиз:

$$U_{ab}^H = \frac{\frac{\omega_a}{\omega_H} - 1}{\frac{\omega_b}{\omega_H} - 1} = \frac{U_{aH} - 1}{U_{bH} - 1}. \quad (134)$$

Схемадан кўринадики, $\omega_b = \omega_b'$ ва $\omega_d = \omega_H$, чунки z_b билан z_b' ва z_d билан H узаро бириктирилган. Иккинчи томондан ёпиқ занжир учун

$$U_{b'd} = \frac{\omega_{b'}}{\omega_d} = \frac{\omega_b}{\omega_H}$$

бўлади, бундан $\omega_b = \omega_d \cdot U_{b'd}$ ни ҳосил қиламиз. Аниқланган қийматларни (134) тенгламага қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$U_{ab}^H = \frac{U_{ad} - 1}{U_{b'd} - 1},$$

бундан

$$U_{ad} = 1 + U_{ab}^H (U_{b'd} - 1) \quad (135)$$

келиб чиқади. Механизмнинг узатиш сонини қуйидаги формула ёрдамида аниқлаймиз:

$$U_{ab}^H = - \frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f} \text{ ва } U_{b'd} = - \frac{z_c \cdot z_d}{z_b' \cdot z_c'} \quad (136)$$

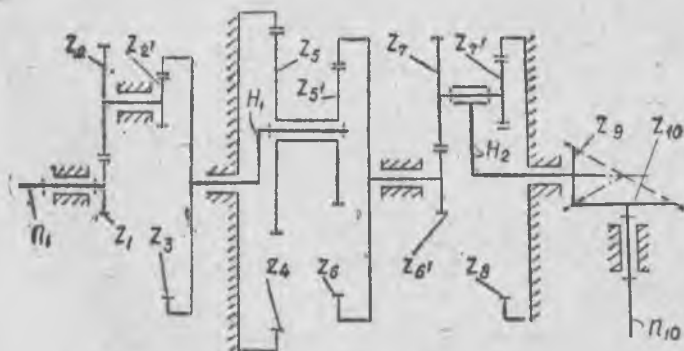
Сўнгра (135) тенгламага аниқланган қийматларни қўйиб, ёпиқ планетар механизмларнинг узатиш сонларини ҳисоблаш формуласини ҳосил қиламиз:

$$U_{ad} = 1 + \frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f} \left(\frac{z_c \cdot z_d}{z_b' \cdot z_c'} + 1 \right), \quad (137)$$

3. Комбинацияланган редукторлар. Агар редуктор таркибида оддий, планетар ёки дифференциал узатмалар бўлса, бундай редуктор комбинацияланган редуктор дейилади.

Унинг тула узатиш сонини аниқлаш учун ҳар бир поғонани алоҳида ажратиб, уларнинг узатиш сонлари алоҳида-алоҳида ҳисобланади ва айрим узатмалар сони бир-бирига кўпайтирилади.

Мисол. 49-шаклда кўрсатилган редукторнинг узатиш сонини ҳисобланг. Редуктор учта (1—2), (2'—3) ва (9—10) оддий узатма ва иккита планетар механизмдан иборат.



49-шакл.

Ечиш. z_1 ғилдиракдан z_{10} етакланувчи ғилдиракка ҳаракат узатиш сони қуйидагича ҳисоблаб топилади.

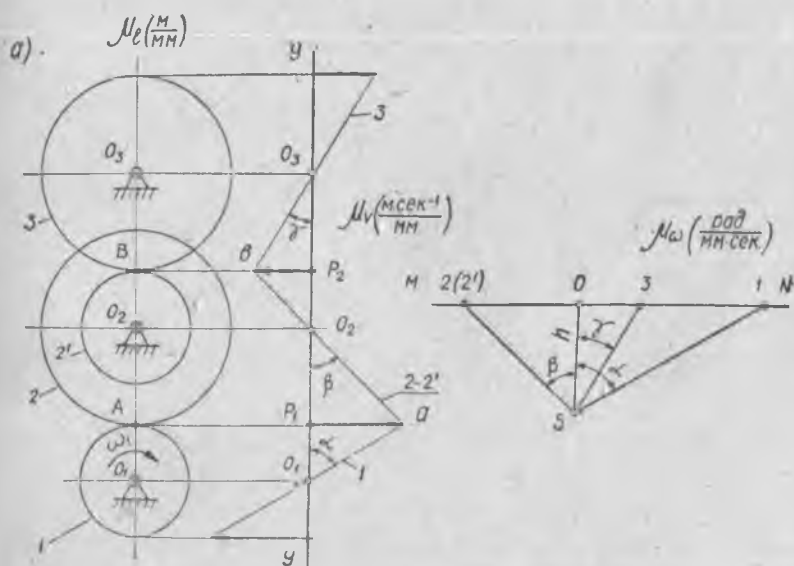
$$U_{1-10} = U_{12} \cdot U_{2'3} \cdot U_{H,6}^4 \cdot U_{6'H_2} \cdot U_{9-10} = \\ = -\frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_3}{z_2'} \cdot \frac{1}{1 - \frac{z_6' \cdot z_4}{z_6 \cdot z_5}} \cdot \left(1 + \frac{z_7 \cdot z_8}{z_8' \cdot z_6} \right) \frac{z_{10}}{z_9}. \quad (138)$$

3. ТИШЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИНГ ТЕЗЛИКЛАРИНИ ГРАФИКАВИЙ УСУЛ БИЛАН АНИҚЛАШ

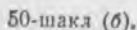
Звено (ғилдирак, водило ва бошқалар) бирор қўзғалмас ўқ атрофида айланганда унинг исталган нуқтасининг чизигий тезлиги звено радиусига пропорционал равишда ўзгаради. Звено тезлик векторларининг учлари O_1 нуқтадан ўтувчи O_1a тўғри чизиқда ётади (50-шакл, а). Бу тўғри чизиқ тезлик тасвири дейилади. Демак, масалани ечиш учун звенонинг икки нуқтасининг тезлик векторлари маълум бўлиши керак. Бу векторларнинг учларини туташтириб, звенонинг тезлик тасвирини чизиш мумкин.

Турли звеноларнинг тезлик тасвирини шу тарзда кетма-кет чизиб, механизмнинг барча звеноларининг тезлик тасвирини ҳосил қилиш мумкин.

Энди, тишли айрим механизмларнинг тезликларини кўриб чиқамиз.



50-шакл (а).


$$v_A = \omega_1 \cdot O_1 A \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$
$$\mu_v = \frac{v_A}{p_1 a} \frac{\text{м/сек}}{\text{мм}}$$

140

чизик билан учрашгунча давом эттирамиз. Уларнинг кесишув нуқтаси σ да ғилдирак $2'$ нинг B нуқтаси тезлик вектори $\vec{v}_B$ нинг кесмаси $P_2\sigma$ ни оламиз. Шу нуқтада ғилдирак 3 нинг тезлиги $\vec{v}_B$ га тенг бўлади. Демак, σ нуқтани O_3 нуқта билан бирлаштириб, ғилдирак 3 нинг тезлик тасвирини ҳосил қиламиз.

Ғилдирак 2 нинг бурчагий тезлиги ω_2 ни A нуқтанинг тезлиги $\vec{v}_A$ ни бўлиш айланаси радиусига тақсим қилиш йўли билан аниқлаймиз:

$$\omega_2 = \frac{v_{A_1}}{r_2} = \frac{\overline{P_1A_1} \cdot \mu_v}{\overline{r_2} \cdot \mu_e} = \operatorname{tg} \beta \frac{\mu_v}{\mu_e}, \quad (139)$$

бу ерда μ_l — механизм схемасининг масштаби;

r_2 — схемадаги $\overline{O_2P_1}$ радиуснинг узунлиги.

2 ва $2'$ ғилдираклар битта звено бўлгани учун $\omega_2 = \omega_2$. Шу-нингдек,

$$\omega_3 = \operatorname{tg} \gamma \frac{\mu_v}{\mu_e} \quad (140)$$

бўлади. Бурчагий тезликларни чизмада кўрсатиш учун MN горизонтал чизик ўтказамиз. Ихтиёрий O нуқтадан MN га тик тушириб, ихтиёрий h ораликда S нуқтани белгилаймиз. Сўнгра S нуқтадан OS чизикқа нисбатан α, β, γ бурчақлар остида $\overline{S1}, \overline{S2}$ ва $\overline{S3}$ нурлар чизамиз. У ҳолда

$$\frac{\overline{O1}}{\overline{OS}} = \operatorname{tg} \alpha, \quad \frac{\overline{O2}}{\overline{OS}} = \operatorname{tg} \beta \quad \text{ва} \quad \frac{\overline{O3}}{\overline{OS}} = \operatorname{tg} \gamma,$$

$$\omega_1 = \frac{\overline{O1}}{\overline{OS}} \frac{\mu_v}{\mu_e}, \quad \omega_2 = \frac{\overline{O2}}{\overline{OS}} \frac{\mu_v}{\mu_e} \quad \text{ва} \quad \omega_3 = \frac{\overline{O3}}{\overline{OS}} \frac{\mu_v}{\mu_e}$$

бўлади. Шундай қилиб, $\overline{O1}, \overline{O2}, \overline{O3}$ кесмалар $\mu_\omega = \frac{\mu_v}{\overline{OS} \cdot \mu_e}$

масштабда ғилдиракларнинг бурчагий тезликларини беради. Кесмаларнинг O нуқтага нисбатан жойлашуви ғилдиракнинг айланиш йўналишини кўрсатади. Шаклдан кўринадики, 1 ва 3 ғилдираклар бир томонга, 2 ва $2'$ ғилдираклар эса уларга нисбатан тескари томонга айланади.

Ўзатиш нисбатлари қуйидагича аниқланади:

$$U_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{\overline{O1}}{\overline{O2}},$$

$$U_{23} = \frac{\omega_2}{\omega_3} = -\frac{\overline{O2}}{\overline{O3}},$$

$$U_{13} = \frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{\overline{O1}}{\overline{O3}}.$$

2. Тишли планетар механизм (50-шакл, б). Берилган филдирак 1 даги A нуқтанинг тезлик вектори $\vec{v}_A$ ни ихтиёрий танланган p_1a кесма билан чизамиз. a нуқтани O_1 нуқта билан бирлаштириб, филдирак 1 нинг тезлик тасвири O_1a ни ҳосил қиламиз. Филдирак қўзғалмас бўлгани учун ундаги B нуқтанинг тезлиги нолга тенг бўлади. У ҳолда, филдирак 2' даги B нуқтанинг тезлиги ҳам нолга тенг бўлади. Филдирак 2' филдирак 2 билан битта звенони — сателлитни ҳосил қилади. Филдирак 2 даги A нуқтанинг тезлиги филдирак 1 нинг тезлиги $\vec{v}_A$ га тенг бўлади. Шунинг учун a нуқтани v билан туташтириб, сателлитнинг тезлик тасвирини оламиз. Сателлитнинг O_2 ўқида H водило улангани учун водилонинг тезлиги $\vec{O_2c}$ кесма билан кўрсатилади. c нуқтани водилонинг O_H маркази билан туташтириб, водилонинг чизигий тезлик қонунининг ўзгариш чизмасини оламиз. Бурчагий тезликларнинг ўзгаришини аниқлаш учун нуқтадан O_1a , O_Hc , av чизиқларга параллел нурлар ўтказиб, MN чизиқда 1, H , 2(2') нуқталарни белгилаймиз.

Механизмнинг узатиш нисбати

$$U_{1H} = \frac{\overline{OI}}{\overline{OH}}$$

бўлади.

VIII. КУЛАЧОКЛИ МЕХАНИЗМ ЛОЙИХАЛАШ

Кулачокли механизмлар етакланувчи звенони (туртгични) бир вазиятдан иккинчи вазиятга силжитиш ёки буриш учун хизмат қилади. Улар универсал бўлиб, туртгичнинг олдиндан белгиланган ҳаракат қонунини бажара олади.

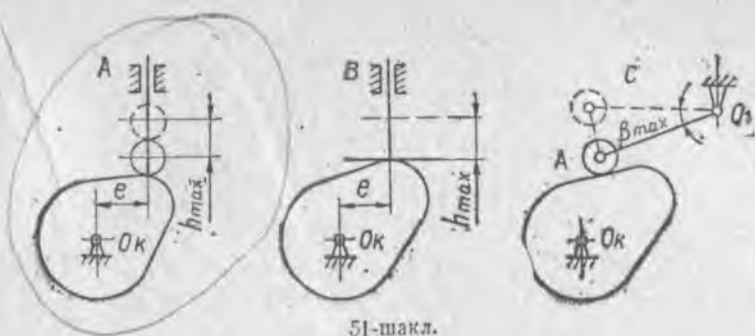
Улар техниканинг кўпгина тармоқларида: металл кесиш станокларида, автоматларда, ўлчаш ва ҳисоблаш приборларида, буғ машиналарида ва ички ёнув двигателларида кенг қўламда ишлатилади.

Кулачокли механизм лойиҳалашдан кўзда тутилган асосий мақсад етакланувчи звенонинг исталган, олдиндан берилган ҳаракат қонуни бажарувчи кулачок профилини ясаш, фойдали иш коэффициентини юқори ва габарити кичик механизм олишдан иборат.

Лойиҳалаш топшириғида қуйидаги уч тип кулачокли механизм схемаси тавсия этилади (51-шакл).

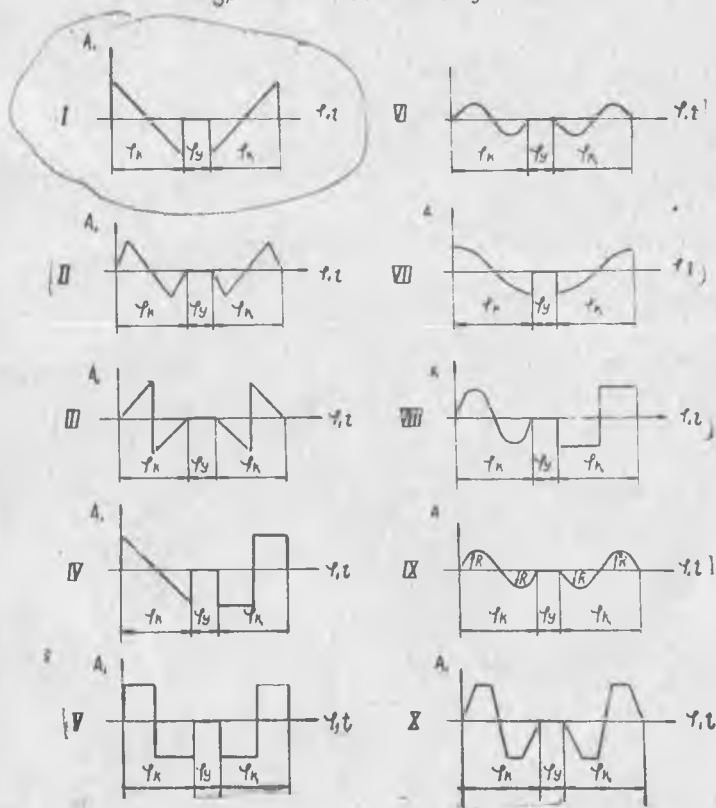
A схема — тўғри чизиқ бўйлаб илгарилама-қайтар ҳаракат қилувчи роликли турткичи бўлган кулачокли механизм

B схема — тўғри чизиқ бўйлаб илгарилама-қайтар ҳаракат қилувчи текис тарелкали туртгичи бўлган кулачокли механизм.



51-шакл.

Турткичине хаварот қонун



52-шакл.

С схема — тебранма (бурилма) ҳаракатланувчи, роликли, коромислоли туртгичи бўлган кулачокли механизм.

Кулачокли механизм лойиҳалаш учун қуйидаги параметрлар маълум бўлиши керак.

1. Туртгичнинг ҳаракат қонуни (52-шакл):

$$\frac{d^2 S}{d\varphi^2} = \frac{d^2 \beta}{d\varphi^2} (\varphi) \quad \text{ёки} \quad \frac{d^2 \beta}{d\varphi^2} = \frac{a^2 \beta}{d\varphi^2} (\varphi).$$

Биз туртгичнинг ҳаракат қонуни тўғри бурчакли диаграмма бўйича ўзгаради деб қабул қиламиз.

2. Кулачокнинг бурилиш бурчаклари: туртгичнинг кутарилиш бурчаги $\varphi_k = 60^\circ$, туртгичнинг узоқлашган вазиятда туриш бурчаги $\varphi_y = 20^\circ$, туртгичнинг қайтиш бурчаги $\varphi_k = 60^\circ$, туртгичнинг яқинлашган вазиятда туриш бурчаги $\varphi_y = 220^\circ$.

3. Кулачокнинг айланишлар сони $n_k = 100$ айл./мин.

4. Туртгичнинг максимал силжиши $h_{\max} = 0,035$ м.

5. Эксцентриситет қиймати $e = 0,015$ м.

6. Босим бурчаги $\alpha = 30^\circ$.

7. А схема берилган механизм, яъни тўғри чизиқ бўйлаб илгарилама-қайтар ҳаракат қилувчи роликли турткичи бўлган кулачокли механизм лойиҳалаш талаб қилинади (51-шакл, А).

ЛОЙИҲАЛАШ ТАРТИБИ

Берилган турткич ҳаракат қонунининг диаграммаси чизилади. Бунинг учун $\frac{d^2 S}{d\varphi^2} = \frac{d^2 \beta}{d\varphi^2} (\varphi)$ координаталар системасини олиб, абсциссалар ўқини чизамиз ва унга $\overline{OM} = 140$ мм кесмани белгилаймиз (53-шакл, а).

Абсциссалар ўқининг φ бурчак масштабини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$\mu_\varphi = \frac{\varphi_p^0}{OM} = \frac{\frac{\pi}{180^\circ} (\varphi_k^0 + \varphi_y^0 + \varphi_k)}{OM} = \frac{3,14 (60^\circ + 20^\circ + 60^\circ)}{180^\circ \cdot 140} = 0,001745 \frac{\text{рад}}{\text{мм}},$$

бу ерда φ_p^0 — кулачокнинг бурилиш бурчаги.

Ординаталар ўқига турткичининг ихтиёрий $\mu_{d^2\varphi}$ масштабда

берилган ҳаракат қонуни диаграммасини чизамиз, бунда кулачокнинг бурилиш бурчаги φ_k қисмидаги ордината баландлигини ихтиёрий $\alpha = 60$ мм кесма билан белгилаймиз. $\varphi_k = 60^\circ$ ли абсциссалар ўқини тенг икки қисмга бўлиб, бу ўқнинг юқори ва остки қисмида тўғри тўрт бурчакли бир хил шакллар чизамиз. (53-шакл, а) бунда турткичининг кутарилиш вазиятига тааллуқли диаграмма ҳосил бўлади.

Түрткінің арақат
диаграммалары

Күлчаның манжал
радиусының анықтас

$$\mu_s = \mu_s = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$



Анаштырылған механизм

Тезлік планш

$$\mu_s = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$

$$\mu_s = 0,01745 \frac{\text{рад}}{\text{мм}}$$

$$\mu_s = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$

$$\mu_s = 0,00299 \frac{\text{сек}}{\text{мм}}$$

$$\mu_s = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$

$$\mu_s = 0,00299 \frac{\text{сек}}{\text{мм}}$$

$$\mu_s = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$

$$\mu_s = 0,00299 \frac{\text{сек}}{\text{мм}}$$

$$\mu_s = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$

$$\mu_s = 0,00299 \frac{\text{сек}}{\text{мм}}$$

Күлчаның
профильнің қызыш
 $\mu_s = 0,001 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$

Түрткі
(толкатель)

Роллик

Хақикый
профиль

Марказий
профиль

Анаштырылған механизм

Тезлік планш

Анаштырылған механизм

Тезлік планш

Анаштырылған механизм

Тезлік планш

Анаштырылған механизм

Тезлік планш

Анаштырылған механизм

Тезлік планш

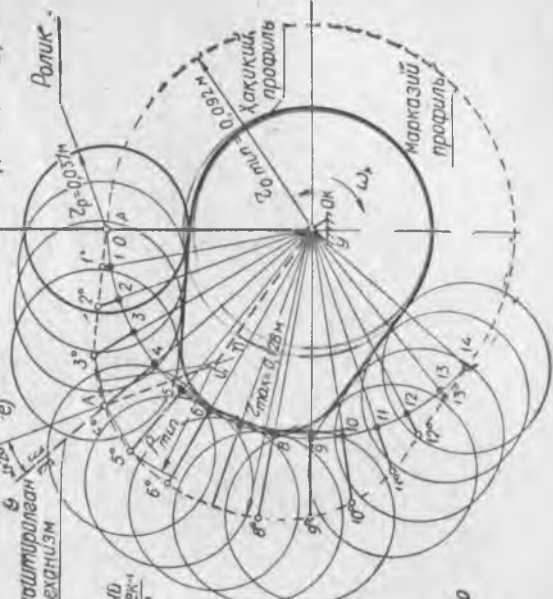
Анаштырылған механизм

Тезлік планш

Анаштырылған механизм

Тезлік планш

Анаштырылған механизм



Анаштырылған механизм

Тезлік планш

Анаштырылған механизм

Тезлік планш

Анаштырылған механизм

Тезлік планш

Анаштырылған механизм

Тезлік планш

Анаштырылған механизм

Тезлік планш

Анаштырылған механизм

Тезлік планш

Анаштырылған механизм

Тезлік планш

Анаштырылған механизм

53-шақ.

Сунгра абсциссалар ўқининг давомиди μ , масштабда $\varphi_0 = 20^\circ$ нинг кесма узунлигини белгилаймиз.

Берилган шартга $\varphi_k = \varphi_k$ бўлгани учун $\varphi_k = 60^\circ$ кесмани φ_k бурчакка симметрик қилиб, тенг ва ўхшаш тўғри тўртбурчаклик шакллари чизамиз.

Графикавий интеграллаш усуллариининг биридан фойдаланиб, чизилган $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$ диаграммаси интеграллаймиз. Ва-тар ўтказиш усулини татбиқ этиб, $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$ графикни бир марта интеграллаймиз-да, $\frac{dS}{d\varphi} = \frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$ нинг диаграммаси ҳосил қиламиз.

Бунинг учун абсциссалар ўқидаги $\varphi_k = 60^\circ$ кесмани $10^\circ = 10$ мм деб олиб, бир-бирига тенг олти кесмага бўламиз. Бунинг кесмаларининг абсциссалар ўқидаги $0, 1, 2, 3, \dots$ нуқталаридан вертикал чизиқлар ўтказамиз-да, берилган графикда бўлиш нуқталари $0'', 1'', 2'', 3'', \dots$ ни ҳосил қиламиз. $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$ графикнинг юқори қисмида $\frac{dS}{d\varphi} = \frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$ графикни учун янги координаталар системасини чизамиз. $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$ диаграммасидаги вертикал чизиқларни юқори томонга давом эттириб, оғ абсциссалар ўқини $0-1, 1-2, 2-3$, тенг кесмаларга бўламиз (53- шакл, б) $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$ ва $\frac{dS}{d\varphi} = \frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$ диаграммаларининг ордината ўқларини бир хил ва тенг масштабда чизиш учун $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$ диаграммасининг чап томонидаги қутб оралиғи қуйидагича бўлиши керак:

$$H_2 = \frac{1}{\mu\varphi} = \frac{1}{\pi/180^\circ} = 57,2 \text{ мм.}$$

Абсциссалар ўқининг чап томонида $\overline{OA_2} = H_2 = 57,2$ мм кесмани чизиб, A_2 нуқтани белгилаймиз.

Шундан кейин $0''-1'', 1''-2'', 2''-3'', \dots$ ва ҳоказо чизиқларнинг ҳар бири ўртасидаги $I'', II'', III'', \dots$ нуқталарни $\frac{d^2S}{d\varphi^2}$

ординаталар ўқига кўчираемиз.

Ординаталар ўқидаги $I'', II'', III'', \dots$ нуқталарни A_2 қутб билан тугаштириб, $A_2-I'', A_2-II'', A_2-III'', \dots$ нурларни ўтказамиз. Сунгра $\frac{dS}{d\varphi} = \frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$ диаграммасининг 0 нуқтасидан A_2-1'' нурга параллел қилиб $0-1$ қисмининг биринчи вертикал чизиғи билан учрашгунча чизиқ ўтказиб, $1''$ нуқтани белги- (53- шакл, б).

$\frac{dS}{d\varphi}$ ординагадаги вертикал чизиқнинг I' нуқтасидан A_2-II'' , нур чизиғига параллел чизиқ ўтказиб, иккинчи вертикал чизиқда $2'$ нуқтани оламиз. Диаграмманинг қолган қисмлари ҳам худди шу тарзда чизилади. Белгиланган $0', 1', 2', 3', \dots$ нуқталарни бирлаштириб графикавий интегралланган $\frac{dS}{d\varphi} = \frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$ диаграммасини ҳосил қиламиз.

Шуниндек, $\frac{dS}{d\varphi} = \frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$ диаграммани яна бир марта графикавий интеграллаб, $S = S(\varphi)$ силжиш диаграммасини чизамиз (53-шакл, в). Шунда S ва $\frac{dS}{d\varphi}$ ордината масшталари тенг бўлиши учун $\overline{H_1} = \overline{OA_1} = 57,2$ мм қилиб олиш керак.

Сўнгра $S = S(\varphi)$ ва $\frac{dS}{d\varphi} = \frac{dS}{d\varphi}(\varphi)$ диаграммалари ордината ўқларининг масштаб коэффициентлари μ_S , $\frac{\mu_{dS}}{d\varphi}$, $\frac{\mu_{d^2S}}{d\varphi^2}$ ни ҳисоблаб топамиз.

2. ДИАГРАММА МАСШТАБЛАРИНИ АНИҚЛАШ

Турткич силжиш диаграммаси ордината ўқининг масштаби қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\mu_S = \frac{h_{\max}}{S_{\max}} = \frac{0,035}{17,5} = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$

бу ерда $S_{\max}$ — силжиш диаграммаси ординатасининг максимал қиймати, мм.

Тезлик аналогининг ордината масштаби:

$$\frac{\mu_{dS}}{d\varphi} = \frac{\mu_S}{H_1 \cdot \mu_\varphi} = \frac{\mu_S}{\frac{1}{\mu_\varphi} \cdot \mu_\varphi} = \mu_S = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$

Тезланиш аналогининг ордината масштаби:

$$\frac{\mu_{d^2S}}{d\varphi^2} = \frac{\mu_{dS}}{H_2 \cdot \mu_\varphi} = \frac{\mu_{dS}}{\frac{1}{\mu_\varphi} \cdot \mu_\varphi} = \mu_{dS} = \mu_S = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$

Шундан кейин ординаталар ўқининг чизигий тезлиги ва уринма тезланиши масштаби μ_φ ни аниқлаймиз. Назарий механика курсидан маълумки, йўлнинг бурилиш бурчаги бўйича биринчи ҳосиласи чизигий тезлик ординатасига пропорционал бўлади, яъни:

$$v_2 = \frac{ds}{dt} = \frac{ds \cdot d\varphi}{dt \cdot d\varphi} = \omega \kappa \frac{ds}{d\varphi}$$

бундан

$$\frac{ds}{d\varphi} = \frac{v_2}{\omega_k}$$

келиб чиқади. Демак, чизигий тезликнинг ордината масштаби

$$\mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \omega_k \cdot \mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = 10,46 \cdot 0,002 = 0,209 \frac{\text{м/сек}}{\text{мм}}$$

булади, бу ерда $\omega_k = \frac{\pi n_k}{30} = \frac{3,14 \cdot 100}{30} = 10,46 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$ — кулачокнинг бурчагий тезлиги.

Чизигий тезланишнинг ордината масштаби қуйидагича аниқланади.

$$\mu_a = \omega_k^2 \cdot \mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = 10,46^2 \cdot 0,002 = 0,219 \frac{\text{м/сек}^2}{\text{мм}}$$

3. КУЛАЧОКНИНГ МИНИМАЛ РАДИУСНИ АНИҚЛАШ

Графикавий усулда $S = S(\varphi)$ ва $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$ ларнинг диаграммаларида ўзгарувчи φ бурчакни йўқотиб, $S = S\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$ диаграммасини чизамиз (53-шакл, з). Бунинг учун $S = S\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$ нинг тўғри бурчакли координаталар системасини чизиб, унинг ординаталар ўқиға турткичнинг силжиши S ни ва абсциссалар ўқиға тезлик аналог $\frac{ds}{d\varphi}$ ни қўйиб, бунда $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$ диаграммасининг қутбий оралиғи H ни 2-қисоблашда тезлик масштаби $\mu_{\frac{ds}{d\varphi}}$ ни силжиш масштаби μ_s га тенг қилиб олиш керак.

Силжиш $S = S(\varphi)$ диаграммасидаги $\overline{1-1}$, $\overline{2-2}$, $\overline{3-3}$, ... абсцисса бўлинмаларига тегишли S ордината қийматларини горизонтал чизиқлар билан $S = S\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$ диаграммасига кўчира-миз. Шу бўлинмаларга тегишли тезлик аналог $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$ нинг диаграммасидан $1-1'$, $2-2'$, $3-3'$... ординаталарини ёрдамчи чизма воситасида 45° га буриб (53-шакл, з), янги диаграмманинг $\frac{ds}{d\varphi}$ абсциссалари ўқиға кўчира-миз. Белгиланган 1° , 2° , 3° , ... нуқталар силлиқ чизиқ билан бирлаштирилади. Ҳосил бўлган эгри чизиқнинг чап ва унғ томонларига берилган босим бурчаги $\alpha = 30^\circ$ бўйича уринмалар ўтказамиз.

Графикнинг OS ординаталар ўқининг лавомида кесишув нуқтаси O_k ни аниқлаймиз. Бу уринма чизиқлар билан чегараланган юза (штрихланган қисм) кулачокнинг айланиш марказини геометрик ўринларини билдиради. Кулачокнинг айланиш маркази O_k ни оламир. O_k нуқтани $S = S\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$ диаграммасининг координаталар боши O билан бирлаштириб, аксиал кулачокнинг минимал радиусини кўрсатувчи кесмани оламир. $У$ ҳолда, $r_{omin} = \overline{O_k O} \cdot \mu_s = 46 \cdot 0,002 = 0,092$ м бўлади. Агар турткичининг силжиш чизиғи йўналиши кулачокнинг айланиш маркази O_k дан e оралиқда ўтса, кулачокнинг минимал радиуси қуйидагича аниқланади. Эксцентриситет e нинг μ_s масштабдаги қиймати қуйидагича аниқланади:

$$\bar{e} = \frac{e}{\mu_s} = \frac{0,015}{0,002} = 7,5 \text{ мм.}$$

Бу кесмани кулачокнинг айланиши бўйича OS тўғри чизиқнинг ўнг томонида пунктир тўғри чизиқ билан белгилаймиз. Уни уринма чизиқ билан кесишгунча давом эттириб, дезаксиал кулачокнинг маркази O'_k ни аниқлаймиз. Кулачокнинг минимал радиуси

$$r'_{min} = \overline{O'_k O} \cdot \mu_s = 58 \cdot 0,002 = 0,116 \text{ м}$$

бўлади.

4. ИЛГАРИЛАМА-ҚАЙТАР ҲАРАКАТЛАНУВЧИ РОЛИКЛИ ТУРТКИЧИ БЎЛГАН МАРКАЗИЙ КУЛАЧОКЛИ МЕХАНИЗМ ЛОЙИҲАЛАШ

Агар $e = 0$ бўлса, марказий (аксиал) кулачок профили чизилади. Механизмни „қайтариш“ усулини татбиқ этиб, кулачок профилини чизамиз.

1. Чизмада ихтиёрий нуқтада кулачокнинг айланиш маркази O_k ни танлаймиз.

2. Узунлик масштаби $\mu_l = 0,001$ м/мм бўйича кулачок радиусини ҳисоблаймиз:

$$\bar{r}_{omin} = \frac{r_{omin}}{\mu_e} = \frac{0,092}{0,001} = 92 \text{ мм.}$$

Бу радиус билан айлана чизамиз (53-шакл, d). Бу ерда кулачок профилининг узунлик масштаби μ_l силжиш графигининг масштаби μ_s га тенг эмас. Шунинг учун пропорционаллик коэффициенти K ҳисобга олинади:

$$\mu_l = K \cdot \mu_s = \frac{1}{2} \cdot 0,002 = 0,001 \frac{\text{м}}{\text{мм}}.$$

Пропорционаллик коэффициенти $K \approx 1$ бўлиши мумкин.

3. Кулачокнинг маркази O_k дан вертикал $y-y$ чизиқ ўтказамиз. Кулачок марказига роликнинг яқин туриш пайтида турткичининг вазиятини белгилаймиз. Шунда роликнинг маркази A кулачокнинг назарий минимал радиуси r_{omin} билан ўтказилган айланасида ётади. Бу вазият турткичининг кўтарилиш пайти бўлади.

4. Кулачокнинг айланиш томонига тескари йўналишда бошланғич радиус $O_k A$ дан кетма-кет $\varphi_k = 60^\circ$, $\varphi_y = 20^\circ$, $\varphi_k = 60^\circ$ бурчакларини белгилаймиз. Бу бурчакларнинг ҳар бирини силжиш $S = S(\varphi)$ диаграммасининг бўлинмаларига мос равишда худди ўшанча қисмга бўламиз. Бизнинг мисолимизда φ_k ва φ_k бурчакларнинг ҳар бири 6 қисмга бўлинган.

5. Бўлинган қисмларни r_{omin} радиусли айлана билан кесишув нуқталари 1, 2, 3 ва ҳоказодан радиал $O_k 1$, $O_k 2$, $O_k 3$, ... нурлар ўтказамиз.

6. Кулачокнинг r_{omin} радиус билан чизилган айланасидан ўтган нур чизиқларнинг давомида турткичининг $S = S(\varphi)$ диаграммасидаги силжиш қийматлари $1-1^\circ$, $2-2^\circ$, $3-3^\circ$, ... ни белгилаймиз.

7. Белгиланган 1° , 2° , 3° , 4° , ... нуқталарни силлиқ чизиқ билан бирлаштириб, кулачокнинг профилини чизамиз. Кулачокнинг $\varphi_y = 20^\circ$ ва $\varphi_k = 220^\circ$ бурчакларида O_k марказдан $\bar{r}_{\text{max}} = 128$ мм ва $\bar{r}_{\text{omin}} = 92$ мм радиуслар билан айлана ёйлари чизилади.

5. МАРКАЗИЙ БЎЛМАГАН РОЛИКЛИ КУЛАЧОКЛИ МЕХАНИЗМ ЛОЙИХАЛАШ

Кулачок лойиҳалаш тартиби қуйидагича.

1. Кулачокнинг айланиш маркази O_k нуқтадан $\mu_l = \mu_s = 0,002 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$ масштабда

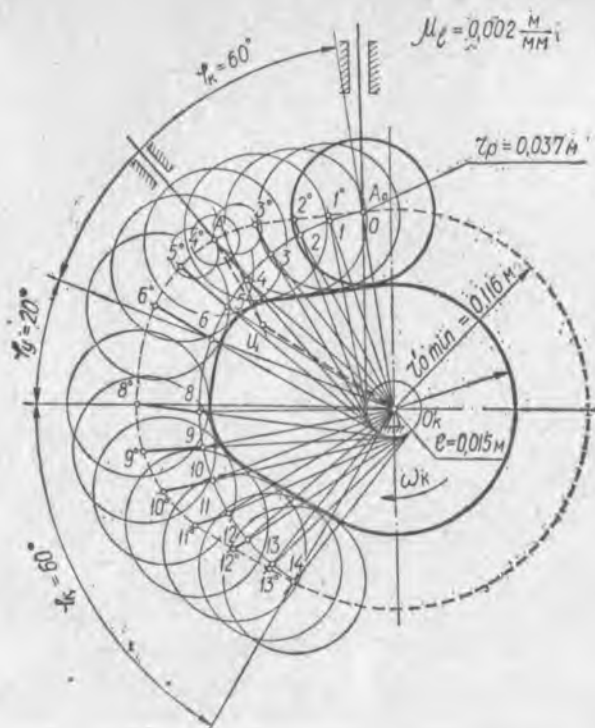
$$\bar{r}_{\text{omin}} = \frac{r_{\text{omin}}}{\mu_l} = \frac{0,116}{0,002} = 58 \text{ мм.}$$

$$\bar{e} = \frac{e}{\mu_l} = \frac{0,015}{0,002} = 7,5 \text{ мм}$$

радиуслар билан айланалар чизамиз (54-шакл, а).

2. Турткичининг ҳаракат йўналиши бўйича $\bar{e}$ радиус билан чизилган айланага уринмалар ўтказамиз. Ўтказилган бу уринмалар билан r_{omin} радиусли айлананинг кесишув нуқтаси A_0 турткичининг кўтарила бошлаш вазияти бўлади.

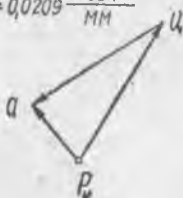
3. A_0 нуқтани кулачок маркази O_k билан туташтирамиз ва $O_k A_0$ чизиқдан кулачокнинг айланиш томонига қарама-қарши



Тезликлар плани

$$\mu_v = 0.0209 \frac{\text{м} \cdot \text{сек}^{-1}}{\text{мм}}$$

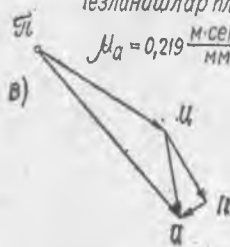
б)



Тезланишлар плани

$$\mu_a = 0.219 \frac{\text{м} \cdot \text{сек}^{-2}}{\text{мм}}$$

в)



54-шакл (а, б, в).

Йўналишда $\varphi_k = 60^\circ$, $\varphi_y = 20^\circ$ ва $\varphi_k = 60^\circ$ бурчакларни белгилаймиз.

4. Бу φ_k , φ_y , φ_k бурчакларни $S = S(\varphi)$ диаграммасида бўлинган қисмларга мос қисмларга бўлиб, $r'_{0 \min}$ радиусли айланада 1, 2, 3, ... нуқталарни белгилаймиз.

5. Белгиланган 1, 2, 3, ... нуқталардан a радиусли айланага уринмалар ўтказамиз. Бу уринмаларга $r'_{0 \min}$ радиусли айла-

на лавомида силжиш $S=S(\varphi)$ диаграммасидаги $\overline{11}^\circ$, $\overline{22}^\circ$, $\overline{33}^\circ$, ... кесмаларни кўчирамиз.

6. Белгиланган 1° , 2° , 3° ... нуқталарни силлиқ чизиқ билан бирлаштириб, кулачокнинг марказий (назарий) профилини ҳосил қиламиз.

7. Кулачокнинг бурилиш бурчаклари $\varphi_y = 20^\circ$ ва $\varphi_x = 220^\circ$ учун

$$\bar{r}'_{\max} = \frac{r_{\max}}{\mu_\theta} = \frac{0,153}{0,002} = 76,5 \text{ мм.}$$

$$\bar{r}'_{\min} = \frac{r_{\min}}{\mu_l} = \frac{0,116}{0,002} = 58 \text{ мм}$$

радиуслар билан ёйлар чизилади.

6. ТУРТКИЧ РОЛИГИНИНГ РАДИУСИНИ АНИҚЛАШ

Кулачок профилининг ейилишини ва олий кинематикавий жуфтнинг ишқаланишини камайтириш учун етакланувчи звенога ролик ўрнатилади.

Роликнинг ўлчамлари кулачок ясашда, унинг профил чизиқларининг ўзаро кесишмаслик шарти ва бошқа шартларга биноан $r_p \leq (0,7 \dots 0,8) r_{\min}$ ва $r_p \leq (0,4 \dots 0,5) r_{\min}$ қилиб олинади (бу ерда $r_{\min}$ — кулачок марказий профилининг минимал эгрилик радиуси). Бу икки ифода ёрдамида роликнинг радиусини ҳисоблаб топамиз. Унинг кичик қиймати қабул қилинади. Кулачок профилининг минимал эгрилик радиусини аниқлаш учун кулачок марказий профилининг эгрилик радиуси энг кичик бўлган қисми танланади. Шу қисм минимал радиусининг маркази топилади.

Бунинг учун эгрилик радиуси қидирилаётган профил нуқтаси профилнинг шу нуқтага яқин ўнг ва чап нуқталари билан туташтириб, ёйнинг ватари ўтказилади. Сўнгра ватарлар ўртасидан тик чизиқлар ўтказилиб, уларнинг кесишув нуқтаси белгиланади (53-шакл, δ). Ана шу нуқта эгрилик радиусининг маркази бўлади.

Аксиал кулачокли механизмлар роликларининг радиусини қуйидагича ҳисоблаб топилади:

$$r_p = 0,8 \cdot r_{\min} \cdot \mu_l = 0,8 \cdot 50 \cdot 0,001 = 0,040 \text{ м,}$$

$$r_p = 0,4 \cdot r_{\min} = 0,4 \cdot 0,092 = 0,037 \text{ м}$$

ҳисоблаб топилган бу радиусларнинг энг кичиги, яъни $r_p = 0,037 \text{ м}$ қабул қилинади.

7. ҲАҚИҚИЙ КУЛАЧОК ПРОФИЛИНИ ЧИЗИШ

Кулачокнинг марказий профили бўйича роликнинг марказини аниқлаб,

$$\bar{r}_p = \frac{r_p}{\mu_l} = \frac{0,037}{0,001} = 37 \text{ мм}$$

радиусли бир неча айлана чизилади ва бу айланаларнинг чекка нуқталари туташтирилиб, кулачокнинг ҳақиқий профили ҳосил қилинади.

8. АЛМАШТИРИЛГАН МЕХАНИЗМ ЧИЗИШ ВА ТУРТКИЧНИНГ ТЕЗЛИК ВА ТЕЗЛАНИШИНИ АНИҚЛАШ

Олий кинематикавий жуфтли механизмларни кинематикавий анализ қилишда ҳисоблаш усулини соддалаштириш мақсадида, купинча, уларнинг оний вазияти шартли механизмга алмаштирилади.

Кулачок профилида турткичнинг вазиятига қараб, алмаштирилган механизмнинг узунлик ўлчамлари ўзгаради.

Бунинг учун кулачокли механизмнинг берилган вазияти учун унинг олий кинематикавий жуфти қуйи кинематикавий жуфтга алмаштирилиб, фақат қуйи кинематикавий жуфтли ричагли механизм чизилади.

Олий кинематикавий жуфт қуйи кинематикавий жуфтга алмаштирилганда янги механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси ўзгармаслиги керак.

Бунда олий кинематикавий жуфт иккита айланма ёки айланма ва илгарилама қуйи кинематикавий жуфтли битта шартли звенога алмаштирилади.

Алмаштириш тартиби қуйидагича бўлади.

Звеноларнинг олий кинематикавий жуфтларининг уриниш нуқтасидан уларнинг профилига нормал чизиқлар ўтказилади. Бу чизиқларда ҳар бир звено эгрилик радиусининг маркази топилади. Профилнинг эгрилик радиуси марказига айланма кинематикавий жуфт (шарнир) жойлаштирилади. Агар эгрилик радиусининг маркази чексизликда ётса, яъни звено профили тўғри чизиқ бўлса, у ҳолда, профилнинг уриниш нуқтасига илгарилама кинематикавий жуфт ўрнатилади. Сунгра аниқланган кинематикавий жуфтлар чизиқ билан бирлаштирилиб, қушимча звено олинади-да, у олдинги звенолар билан бирлаштирилади.

Алмаштирилган механизм кулачокли механизмнинг чизма-сида штрих чизиқлар билан кўрсатилган (53 ва 54-шаклларда e , a).

Кулачок ва роликдан иборат механизмнинг олий кинематикавий жуфтини унга эквивалент бўлган қуйи кинематикавий жуфтли механизм билан алмаштирамиз. Кулачок филларининг уриниш нуқталарининг эгрилик марказларини аниқлаймиз. Роликнинг профили айлана бўлгани учун унинг эгрилик маркази айланиш ўқи A да жойлашган бўлади. Кулачокнинг профили эгри чизиқ бўлгани учун унинг уриниш нуқталари-

нинг эгрилик марказларини аниқлаймиз. Роликнинг профили айлана бўлгани учун, унинг эгрилик маркази айланиш ўқида ётади. Кулачокнинг профили эгри чизиқ бўлгани учун унинг уриниш нуқтаси A_4 дан профилга нормал $n-n$ чизиқ ўтказамиз ва унда эгрилик маркази C нуқтани белгилаймиз. A_4 ва C нуқталарни штрих тўғри чизиқ билан бирлаштириб, янги қўшимча звенони ҳосил қиламиз.

Алмаштирилган механизм кривошип-ползунли механизмдир.

Алмаштирилган механизм учун тезликлар планини чизамиз (53-шакл, ж). Кулачокдаги C нуқтанинг тезлиги қуйидагича бўлади:

$$v_c = O_k C \cdot \omega_k = \overline{O_k C} \cdot \mu_l \cdot \omega_k = 74 \cdot 0,001 \cdot 10,46 = 0,774 \frac{\text{м}}{\text{сек}},$$

бу ерда $\overline{O_k C}$ — схемадаги O_k ва C нуқталар оралиғи, мм.

Кулачокдаги C нуқтанинг $\vec{v}_c$ тезлик вектори радиус $O_k C$ га тик ва кулачокнинг айланиш томонига йўналган. Уни чизиш учун тезлик масштабини μ_v ни тезлик $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi} (\varphi)$ диаграммасининг (53-шакл, б) масштаб μ_v га тенг қилиб оламиз:

$$\mu_v = \mu_{v_2} = 0,0209 \frac{\text{м/сек}}{\text{мм}}.$$

У ҳолда, A нуқта тезлиги векторининг кесма узунлиги

$$\overline{p_c} = \frac{v_c}{\mu_v} = \frac{0,774}{0,0209} = 37 \text{ мм}$$

бўлади.

Турткичнинг A нуқтаси тезлигини аниқлаш учун унинг векторий тенгламасини тузамиз:

$$\vec{v}_A = \vec{v}_C + \vec{v}_{AC},$$

$$\vec{v}_A = \vec{v}_y + \vec{v}_{Ay},$$

бу ерда

$$v_{AC} \perp AC, v_y = 0, v_{Ay} \parallel y - y$$

бўлади. Тезликларнинг қутбий планини чизиб, турткичнинг A нуқтаси тезлигини аниқлаймиз (53-шакл, ж):

$$v_A = \overline{P_o a} \cdot \mu_v = 21 \cdot 0,0209 = 0,44 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

тезлик $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi} (\varphi)$ диаграммасидан турткичнинг шу вазиятдаги тезлигини аниқлаймиз:

$$v_A^o = 44' \mu_v = 20 \cdot 0,0209 = 0,42 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

Тезликлар фарқини ҳисоблаб топамиз:

$$\Delta v = \frac{v_A - v_A^0}{v_A} \cdot 100\% = \frac{0.44 - 0.42}{0.44} \cdot 100\% = 4,55\%$$

9. АЛМАШТИРИЛГАН МЕХАНИЗМНИНГ ТЕЗЛАНИШЛАРИНИ АНИҚЛАШ

Кулачок ўзгармас тезлик $\omega_K = \text{const}$ билан айлангани учун, унинг бурчагий тезланиши ϵ ҳам, уринма чизигий тезланиши a^r ҳам нолга тенг. У ҳолда кулачокдаги $Ц$ нуқтанинг тезланиши қуйидагича бўлади:

$$a_{Ц} = a_{ЦО_K}^n = O_K Ц \cdot \omega_K^2 = \overline{O_K Ц} \cdot \mu_l \cdot \omega_K^2 = 74 \cdot 0,001 \cdot 10,46^2 = 8,1 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}.$$

Тезланишлар планини чизиш учун тезланиш масштаби μ_a тезланишлар $\frac{d^2s}{dt^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2} (\varphi)$ диаграммасининг масштаби μ_a га тенг қилиб оламиз:

$$\mu_a = \mu_{a_r} = 0,219 \frac{\text{м}}{\text{мм} \cdot \text{сек}^2}.$$

Кулачокдаги $Ц$ нуқтанинг тезланиш вектори кесмасининг узунлигини аниқлаймиз:

$$\overline{\pi Ц} = \frac{a_{Ц}}{\mu_a} = \frac{8,1}{0,219} = 37 \text{ мм}.$$

Тезланишлар плани чизиш учун тезланишларнинг векторий тенгламасини тузамиз:

$$\vec{a}_a = \vec{a}_{Ц} + \vec{a}_{АЦ}^n + \vec{a}_{АЦ}^r, \quad (141)$$

$$\vec{a}_A = \vec{a}_y + \vec{a}_{АУ}^n + \vec{a}_{АУ}^r. \quad (142)$$

Йуналтиргич қўзғалмас бўлгани учун $a_y = 0$, $a_{АУ}^r = 0$ бўлади.

(141) тенгламадаги нормал тезланиш

$$a_{АЦ}^n = \frac{v_{АЦ}^2}{ЦА} = \frac{(\overline{ЦА} \cdot \mu_v)^2}{ЦА \mu_l} = \frac{(39 \cdot 0,0209)^2}{52 \cdot 0,001} = 12,78 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$$

бўлиб, унинг вектори A нуқтадан $Ц$ нуқтага томон, $АЦ$ звенога параллел йуналган. $a_{АЦ}^n$ тезланишнинг масштаб μ_a даги кесмаси узунлиги қуйидагича бўлади:

$$\overline{\pi п} = \frac{a_{АЦ}}{\mu_a} = \frac{(\overline{ЦА} \cdot \mu_v)^2}{ЦА \cdot \mu_l \mu_a} = \frac{(\overline{ЦА})^2}{ЦА} = \frac{39^2}{52} = 29,3 \text{ мм}$$

$a_{АЦ}^r \perp АЦ$ ва $a_{АУ}^r \parallel У - У$ бўлади.

Тезланишлар планини чизиб (53-шакл, з), турткичнинг А нуқтаси тезланиши қийматини аниқлаймиз

$$a_A = \overline{\pi a} \cdot \mu_a = 61 \cdot 0,219 = 13,36 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$$

Турткичнинг туриш вазияти $4 - 4^\circ$ учун $\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2} (\varphi)$ диаграммасидаги тезланиши

$$a_A^\partial = \overline{4 - 4''} \cdot \mu_a = 60 \cdot 0,219 = 13,14 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$$

бўлади.

Турткичнинг тезланишлари фарқи қуйидагича бўлади:

$$\Delta a = \frac{a_A - a_A^\partial}{a_A} \cdot 100\% = \frac{13,36 - 13,14}{13,36} \cdot 100\% = 1,6\%.$$

Демак, турткичнинг тезлик ва тезланишлари қийматини икки усул билан аниқлаганимизда уларнинг қийматлари бир-биридан катта фарқ қилмади, яъни 5% дан ошмади.

Турткичнинг шу туриш вазиятида босим бурчагини графикавий усулда аниқлаймиз. Кулачок профилига ўтказилган $n - n$ нормал билан турткичнинг ролик марказининг абсолют чизигий тезлиги йўналиши орасидаги бурчак босим бурчаги бўлади. Роликнинг маркази А нуқтадан унинг профилига $n - n$ нормал ўтказамиз.

Турткичнинг ҳаракат чизиги билан $n - n$ нормал орасидаги бурчакни ўлчаймиз. Бизнинг мисолимизда, $\alpha = 20^\circ$ (53-шакл, е) марказий бўлмаган кулачокли механизм турткичининг тезлиги ва тезланиши ҳам худди шу тарзда аниқланади (54-шакл, б, в).

10. ИЛГАРИЛАМА-ҚАЙТАР ҲАРАКАТЛАНУВЧИ ТАРЕЛКАЛИ ТУРТКИЧИ БЎЛГАН КУЛАЧОКЛИ МЕХАНИЗМ ЛОЙИХАЛАШ

Турткичнинг ҳаракат қонунини (схема—А) ва бошқа параметрларни юқоридаги 55-шаклда келтирилган механизмнинг қийматларини қабул қиламиз. Диаграмма чизиб ва унинг масштабларини аниқлаш худди олдинги мисолдагидек бўлади (55-шакл, а, б, в).

11. КУЛАЧОК ПРОФИЛИНИНГ МИНИМАЛ РАДИУСИНИ АНИҚЛАШ

Тарелкали турткичи бўлган механизмда кулачокнинг барча бурилиш бурчакларида босим бурчаги α бир хил бўлиб, нолга тенгдир. Турткичнинг кулачок профили бўйлаб бир текис ҳаракатланиши учун кулачокнинг бутун профили қабарик деб қабул қилинади. Кулачокнинг қабарикли шартини проф. Я. Л. Геронимус таклиф этган эди.

Биринчи усул проф. Я. Л. Геронимус усули. Маълум $S = S(\varphi)$ ва $\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi)$ диаграммаларнинг φ бурчагини графикавий усулда йўқотиб, $S = S\left(\frac{d^2s}{d\varphi^2}\right)$ диаграммасини чизамиз. Бунинг учун $S = S(\varphi)$ ва $\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi)$ диаграммалари бир хил масштабда чизилган, яъни $\mu_s = \mu_{\frac{d^2s}{d\varphi^2}} = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$ бўлиши керак. Бу шартни бажариш учун қутб оралиғини

$$H_2 = H_1 = \frac{180^\circ \cdot \overline{OM}}{\pi \cdot \varphi_p^0} = \frac{180^\circ \cdot 140}{3,14 \cdot 140^\circ} = 57,2 \text{ мм}$$

қилиб оламиз. Юқоридаги мисолда

$$S = S(\varphi), \quad \frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi) \quad \text{ва} \quad \frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi)$$

диаграммалари бир хил

$$\mu_s = \mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \mu_{\frac{d^2s}{d\varphi^2}}$$

масштабда чизилган. Уларнинг қутб оралиқлари $H_2 = H_1 = 57,2 \text{ мм}$.

Тўғри бурчакли координаталар системасини чизиб, унинг ординаталар ўқи OS га турткичнинг $S = S(\varphi)$ диаграммасидаги силжишларни, абсцисса ўқига эса $\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi)$ диаграммасидан ҳар бир силжиш графигига мос бўлган тезланиш аналоглари $\frac{d^2s}{d\varphi^2}$ нинг қийматларини қўямиз (55-шакл, з). Белгиланган $0^\circ, 1^\circ, 2^\circ, 3^\circ, \dots$ нуқталарни чизиқ билан бирлаштириб, $S = S\left(\frac{d^2s}{d\varphi^2}\right)$ диаграммасини ҳосил қиламиз. Сўнггра диаграмманинг чап томонидаги графикнинг манфий қисмига 45° бурчак остида ординаталар ўқи OS нинг давомидаги вертикал чизиқ билан кесишгунча уринма ўтказамиз. Унинг кесишув нуқтаси O_1 ни оламиз (55-шакл, з). Бу чизиқдаги $\overline{OO_1}$ кесма μ_s масштабда кулачокнинг минимал радиуси бўлади.

Кулачок профилининг барча участкаларида эгрилик радиуси мусбат, яъни $\rho > 0$ бўлиши учун кулачокнинг минимал радиуси аниқланган радиусдан $10 \dots 20\%$ узун қилиб олинади. Демак, кулачокнинг айланиш маркази O_k ни $\overline{OO_1}$ кесманинг давомида $a = 10 \dots 20\%$ ошириб оламиз. У ҳолда, кулачокнинг минимал радиуси

$$r_{\text{omin}} = \overline{OO_k} = 1,2 \cdot \overline{OO_1} \cdot \mu_s = 1,2 \cdot 50 \cdot 0,002 = 0,120 \text{ м}$$

бўлади.

Иккинчи усул. Худди шундай катигани $S=S(\varphi)$ ва $\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi)$ диаграммаларини графикавий усулда қўшиш йўли билан ҳам олиш мумкин, яъни силжиш $\left(S + \frac{d^2s}{d\varphi^2}\right)$ графигининг ордината қийматларига тезланиш аналогларининг ордината баландликлари геометрик қўшилади. Бу графикнинг чизи-лиши (55-шакл, в) штрих чизиқлар билан кўрсатилган.

$S=S(\varphi)$ ва $\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi)$ диаграммаларни ординаталарининг масштаблари тенг

$$\mu_s = \mu_{\frac{d^2s}{d\varphi^2}} = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$

бўлгандагина қўшиш керак. Сўнгра графикнинг мафий қисми—абсциссалар ўқининг остки қисми олинади. Абсциссалар ўқидан графикнинг учигача бўлган оралиқ кулачокнинг минимал радиусини кўрсатади.

Юқорида ҳисобланганидек, $r_{0 \min}$ (кулачокнинг минимал радиуси) нинг қиймати $\overline{OO_1}$ кесмадан $a=10-20\%$ ошириб олинади. У ҳолда

$$r_{0 \min} \overline{OO_k} = 1,2 \cdot \overline{OO_1} \cdot \mu_s = 1,2 \cdot 50 \cdot 0,002 = 0,120 \text{ м}$$

бўлади.

12. КУЛАЧОКНИНГ ПРОФИЛИНИ ЧИЗИШ

Кулачокнинг айланиш марказини ихтиёрий O_k нуқтада бел-гилаймиз (55- шакл, е). Бу нуқтадан $\mu_t = \mu_s = 0,002 \text{ м/мм}$ масш-

табда $\overline{r_{0 \min}} = \frac{r_{0 \min}}{\mu_t} = \frac{0,120}{0,002} = 60 \text{ мм}$ радиусли айлана чиза-миз.

Турткичнинг кўтарила бошлаш вазиятини аниқлаймиз. Сўнгра O_k нуқтадан вертикал чизиқ ўтказиб, бу чизиқдан кулачокнинг айланишига қарама-қарши томонга $\varphi_k = 60^\circ$, $\varphi_y = 20^\circ$, $\varphi_k = 60^\circ$ бурчакларни кетма-кет қўямиз. Бу бурчаклар-ни $S=S(\varphi)$ диаграммасига мослаб, тенг қисмларга бўламиз-да, кулачок айланасида 0, 1, 2, 3, нуқталарни оламиз. Кула-чокнинг айланиш маркази O_k билан $r_{0 \min}$ радиусли айланада-ги 0, 1, 2, 3, нуқталардан O_k1 , O_k2 , O_k3 , . . . радиал чизиқлар ўтказамиз. Бу чизиқларнинг давомида $r_{0 \min}$ радиус-ли айланадан силжиш $S=S(\varphi)$ диаграммасидаги $\overline{11}-\overline{11}^\circ$, $\overline{22}-\overline{22}^\circ$, $\overline{33}-\overline{33}^\circ$, . . . кесмаларни чизамиз. Бу чизиқларда бел-гиланган 1° , 2° , 3° , . . . нуқталардан радиал чизиқларга нис-баган тарелканинг туби конгури, яъни тик чизиқлар ўтказамиз.

Сунгра тарелканинг контур чизиқларининг чекка қисмларини, яъни кулачок марказига яқин бўлган нуқталарини бирлаштириб, кулачок профилини ҳосил қиламиз.

13. АЛМАШТИРИЛГАН МЕХАНИЗМНИ ЧИЗИШ ВА ТУРТКИЧНИНГ ТЕЗЛИК ВА ТЕЗЛАНИШНИ АНИҚЛАШ

Кулачок профилининг 2-вазият нуқтаси учун олий кинематикавий жуфтни қуйи кинематикавий жуфтга айлантириб, алмаштирилган механизм чизамиз. Бунда 55-шакл, *е* да штрих чизиқлар билан кўрсатилган ричагли механизм ҳосил бўлади. Алмаштирилган ричагли бу механизм учун тезлик ва тезланишлар планини чизамиз. Тезликлар планини $\mu_v = \mu_{v_2} = 0,0209 \frac{\text{м/сек}}{\text{мм}}$ масштабда чизамиз. Қутб нуқтаси p_v ни танлаб, ундан A нуқтанинг

$$v_A = O_K A \cdot \omega = \overline{O_K A} \cdot \omega_K = 62 \cdot 0,002 \cdot 10,46 = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

тезлик векторини чизамиз. Бу вектор кулачокнинг айланиш томони бўйича $O_K A$ радиусга тик бўлиб, узунлиги қуйидагича:

$$pa = \frac{v_A}{\mu_v} = \frac{1,3}{0,0209} = 62,2 \text{ мм.}$$

Алмаштирилган механизмнинг схемасидан кўринадики, AB қўшимча звено механизм ишлаган пайтда турткичнинг CB чизигига параллел равишда силжийди.

Демак, илгарилама ҳаракатланувчи звенонинг барча нуқталари параллел равишда силжигани учун уларнинг тезлик ва тезланишлари ҳам бир-бирига тенг бўлади.

Турткичнинг B_2 кулачокдаги B_2 нуқтага мос келган нуқтасининг тезлигини қуйидаги тенгламадан аниқлаймиз.

$$\vec{v}_{B_2} = \vec{v}_{B_1} + \vec{v}_{B_2 B_1},$$

$$\vec{v}_{B_2} = \vec{v}_y + \vec{v}_{B_2 y},$$

бу ерда $\vec{v}_{B_2}$ — турткичнинг абсолют чизигий тезлиги вектори, у у — у чизиққа параллел йўналади;

$\vec{v}_{B_2 B_1}$ — турткич тарелкасининг нисбий тезлиги вектори, у CB томонга параллел йўналади.

Тезликлар планини чизамиз (55-шакл, *ж*).

Турткичнинг тезлиги қуйидагича аниқланади:

$$v_{B_2} = \overline{p B_2} \cdot \mu_v = 19 \cdot 0,0209 = 0,397 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

Тезлик аналог $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$ диаграммаси (55-шакл, *б*) да турт-

кичнинг шу вазиятдаги тезлиги $v_{B_2}^2 = 0,417 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ бўлади. Икки усулда аниқланган тезликларнинг фарқи:

$$\Delta v = \frac{v_{B_2}^2 - v_{B_2}}{v_{B_2}^2} 100\% = \frac{0,417 - 0,397}{0,417} \cdot 100\% = 4,8\%.$$

Тезланишлар планини чизамиз. Бунинг учун тезланиш масштаби μ_a ни тезланиш масштаби $\mu_{a_1} = 0,219 \frac{\text{м сек}^2}{\text{мм}}$ га тенглаб, кулачокдаги A_1 нуқтанинг тезланиш вектори πa_1 узунлигини ҳисоблаймиз.

$$a_{A_1} = O_k A \cdot \omega_k^2 = O_k \bar{A} \cdot \mu_l \cdot \omega_k^2 = 62 \cdot 0,002 \cdot 10,46^2 = 13,6 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$$

$$\pi a_1 = \frac{a_{A_1}}{\mu_a} = \frac{13,6}{0,219} = 62 \text{ мм.}$$

Турткичнинг B_2 нуқтаси тезланишини қуйидаги тенгламадан аниқлаймиз:

$$\vec{a}_{B_2} = \vec{a}_{B_1} + \vec{a}_{B_2 B_1},$$

бу ерда $\vec{a}_{B_1} - B_1$ нуқтанинг абсолют чизигий тезланиши, унинг вектори у-у йўналтирувчига параллел йўналади;

$\vec{a}_{B_2 B_1}$ — нисбий тезланиш вектори, у CB га параллел йўналади.

Тезланишлар планини чизиб, (55-шакл, з) турткичнинг тезланиши қийматини аниқлаймиз:

$$a_{B_2} = \pi \bar{b}_3 \cdot \mu_a = 61 \cdot 0,219 = 13,36 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}.$$

Тезланиш аналог $\frac{a^2 s}{d\varphi^2} = \frac{d^2 s}{d\varphi^2} (\varphi)$ диаграммасидан турткичнинг шу вазияти учун тезланиш қийматини аниқлаймиз:

$$a_{B_2}^2 = 22'' \cdot \mu_{a_2} = 60 \cdot 0,219 = 13,14 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}.$$

Икки усулда аниқланган тезланишларнинг фарқи:

$$\Delta a = \frac{a_{B_2} - a_{B_2}^2}{a_{B_2}} \cdot 100\% = \frac{13,36 - 13,14}{13,36} \cdot 100\% = 1,6\%.$$

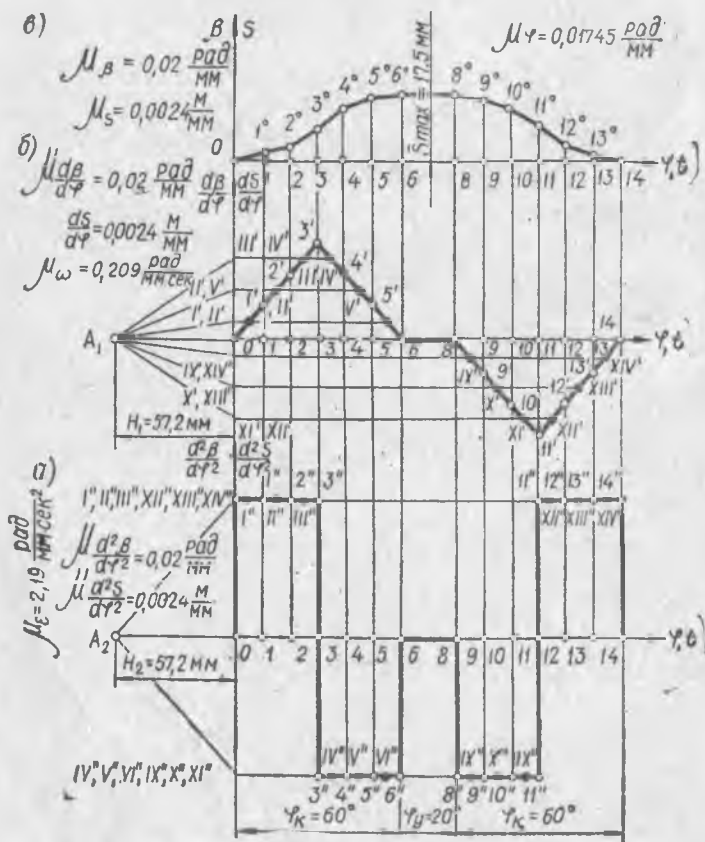
14. РОЛИКЛИ КОРОМИСЛОЛИ ТУРТКИЧИ ТЕБРАНУВЧИ БЎЛГАН КУЛАЧОКЛИ МЕХАНИЗМ ЛОЙИҲАЛАШ

Турткич ва кулачокнинг A схемада берилган ҳаракат қонуни ва асосий параметрларини қабул қиламиз. Қўшимча равишда қуйидаги параметрлар берилган: коромислонинг узунлиги $l_{O_1 A} = 120 \text{ мм}$, коромислонинг тебраниш бурчаги $\beta_{\max} = 20^\circ$, босим бурчаги $\alpha = 45^\circ$.

Ҳисоблаш юқорида кўрсатилган тартибда бажарилади. Дастлаб, тезланиш аналог $\frac{d^2\beta}{d\varphi^2} = \frac{d^2\beta}{d\tau^2}(\varphi)$ графигини чизамиз. Уни икки марта интеграллаб, $\frac{d\beta}{d\varphi} = \frac{d\beta}{d\varphi}(\varphi)$ ва $\beta = \beta(\varphi)$ графикларни чизамиз (56-шакл, а, б, в). Силжиш $\beta = \beta(\varphi)$ графигини чизиб, турткичининг ординаталар ўқи масштаби μ_β ни ҳисоблаймиз:

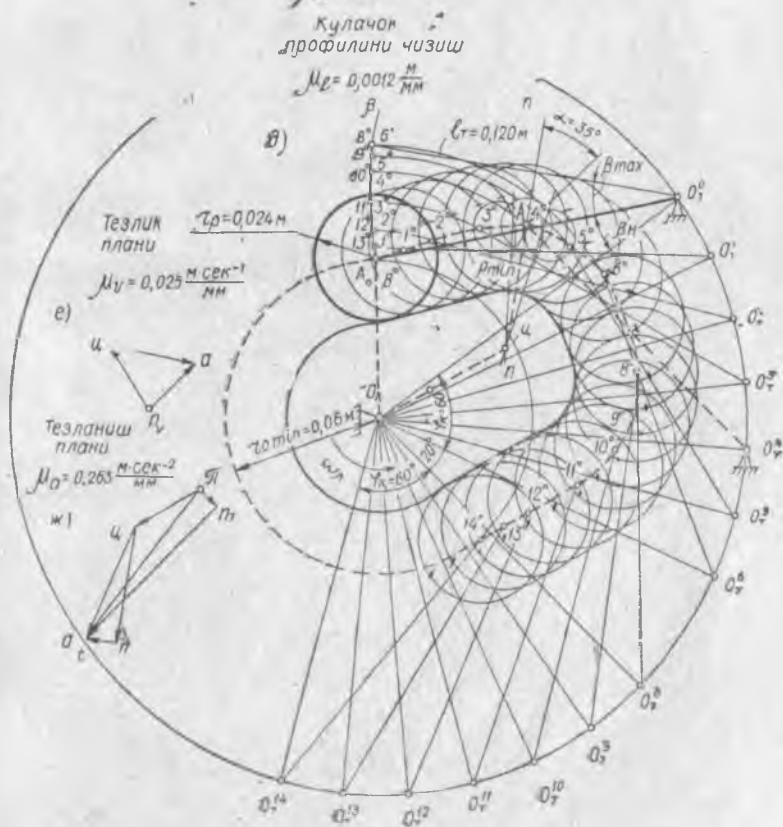
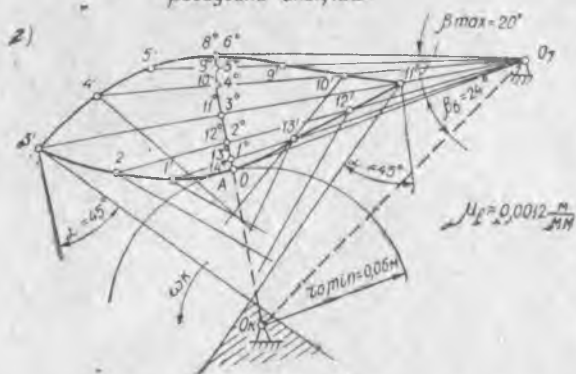
$$\mu_\beta = \frac{\beta_{\max}}{S_{\max}} = \frac{\frac{\pi}{180^\circ} \cdot \beta_{\max}^\circ}{S_{\max}} = \frac{3,14 \cdot 20^\circ}{180^\circ \cdot 17,5} = 0,02 \frac{\text{рад}}{\text{мм}}$$

Турткичининг ҳаракатланиш
диаграммалари



56-шакл (а, б, в).

Кулачковниге минимал
радиусниг аниглалш



56-ш акл.

бу ерда $S_{\text{max}} - \beta = \beta(\varphi)$ диаграммасининг максимал ординатаси, мм.

Коромисло роликнинг марказидаги ёй бўйлаб силжиш масштаби қуйидагича бўлади:

$$\mu_s = \mu_\beta \cdot l_{O_{TA}} = 0,02 \cdot 0,120 = 0,0024 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$

Чизмада графикларнинг ордината масштаблари тенг $\mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} = \mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} = \mu_{(\beta)}$ бўлгани учун коромислонинг бурчагий тезлиги масштаби қуйидагича бўлади:

$$\mu_{\omega} = \mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} \cdot \omega_k = 0,02 \cdot 10,46 = 0,209 \frac{\text{рад}}{\text{мм} \cdot \text{сек}}$$

Коромислонинг бурчагий тезланиши масштаби:

$$\mu_{\ddot{\beta}} = \mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} \cdot \omega_k^2 = 0,02 \cdot 10,46^2 = 2,19 \frac{\text{рад}}{\text{мм} \cdot \text{сек}^2}$$

Кулачокнинг минимал радиуси қуйидагича аниқланади. Ихтиёрий олинган O_T нуқтадан (56-шакл, з)

$$\mu_l = K \cdot \mu_s = \frac{1}{2} 0,0024 = 0,0012 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$

масштабда коромислонинг узунлиги $l_{O_{TA}}$ ни қуйидаги кесма билан чизамиз:

$$\frac{O_T A}{\mu_e} = \frac{l_{O_{TA}}}{\mu_e} = \frac{0,120}{0,0012} = 100 \text{ мм.}$$

A_0 нуқтани коромислонинг маркази a_T билан бирлаштириб, тебраниш бурчаги $\beta_{\text{max}} = 20^\circ$ ни белгилаймиз. Сўнгра A_0 нуқтадан $\beta_0 - \beta$ ёйни коромислонинг силжиш $\beta = \beta(\varphi)$ графигига мослаб, μ_e масштабда

$$\overline{O1^\circ} = \frac{s_{O_1}}{\mu_e} = \frac{2 \cdot s_{O_1}}{\mu_e} = \frac{2 \cdot s_{O_1}}{\frac{s_{O_1}}{11^\circ}} = 2 \cdot 11^\circ = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ мм,}$$

$$\overline{O2^\circ} = 2(22^\circ) = 2 \cdot 4,5 = 9 \text{ мм,}$$

$$\overline{O3^\circ} = 2(33^\circ) = 2 \cdot 9 = 18 \text{ мм.}$$

интервалларга бўламиз. Белгиланган $0, 1, 2, 3, \dots$ нуқталар кулачокнинг бурилиш бурчагига нисбатан коромислонинг $\beta - \beta$ бурчаги бўйича силжиш ординаталари бўлади.

$0, 1^\circ, 2^\circ, 3^\circ, \dots$ нуқталарни коромислонинг маркази O_T билан туташтириб, ундан радиал нурлар ўтказамиз ва бу нурларда қуйидаги масштабда кесмалар чизамиз:

$$\mu_l = \frac{1}{2} \mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} = \frac{1}{2} 0,0024 = 0,0012 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$

Роликнинг марказидаги ёйдан (коромислонинг маркази O_T дан чизилган нурнинг чап томонига) қуйидаги кесмаларни қўямиз:

$$(\overline{1^\circ 1'}) = 2[\overline{1^\circ 1'}] = 2 \cdot 10,5 = 21 \text{ мм},$$

$$(\overline{2^\circ 2'}) = 2[\overline{2^\circ 2'}] = 2 \cdot 20 = 40 \text{ мм},$$

$$(\overline{3^\circ 3'}) = 2[\overline{3^\circ 3'}] = 2 \cdot 30 = 60 \text{ мм},$$

• • • • •

Коромислонинг кулачок марказидан узоқлашиш вазиятлари учун ўнг томонга коромислонинг маркази O_T томонига қуйидаги кесмаларни қўямиз:

$$(\overline{9^\circ 9'}) = 2[\overline{9^\circ 9'}] = 2 \cdot 10,5 = 21 \text{ мм},$$

$$(\overline{10^\circ - 10'}) = 2[\overline{10^\circ - 10'}] = 2 \cdot 20 = 40 \text{ мм},$$

• • • • •

бу ерда $[\overline{1^\circ 1'}]$, $[\overline{2^\circ 2'}]$, . . . $[\overline{13^\circ - 13'}]$ кесмалар — $\frac{d\beta}{d\varphi} = \frac{d\delta}{d\varphi}$ (φ) диаграммасининг ординаталари.

Ҳар бир нурдаги кесмаларнинг чекка нуқталарида шу кесмаларга 45° бурчак остида тўғри чизиқлар ўтказамиз. Ўтказилган жуфт чизиқлар турли нуқталарда кесишади. Булардан A_0 нуқтадан энг узоқдаги кесишув нуқтаси кулачок маркази деб қабул қилинади.

Кўпинча, $\frac{ds_k}{d\varphi}$ ва $\frac{ds_k}{d\varphi}$ графикларининг энг катта кесмаларига 45° бурчак остида чизиқ ўтказилиб, уларнинг кесишув нуқта-сида кулачокнинг айланиш маркази бўлмиш O_k нуқта белги-ланади.

Бу икки чизиқ билан чегараланган юза (56-шакл, 2 да штрихланган қисм) кулачок марказларининг геометрик юзаси-ни беради. Бу юзанинг исталган нуқтасида кулачокнинг O_k маркази олинади. O_k нуқта кулачокнинг айланиш маркази си-фатида танланган.

$O_k A$ кесма кулачокнинг μ_l масштабдаги кулачокнинг радиу-си $r_{0 \min}$ ни билдиради. У ҳолда, кулачок марказий профили-нинг минимал радиуси

$$r_{0 \min} = \overline{O_k A} \cdot \mu_l = 50 \cdot 0,0012 = 0,060 \text{ м}$$

бўлади. Турткич билан кулачокнинг марказлари оралиғи қу-йидагича аниқланади:

$$O_k O_T = \overline{O_k O_T} \cdot \mu_l = 120 \cdot 0,0012 = 0,144 \text{ м}.$$

15. КУЛАЧОК ПРОФИЛИНИ ЧИЗИШ

1. Кулачокнинг марказидан

$$\overline{r_{o \min}} = \frac{r_{o \min}}{\mu_t} = \frac{0,06}{0,0012} = 50 \text{ мм},$$

$$\overline{O_k O_T} = \frac{O_k O_T}{\mu_t} = \frac{0,144}{0,0012} = 120 \text{ мм}$$

радиуслар билан айлана чизамиз (56-шакл, d).

2 $O_k O_T$ айлананинг устида коромислонинг айланиш маркази O_T ни танлаб, μ_t масштабда

$$\overline{O_T A_o} = \frac{l_{O_T A}}{\mu_t} = \frac{0,120}{0,0012} = 100 \text{ мм}$$

радиус билан ёй чизамиз-да, $r_{o \min}$ радиусли айланада унинг кесишиш A_o нуқтасини белгилаймиз. Бу нуқта коромислонинг кутарилиши бошланғич вазияти бўлади (56-шакл, d.)

3. $O_k O_T$ радиус чизигидан кулачокнинг айланиш томонига қарама-қарши йўналишда

$$\varphi_k = 60^\circ, \quad \varphi_y = 20^\circ, \quad \varphi_k = 60^\circ,$$

бурчакларни белгилаймиз.

4. Бу φ_k ва φ_y бурчакларни $\beta = \beta(\varphi)$ ёки $s = s(\varphi)$ диаграммаларига мослаб, тенг қисмларга бўламиз. $O_k O_T$ айланада O_1^1, O_1^2, O_1^3 нуқталарни белгилаймиз. Бу нуқталар коромислонинг „қайтарма“ ҳаракатдаги айланиш марказларини кўрсатади.

5. O_T марказидан $\overline{O_T A_o}$ радиус билан $\beta^\circ - \beta$ ёй чизамиз ва бу ёйда коромислонинг $\beta = \beta(\varphi)$ диаграммасидан олинган бурчагий силжишлари ёйлари $O1, O2, O3, \dots$ ни белгилаймиз.

6. Кулачокнинг O_k марказидан $O_k 1^\circ, O_k 2^\circ, O_k 3^\circ, \dots$ радиусли ёйлар чизамиз ва $\overline{O_k O_T}$ айланадаги $O_1^1, O_1^2, O_1^3, \dots$ нуқталардан коромислонинг $O_T A$ радиуси билан ўтказилган ёйнинг кесишув $1^\circ, 2^\circ, 3^\circ, \dots$ нуқталарини аниқлаймиз.

7 Белгиланган $1^\circ, 2^\circ, 3^\circ, \dots$ нуқталарни бирлаштириб, кулачокнинг марказий профилини чизамиз.

Ролик радиуси A схема мисолида аниқланганидек топилади. Кулачокнинг амалий профили ҳам юқорида кўрсатилгандек чизилади.

16. АЛМАШТИРИЛГАН МЕХАНИЗМ ЧИЗИШ ВА КОРОМИСЛО РОЛИГИ МАРКАЗИНИНГ ТЕЗЛИК ҲАМДА ТЕЗЛАНИШЛАРИНИ АНИҚЛАШ

Коромислонинг бурилиш бурчаги φ_k даги 4-вазият учун кулачок профилидаги олий кинематикавий жуфт қуйи кинематикавий жуфтга алмаштирилиб, штрих чизиқлар билан чизил-

ган турт шарнирли алмаштирилган ричагли механизмни чизамиз. Ролик ва кулачокнинг олий кинематикавий жуфтининг эгрилик радиуси маркази A ва $Ц$ нуқталарда жойлашган A нуқтадаги олий кинематикавий жуфтни икки шарнирли $АЦ$ звено билан алмаштирамыз (56-шакл, $д$).

Коромислонинг A нуқтаси тезлигини қуйидаги векторий тенгламадан аниқлаймиз:

$$\begin{aligned}\vec{v}_A &= \vec{v}_Ц + \vec{v}_{АЦ} \\ \vec{v}_A &= \vec{v}_{O_T} + \vec{v}_{AO_T}\end{aligned}$$

бу ерда $v_ц$ —кулачокнинг $Ц$ нуқтаси тезлиги: бу тезлик қуйидагича аниқланади:

$$v_ц = O_kЦ \cdot \omega_k = \overline{O_kЦ} \cdot \omega_k = 52 \cdot 0,0012 \cdot 10,46 = 0,653 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

O_T нуқтанинг тезлиги нолга тенг, чунки O_T нуқта қўзғолмас. $\vec{v}_{АЦ}$ ва $\vec{v}_{AO_T}$ нисбий тезликларининг йўналиши маълум, яъни $\vec{v}_{АЦ}$ қўшимча звенонинг $АЦ$ чизигига, v_{AO_T} эса коромислодага тик йўналган (56-шакл, $е$).

Тезликлар планининг масштабини $\frac{d\beta}{d\varphi} = \frac{d\beta}{d\varphi}(\varphi)$ диаграммасининг масштаби $\mu_v = 0,025 \frac{\text{м/сек}}{\text{мм}}$ га тенглаб оламиз

$Ц$ нуқта тезлигининг $\overline{p_ц}$ кесмаси узунлигини аниқлаймиз:

$$\overline{p_ц} = \frac{v_ц}{\mu_v} = \frac{0,653}{0,025} = 26 \text{ мм}.$$

Қутб нуқтаси p_v дан $\overline{p_ц}$ векторнинг йўналишини $O_kЦ$ томонга тик қилиб чизамиз (56-шакл, $е$). Сўнгра тезликлар планидаги $ц$ ва p_v нуқталардан $\vec{v}_{АЦ}$ ва $\vec{v}_{AO_T}$ нисбий тезликларнинг $\overline{ца}$ ва $\overline{p_ва}$ векторлари йўналишини чизиб, коромислодаги A нуқтанинг абсолют тезлик векторини оламиз. Унинг қиймати

$$v_A = \overline{p_ва} \cdot \mu_v = 20 \cdot 0,025 = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

бўлади.

A нуқтанинг тезланиши қуйидаги векторий тенгламадан аниқланади:

$$\begin{aligned}\vec{a}_A &= \vec{a}_ц + \vec{a}_{АЦ}^n + \vec{a}_{АЦ}^t \\ \vec{a}_A &= \vec{a}_{O_T} + \vec{a}_{AO_T}^n + \vec{a}_{AO_T}^t\end{aligned}$$

Тенгламадаги тезланишларнинг қийматларини аниқлаймиз:

$$a_{\omega} = O_k \Pi \cdot \omega_k^2 = \overline{O_k \Pi} \cdot \mu_l \cdot \omega_k^2 = 46 \cdot 0,0012 \cdot 10,46^2 = 6,04 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$$

$$a_{\text{АЦ}}^n = \frac{v_{\text{ац}}^2}{\text{АЦ}} = \frac{(\overline{\text{ац}} \cdot \mu_{\varphi})^2}{\overline{\text{АЦ}} \cdot \mu_l} = \frac{(27 \cdot 0,025)^2}{38 \cdot 0,0012} = 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$$

$$a_{\text{АО}_T}^n = \frac{v_{\text{АО}_T}^2}{O_T A} = \frac{(\overline{p_{\text{а}} a} \cdot \mu_{\varphi})^2}{O_T A \cdot \mu_l} = \frac{(21 \cdot 0,025)^2}{100 \cdot 0,0012} = 2,3 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$$

$a_{O_T} = 0$, чунки O_T қўзғалмас. Тезланишлар планининг масштаби $\mu_a = 0,263 \frac{\text{м/сек}^2}{\text{мм}}$ ни $\frac{d^2\beta}{d\varphi^2} = \frac{d^2\beta}{d\varphi^2} (\varphi)$ диаграммасининг масштабига тенглаб олиб, тезланишлар планини чизамиз (56-шакл, ж).

Қутб нуқтаси π дан ЦО га параллел қилиб, Ц нуқтанинг тезланишини кесма узунлиги

$$\overline{\pi \text{Ц}} = \frac{a_{\text{ц}}}{\mu_a} = \frac{6,04}{0,263} = 23 \text{ мм}$$

билан чизамиз ва Ц нуқтадан АЦ звенога параллел қилиб, А нуқтадан Ц нуқтага йўналган чизиқ ўтказамиз. Бу чизиқда $\vec{a}_{\text{АЦ}}^n$ нормал тезланишнинг векторини кесма

$$\overline{\text{цн}} = \frac{a_{\text{АЦ}}^n}{\mu_a} = \frac{10}{0,263} = 38 \text{ мм}$$

билан чизамиз. АЦ га перпендикуляр йўналишида n нуқтадан $\vec{a}_{\text{АЦ}}^n$ тезланишнинг йўналишини чизамиз ва қутб нуқтаси π да

ётган O_T нуқтадан $O_T A$ звенога параллел қилиб, $\vec{a}_{\text{АО}_T}^n$ нормал тезланишнинг векторини ўтказамиз. Бу чизиқда

$$\overline{\pi \eta_T} = \frac{a_{\text{АО}_T}^n}{\mu_a} = \frac{2,3}{0,263} = 8,7 \text{ мм}$$

кесмани белгилаймиз. n_T нуқтадан АО_T тик қилиб, a нуқта билан кесишгунча $\vec{a}_{\text{АО}_T}^n$ тезланишнинг векторини чизамиз. Коромислонинг A нуқтаси тезланишини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$a_A = \overline{\pi a} \cdot \mu_a = 60 \cdot 0,263 = 15,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$$

Коромисло A нуқтасининг икки усулда аниқланган тезлик ва тезланишлари қийматларининг фарқи аниқланади.

Коромислонинг шу вазиятидаги босим бурчаги α ни аниқлаш учун роликнинг маркази A дан коромислога тик чизиқ ўтказамиз ва кулачокнинг марказий профилига $n-n$ нормал чизиқ

чизамиз. Коромисло ролигининг маркази абсолют тезлик векторининг йўналиши билан $n-n$ нормал чизиқ орасидаги α бурчак шу вазият учун кулачокнинг босим бурчаги бўлади. Бизнинг мисолимизда $\alpha=35^\circ$ (56-шакл, δ).

17. КУЛАЧОКЛИ МЕХАНИЗМ ПРУЖИНАСИНING ХАРАКТЕРИСТИКАСИНИ АНИҚЛАШ

Кулачокли механизмнинг олий кинематикавий жуфтида роликли (ёки тарелкали) турткичнинг кулачок профилига донмо тегиб туриши (ажралмас боғланиши) куч ёрдамида таъминланади. Кўпинча, бу куч сифатида бир оз сиқилган пружина ишлатилади. Кулачокнинг айланишида турткичнинг кўтарилиш вазиятида кулачок турткичга таъсир этиб, уни кўтарди. Турткичнинг қайтиш вазиятида пружина кучи турткичга таъсир этиб, уни кулачок профилига босади-да, ажралмаслигига ёрдам беради. Кулачокли механизмга қўшимча эластик звено (пружина) қўшилиши натижасида унинг кинематикавий жуфтларида қўшимча босим кучлари ошиб, ишқаланиш ва ейилиш купаяди ва механизмнинг конструкцияси мураккаблашади. Шунинг учун механизмнинг кинематикавий жуфтларидаги реакция кучларини аниқлашдан олдин кулачок профили билан турткичнинг ажралмаслигини таъминловчи пружина кучининг характеристикасини танлаш керак.

Пружина характеристикасини графикавий усул билан танлашда винтавий цилиндрик пружинанинг бикрлик коэффициенти c_1 ни $\operatorname{tg} \alpha$ (57-шакл, δ) орқали аниқлаш анча қулай.

Тик чизиқ бўйлаб ҳаракатланувчи турткичнинг пружинасини танлашда унга таъсир этувчи барча кучларни ҳисобга олиш керак.

Кулачокли механизмнинг нормал ишлаши учун пружина танлашда турткичга таъсир этувчи барча кучларнинг йиғиндисини белгиловчи ва турткичнинг силжишига боғлиқ бўлган $P = P(S)$ куч графигини чизиб, унга пружинанинг графикавий характеристикасини мослаш керак.

$P = P(S)$ графигини чизиш усуллари жуда кўп бўлиб, уларни танлаш механизмнинг ишлаш шароитига боғлиқ.

Пружина характеристикасини аниқлаш усулини кўриб чиқамиз. 57-шакл, a ва b да турткич (звено 2) ва унга таъсир этувчи кучлар кўрсатилган.

Кулачокли механизмнинг ишлашида унинг илгариллама-қайтар ҳаракат қилувчи турткичга қўйидаги кучлар таъсир этади: 1) фойдали қаршилиқ кучи — $P_{\text{ф.қ}}$; 2) оғирлик кучи — G_T ; 3) инерция кучи — $P_{\text{и}}$; 4) пружина кучи — $P_{\text{пр}}$; 5) йўналтирувчининг турткичга бўлган нормал N_1 ва N_2 лари; 6) турткичнинг таянчларида ҳосил бўлган ишқаланиш $F_1 = f \cdot N_1$ ва $F_2 = f \cdot N_2$ кучлари; 7) кулачокнинг турткичга бўлган реакция кучи R .

Турткичи роликли бўлган кулачокли механизмда α босим бурчаги остида роликни кулачок юзасига тик таъсир этувчи нормал реакция кучи R_{12} бўлади. Купинча, турткичга таъсир этувчи асосий куч инерция кучи $P_{\text{и}}$ бўлиб, у турткичнинг берилган ҳаракат қонуни билан аниқланади. У ҳолда пружина кучининг характеристикасини аниқлаш учун турткичнинг кутарилиш ва қайтиш вазиягларида турткичнинг инерция кучи $P_{\text{и}} = P_{\text{и}}(S)$ графигини чизиш етарли бўлади. Турткичнинг потекис ҳаракатланиши (силжиши) натижасида инерция кучи $P_{\text{и}}$ ҳосил бўлади.

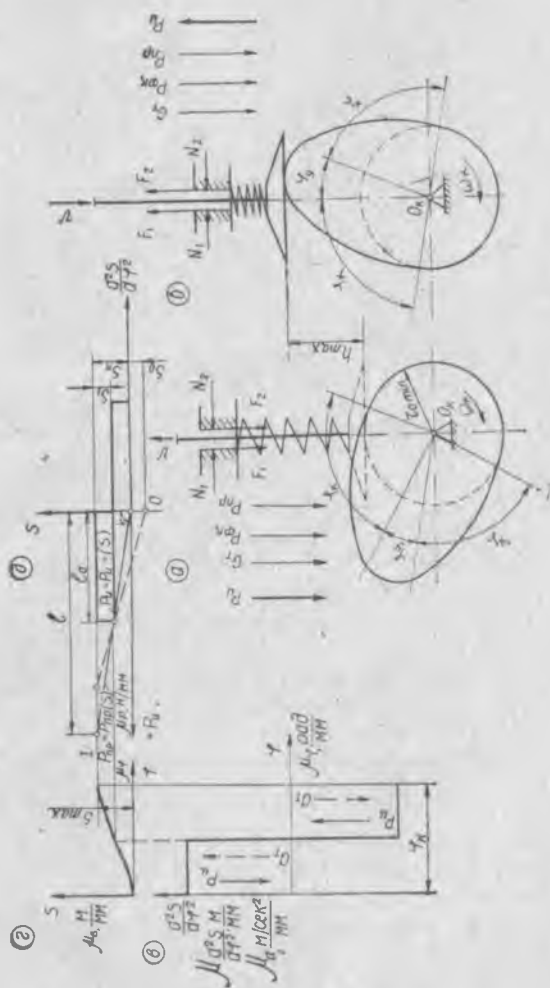
Турткичнинг инерция кучи $P_{\text{и}}$ тезланиш $a_{\text{т}}$ га пропорционал ўзгаради:

$$P_{\text{и}} = -m_{\text{т}} a_{\text{т}} = -m_{\text{т}} \omega_{\text{к}}^2 \frac{d^2 s}{d\varphi^2} = -m_{\text{т}} \cdot \omega_{\text{к}}^2 l_{\text{а}} \cdot \rho \frac{d^2 s}{d\varphi^2} \quad (143)$$

бу ерда $\bar{l}_{\text{а}}$ —тезланиш аналогининг кесмаси, мм (57-шакл, δ). Бу куч тезланишнинг йўналишига тескари йўналган. Демак, масалани ечиш учун илгарилама-қайтар ҳаракатланувчи турткичнинг $m_{\text{т}}$ массаси, унинг кутарилиш ва қайтиш вазиятларининг силжиш функцияси $S = S(\varphi)$ нинг ўзгариш қонуни, унинг тезланиш аналогини $\frac{d^2 s}{d\varphi^2} = \frac{d^2 s}{d\varphi^2}(\varphi)$ нинг графиги ва кулачокнинг бурчагий тезлиги $\omega_{\text{к}}$ маълум бўлиши керак. Бунинг учун $\frac{d^2 s}{d\varphi^2} = \frac{d^2 s}{d\varphi^2}(\varphi)$ графиги фазасининг абсолют қиймати жиҳатидан катта бўлган манфий тезланиш аналогини таниб олинади.

(143) формуладаги $m_{\text{т}}$ ва $\omega_{\text{к}}$ параметрлар ўзгармас бўлганда турткичнинг инерция кучи тезланиш аналогига $\frac{d^2 s}{d\varphi^2}$ қараб ўзгаради. Инерция кучининг вектори тезланиш графигининг шакли ва турткичнинг йўналишига қараб, кулачок марказига томон йўналиши (57-шакл, a) ёки тескари томонга йўналиши (57-шакл, b) мумкин. Турткичнинг инерция кучи кулачок марказидан йўналган бўлса, турткич кулачокдан ажралиши мумкин.

Тез айланувчи кулачокли механизмларда инерция кучининг қиймати катта бўлади. Куч векторининг йўналишига қараб, турткич кулачок профилидан ажралиб қолиши мумкин. Бу ҳодисанинг олдини олиш ва доимо турткич кулачок профилига тегиб туриши учун кулачокли механизмларга турткични кулачокка сиқиб турувчи пружиналар ўрнатилади. Пружинанинг эластиклик кучи $P_{\text{пр}}$ кулачокнинг барча бурилиш вазиятидаги турткичнинг инерция кучи $P_{\text{и}}$ дан катта ($P_{\text{пр}} > P_{\text{и}}$) бўлиши керак, акс ҳолда турткич кулачокдан ажралиб қолиб, механизмнинг нормал ишлаши бузилади.



57-шақт (а, б, в, г)

Пружинанинг эластик кучи қуйидаги формуладан топилади:

$$P_{\text{пр}} = c_1 (S + S_0), \quad (144)$$

бу ерда S_0 — пружинанинг бошланғич сиқилиши (деформацияси); у турткични кулачокка доим тегиб турлини таъминлайди $S_0 = (0,2 \dots 0,5) h_{\text{мах}}$;

S — пружинанинг турткич силжишига боғлиқ бўлган деформацияси (сиқилиши);

c_1 — пружинанинг бикрлик коэффициенти, бу коэффициент пружинанинг деформацияланишига қараб, пружина кучи $P_{\text{пр}}$ нинг ўзгаришини курсатади.

Инерция кучи $P_{\text{и}}$ нинг ўзгариш графиги $P_{\text{и}} = P_{\text{и}}(S)$ ни $S = S\left(\frac{d^2s}{d\varphi^2}\right)$ координаталар системасида чизилади. Бунинг учун $\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi)$ ва $S = S(\varphi)$ графикларининг ўзгарувчи параметри φ ни графикавий усулда йўқотиб, $S = S\left(\frac{d^2s}{d\varphi^2}\right)$ графигини чизамиз (57-шакл, б).

Турткичнинг исталган вазиятдаги инерция кучининг қийматини $S = S\left(\frac{d^2s}{d\varphi^2}\right)$ диаграммасидан олишимиз мумкин.

Турткичнинг инерция кучи $P_{\text{и}} = P_{\text{и}}(s)$ нинг ўзгариш графиги тезланиш аналог графигидан фақат масштаби ва ишораси жиҳатидан фарқ қилади. $S = S\left(\frac{d^2s}{d\varphi^2}\right)$ графигини инерция кучи $P_{\text{и}} = P_{\text{и}}(s)$ нинг графиги деб қабул қиламиз. Бунинг учун $\frac{d^2s}{d\varphi^2}$ абсциссалар ўқининг чап томонида $P_{\text{и}}$ кучини белгилаймиз (57-шакл, б). Кучнинг масштаби $\mu_p = m_1 \cdot \omega_k^2 \cdot \frac{1}{d} \frac{d^2s}{d\varphi^2}$ формуладан ҳисоблаб топилади.

Чизилган $P_{\text{и}} = P_{\text{и}}(s)$ графигининг координаталар боши O дан инерция кучи графигининг мусбат қисмига $0 - I$ уринма ўтказамиз. Турткични кулачок профилидан ажратувчи, яъни кулачок марказидан йўналган куч инерция кучининг мусбат йўналиши деб аталади.

Бу $0 - I$ уринма чизиқ s_k ордината чизигининг охиридан чизилган абсциссага горизонтал қилиб чизилган чизиқнинг I кесмасини белгилайди. I кесма куч масштабида пружинанинг максимал кучи $P_{\text{пр.мах}}$ нинг кесмасини билдиради.

У ҳолда, пружинанинг керакли максимал эластиклик кучи қуйидагича аниқланади:

$$P_{\text{пр.мах}} = I \cdot \mu_p \cdot n. \quad (145)$$

Пружинанинг бикрлик коэффициенти

$$C_1 = \frac{P_{\text{пр. max}}}{S_k} \cdot \frac{n}{\text{мм}} \quad (146)$$

бўлади. Демак, пружинанинг $P_{\text{пр}} = P_{\text{пр}}(s)$ кучи графиги тўғри чизиқ бўлиб, $\frac{d^2s}{d\varphi^2}$ абсцисса ўқига нисбатан

$$\alpha = \arctg \frac{c_1 \mu_s}{\mu_p} \quad (147)$$

бурчак остида йўналган. $P_{\text{пр}} > P_n$ шарт бажарилиши учун кулачокнинг барча бурилиш бурчакларида $P_{\text{пр}} = P_{\text{пр}}(S)$ тўғри чизиқ $P_n = P_n(S)$ графигидан катта бўлиши керак.

Булар турткичнинг кўтарилиш ва қайтиш вазиятлари учун ҳисобланиб, энг катта қиймат қабул қилинади.

Айрим ҳолларда, турткич кулачокдан доимо ажралмаслиги учун пружина олдиндан S_0 қийматга тенг деформация билан сиқиб қўйилади.

У ҳолда пружинанинг бикрлик коэффициенти қуйидаги формуладан аниқланади (57-шакл, δ):

$$c_1 = \frac{P_{u \text{ max}}}{S_k - S_1 + S_0} = \frac{m_T \cdot a_{\text{max}}}{S_k - S_1 + S_0} \quad (148)$$

бу ерда S_1 — турткич S_k графигининг охири билан унинг a_{max} қийматни нуқтагача бўлган оралиғи.

Демак, пружинани дастлабки S_0 қийматгача сиқиш натижа-сида унинг c_1 қийматини камайтириш мумкин. c_1 нинг қийма-тини турткичнинг ҳаракат қонунига қараб ўзгартириш мум-кин.

Агар коромисло турткичли кулачокли механизм учун пружина характеристикасини танлаш зарур бўлса, $S = S(\varphi)$ гра-фиги ўрнига $\beta = \beta(\varphi)$ графиги, $\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi)$ графиги ўрнига

$\frac{d^2\beta}{d\varphi^2} = \frac{d^2\beta}{d\varphi^2}(\varphi)$ графиги, масса m_T ўрнига инерция моменти I^2 , h_{max} ўрнига β_{max} , $P_{\text{пр. max}}$ ўрнига эса $M_{\text{пр. max}}$ олинади. Ҳисоблаш юқо-рида кўрсатилган тартибда бажарилади.

Мисол 57-шакл, а да кўрсатилган тарелкали турткичи бўл-ган кулачокли механизм пружинасининг қуйида берилган па-раметрларга мос характеристикасини танлаш талаб қилинади: 1) турткичнинг ҳаракат қонуни (55-шакл, а) да тўғри турт-бурчаклик шаклидаги $\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi)$ графиги; 2) турткичнинг максимал кўтарилиши $h_{\text{max}} = 0,035$ м; 3) турткичнинг кўтари-лиш вазиятида кулачокнинг бурилиш бурчаги $\varphi_k = 60^\circ$; 4) ку-лачокнинг бурчагий тезлиги $\omega_k = 10,46 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$; 5) турткичнинг мас-саси $m_T = 0,2$ кг.

Е чи ш: 1) графикавий усул ёрдамида турткичининг кўтарилиш вазиятидаги $\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi)$ диаграммаси икки марта интеграллаб, унинг $S = S(\varphi)$ силжиш диаграммасини чизамиз (55-шакл, а, б, в) да интегралланган диаграммалар кўрсатилган;

2) $S = S(\varphi)$ графиги (57-шакл, г) билан $\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi)$ графигидан (57-шакл, в) ўзгарувчи φ параметрни графикавий усулда йўқотиб, $S = S\left(\frac{d^2s}{d\varphi^2}\right)$ графигини чизамиз (57-шакл, д);

3) $S = S\left(\frac{d^2s}{d\varphi^2}\right)$ графигининг $\frac{d^2s}{d\varphi^2}$ абсцисса ўқининг чап томонида P_{II} кучни белгилаб, $P_{II} = P_{II}(S)$ графигини ҳосил қиламиз. У ҳолда, P_{II} кучнинг масштаби

$$\mu_p = m_T \cdot \omega_K^2 \cdot \mu_{\frac{d^2s}{d\varphi^2}} = 0,2 \cdot 10,46^2 \cdot 0,002 = 0,0438 \frac{\text{н}}{\text{мм}}$$

бўлади;

4) турткичининг кулачок профилидан ажратишга сабаб бўлувчи инерция кучи P_{II} нинг максимал қийматини аниқлаймиз:

$$P_{II \max} = l_a \cdot \mu_p = 60 \cdot 0,438 = 2,63 \text{ н};$$

5) пружинанинг керакли максимал кучи:

$$P_{пр \max} = \bar{l} \cdot \mu_p = 126 \cdot 0,0438 = 5,52 \text{ н};$$

6) пружинанинг бикрлик коэффициенти;

$$c_1 = \frac{P_{II \max}}{S_K} = \frac{\bar{l} \cdot \mu_p}{\bar{S} \cdot \mu_S} = \frac{126 \cdot 0,0438}{17,5 \cdot 0,002} = 0,158 \frac{\text{н}}{\text{мм}};$$

7) агар пружина олдиндан

$$S_0 = 0,3 \cdot h_{\max} = 0,3 \cdot 0,035 = 0,0105 \text{ м}$$

га сиқиб қўйилса, пружинанинг бикрлик коэффициенти қиймати қуйидагича бўлади

$$c_1 = \frac{P_{II \max}}{S_0 + S_K - S_1} = \frac{2,65}{10,5 + 35 - 17,5} = 0,094 \frac{\text{н}}{\text{мм}}.$$

КУРСАВИЙ ЛОЙИҲА ТОПШИРИҚЛАРИ

Лойиҳа 3 лист ва ҳисоблаш-тушунтириш хатидан иборат бўлиб, уни ўқитувчи беради. Кечки ва сиртқи бўлимларнинг студентлари эса ўзларининг зачет дафтарлари шифрига мос келганини оладилар. Студент шифрнинг охири рақамига кўра топшириқнинг рим рақами билан ёзилган турини ва охириги-

дан олдинги рақамга кўра эса топшириқнинг вариантни тан-
лаб олади. Масалан, шифр 1731765 булса, студентнинг лойи-
ҳаси V тур, 6-вариант бўлади.

Курсавий лойиҳа қўйидаги тартибда бажарилиши керак.

I лист — ричагли механизмларни структуравий, кинемати-
кавий ва кинетостатикавий текшириш.

II лист — тишли редуктор лойиҳалаш ва уни кинематикавий
текшириш.

III лист — кулачокли механизмлар лойиҳалаш.

Ҳар бир листнинг ҳисоблаш-тушунтириш хати қўйидаги
тартибда бажарилиши керак: 1) сарлавҳа; 2) курсавий лойи-
ҳанинг бажарилиши зарур бўлган асосий масалалари; 3) кириш
сузи, лойиҳалашдан кўзланган мақсад ва унинг халқ хужали-
гидаги аҳамияти; 4) асосий параметрларнинг ҳисоби ва чизма-
ларнинг чизиш тартиби; 5) хулоса ва фойдаланилган ада-
биёт руйхати.

Лойиҳа ёзуви стандарт 203×288 форматли оқ қоғознинг
бир бетига сиёҳ билан ёзилади. Бетлар номерланиб, бетнинг
чап томондан 3—4 см жой қолдирилади: бу жойга ҳисоблаш
натижалари ёзилади. Ёзувда механизмнинг схемаси, ҳисоблаш
шартлари ва берилган параметрлар кўрсатилади. Ҳисоблаш
формулаларидан фойдаланишда, аввал, формула ёзилади ва
формуладаги ҳарфларнинг сон қийматлари қўйилади; умумий
ҳисоблаш натижаси ва ҳисобланган параметрнинг улчов бир-
лиги ёзилади.

Лойиҳанинг графикавий қисми 24-форматли листда бажар-
илиб, схема чизмалари қаламда чизилади. Чизманинг асосий
чизиқлари йўгон, ёрдамчи чизиқлари эса илгичка чизиқлар
билан чизилади. Барча чизмаларнинг сон қийматлари ва мас-
штаблари ёзилади. Шу талабларга риоя қилинмай бажарилган
ишни ёқлашга рухсат берилмайди.

Курсавий лойиҳани ёқлашда ишни бажаришда фойдаланил-
ган назарий материаллар сўралади-да, баҳоли заҳет қўйилади.

Китобда берилган топшириқлар шартли бўлиб, унинг ҳаж-
мини ўзгартириш мумкин.

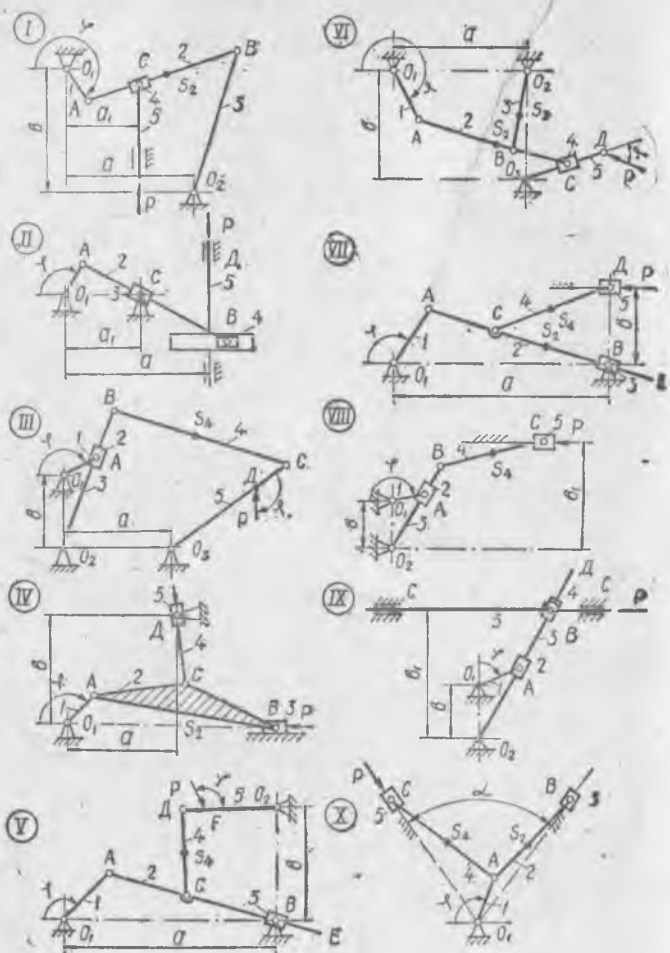
I Л И С Т

РИЧАГ-ШАРНИРЛИ МЕХАНИЗМНИНГ СТРУКТУРАСИ, КИНЕМАТИКАСИ ВА КИНЕТОСТАТИКАСИНИ ТЕКШИРИШ

Берилган: звеноларнинг узунлиги, етакчи звенонинг бури-
лиш бурчаги φ ва унинг айланиш частотаси n , мин^{-1} . Ме-
ханизмнинг схемаси ва улчамлари 58-шакл ва 5-жадвалда кел-
тирилган. Ҳар қайси звенонинг оғирлик маркази унинг тулик
узунлигининг уртасида жойлашган.

Талаб қилинади: I. Механизмнинг структурасини тек-
шириш: 1) етакчи звенонинг берилган бурилиш бурчаги φ бў-

Ришавли механизмлар



58-шакл.

1) механизмнинг схемасини чизиш; 2) механизмнинг қўзғалувчанлик даражасини ҳисоблаш; 3) механизмни Ассур группаларига ажратиб, унинг классини аниқлаш ва механизмнинг тузилиш формуласини ёзиш.

МЕХАНИЗМНИ КИНЕМАТИКАВИЙ ТЕКШИРИШ

1. Механизмнинг 12 вазиятда туриш плани чизилиб, унинг барча нуқталарининг траекторияси чизилади.

2. Тезликлар плани чизилиб, унинг барча нуқталарининг чизигий тезлиги ҳисобланади. Етакчи звенонинг мазкур ва-

Схеманинг тури	Звеноларнинг узунлиги	Период катталик- лар	Вариантлар									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	$a=3,5 \cdot O_1A$	$O_1A, \text{ м}$	0,06	0,08	0,09	0,06	0,08	0,08	0,09	0,09	0,06	0,07
	$l=3 \cdot O_1A$	$\varphi, \text{ град}$	0	30	60	90	120	150	210	240	270	300
	$a_1=2 \cdot O_1A$	$n_1 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$	20	40	60	80	100	90	70	50	30	110
	$AB=4 \cdot O_1A$	$P, \text{ н}$	24,0	36,0	28,0	24,0	18,0	22,0	24,0	16,0	12,0	14,0
	$BO_2=AB$											
II	$a=4 \cdot O_1A$	$O_1A, \text{ м}$	0,10	0,09	0,05	0,11	0,04	0,06	0,08	0,08	0,07	0,09
	$a_1=2 \cdot O_1A$	$\varphi, \text{ град}$	330	300	270	240	210	150	120	90	60	30
	$AB=4,5 \cdot O_1A$	$n_1 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
		$P, \text{ н}$	48,0	42,0	40,0	34,0	28,0	26,0	18,0	32,0	34,0	30,0
III	$a=3 \cdot O_1A$	$O_1A, \text{ м}$	0,09	0,06	0,12	0,11	0,08	0,09	0,08	0,10	0,06	0,08
	$b=2 \cdot O_1A$	$\varphi, \text{ град}$	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
	$O_2B=4 \cdot O_1A$	$n_1 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	$BC=5 \cdot O_1A$	$P, \text{ н}$	48,0	42,0	40,0	34,0	28,0	26,0	18,0	32,0	34,0	30,0
	$O_3C=4 \cdot O_1A$	$\gamma, \text{ град}$	120	100	90	80	70	60	50	40	90	80
IV	$a=3 \cdot O_1A$	$O_1A, \text{ м}$	0,06	0,09	0,05	0,06	0,07	0,08	0,05	0,07	0,09	0,08
	$b=3,5 \cdot O_1A$	$\varphi, \text{ град}$	330	300	270	240	210	180	150	120	90	60
	$AB=5 \cdot O_1A$	$n_1 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$	50	70	90	110	130	140	160	170	180	20
	$CE=3 \cdot O_1A$	$P_1, \text{ н}$	40,0	70,0	60,0	30,0	50,0	35,0	65,0	85,0	90,0	75,0
	$AC=BC$ $BC=2,6 \cdot O_1A$											
V	$a=4 \cdot O_1A$	$O_1A, \text{ м}$	0,08	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,07	0,09
	$b=1,5 \cdot O_1A$	$\varphi, \text{ град}$	300	270	240	210	180	150	120	90	60	30
	$AC=2 \cdot O_1A$	$n_1 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$	100	120	140	160	180	200	150	130	110	170
	$AE=6 \cdot O_1A$	$P, \text{ н}$	120	180	160	100	300	310	240	260	210	220
	$DC=3 \cdot O_1A$ $DO_2=2,5 \cdot O_1A$ $DF=O_1A$	$\gamma, \text{ град}$	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20

Схеманинг тури	Эвентларнинг узунлиги	Берилган катталик- лар	Вариантлар									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VI	$a = 4 \cdot O_1 A$	$O_1 A, \text{м}$	0,12	0,05	0,03	0,04	0,11	0,10	0,06	0,09	0,07	0,08
	$b = 5 \cdot O_1 A$	$\varphi, \text{град}$	30	60	90	120	150	210	240	270	300	330
	$AB = 4,5 \cdot O_1 A$	$n_1 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$	30	50	70	90	110	130	150	170	150	210
	$AC = 5,5 \cdot O_1 A$											
	$BO_2 = 3 \cdot O_1 A$	$P, \text{н}$	220	215	230	212	350	218	216	240	125	240
	$O_1 D = 2,5 \cdot O_1 A$	$\gamma, \text{град}$	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20
VII	$a = 4 \cdot O_1 A$	$O_1 A, \text{м}$	0,05	0,09	0,03	0,06	0,04	0,02	0,08	0,12	0,10	0,11
	$b = 2 \cdot O_1 A$	$\varphi, \text{град}$	300	270	240	220	180	150	120	90	60	30
	$AE = 5,2 \cdot O_1 A$	$n_1 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
	$AC = 2 \cdot O_1 A$											
	$CD = 3 \cdot O_1 A$	$P, \text{н}$	100	200	50,0	200	160	245	270	250	280	165
VIII	$b = 2,5 \cdot O_1 A$	$O_1 A, \text{м}$	0,08	0,10	0,20	0,22	0,10	0,18	0,16	0,12	0,15	0,16
	$O_2 B = 4 \cdot O_1 A$	$\varphi, \text{град}$	30	60	90	120	150	180	240	270	300	330
	$BC = 3,8 \cdot O_1 A$	$n_1 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$	60	50	40	30	70	80	90	100	120	110
	$b_1 = 32 \cdot O_1 A$	$P, \text{н}$	100	120	140	150	180	160	200	170	130	110
IX	$b = 2,5 \cdot O_1 A$	$O_1 A, \text{м}$	0,04	0,05	0,06	0,03	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
		$\varphi, \text{град}$	330	30	60	270	90	240	120	210	180	0
	$b_1 = 4 \cdot O_1 A$	$n_1 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$	60	70	80	50	40	30	90	100	80	60
	$O_3 D = 5 \cdot O_1 A$	$P, \text{н}$	200	300	400	350	250	220	320	360	340	260
X		$O_1 A, \text{м}$	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,06
	$AB = 3 \cdot O_1 A$	$\varphi, \text{град}$	30	60	90	120	180	210	240	270	300	360
		$n_1 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$	4000	5000	6000	4500	3500	5500	6500	4000	3000	500
	$AC = 3,0 \cdot O_1 A$	$\alpha, \text{град}$	60	80	100	60	80	100	90	120	70	50
		$P, \text{н}$	1500	1600	1700	1800	1900	1400	1750	1850	1650	1550

зияти учун барча звенолар бурчагий тезликларининг қиймати ва уларнинг йўналиши аниқланади.

3 Тезланишлар плани чизилиб, унинг барча нуқталарининг чизигий тезланишларини ҳисобланади ва механизм звенолари бурчагий тезланишларининг қиймати ва йўналиши аниқланади.

4 Механизм нуқтаси S_4 траекториясининг эгрилик радиуси аниқланади ва эгрилик айланаси чизилади.

МЕХАНИЗМНИНГ КУЧЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ

1. Механизм звеноларининг инерция кучлари ва инерция кучларининг моментлари ҳисобланади. Звеноларининг массаси $m = ql$ формула билан ҳисобланади. Бу ерда q —звенонинг бир метр узунлигига туғри келган массаси $q=5,0$ кг/м қилиб олинади, l —звенонинг узунлиги, м.

Звенонинг ҳаракат текислигига тик ва оғирлик марказидан ўгувчи ўққа нисбатан инерция моменти қуйидагича ҳисобланади:

$$I_s = 0,1 \cdot ml^2$$

Ползуннинг массаси $m = 2 \cdot m_1$ деб олинади, бу ерда m_1 — етакчи звенонинг массаси.

2. Звеноларнинг тебраниш нуқталари аниқланади ва бу нуқталарга механизм звеноларининг „натижаловчи“ инерция кучи қучириб қўйилади.

3. Механизмнинг барча кинематикавий жуфтларида ташқи кучлар ва инерция кучлари таъсиридан ҳосил бўлган реакция кучлар аниқланади.

4. Етакчи звенога таъсир этувчи P куч кучлар плани тузиш йўли билан ва Н. Е. Жуковскийнинг „бикр рычаг“ усули билан ҳисобланади ва олинган натижалар бир-бирига таққослаб кўрилади. Уларнинг бир-биридан фарқи 5 % дан ошмаслиги керак.

П Л И С Т

ТИШЛИ РЕДУКТОР ЛОЙИҲАЛАШ ВА УНИ ТЕКШИРИШ

Берилган оддий ва планетар поғоналардан иборат редукторнинг кинематикаси ҳисобланади. Тишли ғилдираклар 4 ва 5 дан тузилган оддий узатманинг эвольвентавий профиллари чизилади.

Редукторнинг схемаси 59-шаклда ва унинг ўлчамлари 5-жадвалда келтирилган. Схепада кўрсатилган марказий ғилдирак 1, 3 лар сателлит 2(2-2') ва водило Н планегар узат-

Редуктор- ний турни	Катталиклар	Вариантлар									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	n_5 , айл/мин	64	80	128	53,3	53,3	45	60	30	30	51,5
	z_1	13	14	15	16	17	13	14	15	16	17
	z_2	26	28	30	32	34	39	42	45	48	51
	z_2'	13	14	15	16	17	13	14	15	16	17
	z_3	52	56	60	64	68	65	70	75	80	85
	a_W , мм	189	195	135	105	133	51	110	150	69	165
	$u_{4,5}$	2,5	2,0	1,25	3,0	3,0	2,0	1,5	3,0	3,0	1,75
	m , мм	6	5	5	2,5	3,5	2	4	3	1,5	6
II	n_5 , айл/мин	300	200	150	120	200	240	133	120	200	240
	z_1	24	26	25	26	28	28	26	26	28	26
	z_2	33	32	34	36	36	38	40	40	34	36
	z_2'	21	22	23	22	22	22	24	22	24	22
	z_3	78	80	82	84	86	88	90	88	86	84
	a_W , мм	140	175	205	260	175	168	276	318	258	168
	$u_{4,5}$	1,67	2,68	3,31	4,20	2,5	2,11	3,84	4,3	2,44	2,11
	m , мм	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6
III	n_5 , айл/мин	250	214	375	300	375	250	187,5	300	214	375
	z_1	19	20	21	22	23	24	18	17	19	20
	z_2	57	60	58	59	60	61	56	55	60	60
	z_2'	19	20	19	22	23	24	18	17	19	25
	z_3	95	100	98	103	106	109	92	89	98	105
	a_W , мм	109	109	66	74	92	89	105	84	113	79
	$u_{4,5}$	3,19	3,5	2,14	2,7	2,17	3,24	4,25	2,65	3,71	2,16
	m , мм	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Редуктор- нинг тури	Катталиклар	Вариантлар									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IV	n_6 , айл/мин	1200	857	984	1200	1430	857	1000	2000	857	1200
	z_1	20	18	26	14	19	22	17	24	23	20
	z_2	28	30	40	26	34	36	25	38	30	40
	z_3	20	22	20	21	26	26	20	22	21	22
	z_3	68	70	86	61	79	84	62	84	74	82
	a_W , мм	180	162	141	120	111	162	117	84	207	165
	$u_{4,5}$	2,87	4,4	4,22	3,21	2,70	4,4	3,33	2,11	3,93	4,24
	m , мм	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
V	n_5 , айл/мин	750	1000	857	1200	667	1000	750	1200	1000	1000
	z_1	42	34	29	30	21	25	20	20	25	30
	z_2	20	20	21	21	20	21	30	40	30	20
	z_3	82	74	71	72	61	67	80	100	85	70
	a_W , мм	134	128	116	108	180	122	180	144	262	150
	$u_{4,5}$	2,35	1,90	2,41	1,7	3,5	2,21	4,0	3,0	2,54	2,0
	m , мм	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	m , мм	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
VI	n_5 , айл/мин	400	417	333	543	286	500	500	333	333	400
	z_1	21	20	20	25	22	18	30	28	35	40
	z_2	20	30	40	20	36	24	20	20	20	20
	z_3	61	80	100	65	94	65	70	65	75	80
	a_W , мм	185	200	230	195	385	190	260	275	270	285
	$u_{4,5}$	3,35	3,0	3,6	2,54	4,31	2,45	2,85	4,23	4,4	3,75
	m , мм	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	m , мм	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Редуктор- нинг тури	Катталиклар	Вариантлар									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VII	n_3 , айл/мин.	156,5	60	120	120	144	96	93	83	103	68,5
	z_1	20	20	20	23	22	18	16	15	14	18
	z_2	26	40	20	23	33	27	43	30	35	45
	z_3	72	100	60	69	88	72	102	75	84	108
	a_W , мм.	108	170	146	168	144	190	150	180	165	240
	$u_{4,5}$	2	4	3	3	2	3	2	3	2	3
	m , мм.	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
VIII	n_3 , айл/мин.	240	320	360	480	576	288	720	412	360	412
	z_1	32	30	22	16	20	18	24	18	20	28
	z_2	16	15	44	32	30	27	28	21	15	21
	z_3	64	60	110	80	80	72	80	60	50	70
	a_W , мм.	376	336	312	280	288	400	264	426	432	420
	$u_{4,5}$	4,0	3,0	3,33	2,5	2	4	1,54	2,69	2,86	2,5
	m , мм.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
IX	n_3 , айл/мин.	667	1200	2400	1200	750	750	2000	1200	857	750
	z_1	80	60	70	64	65	84	85	56	75	72
	z_2	40	80	30	16	35	21	30	14	35	18
	z_3	25	20	25	12	15	14	25	21	20	12
	z_4	65	50	65	60	45	77	80	63	60	66
	a_W , мм	216	234	252	162	213	216	219	189	165	357
	$u_{4,5}$	3,0	2,0	2,23	2	1,29	2,13	2,65	2,5	1,75	2,13
	m , мм	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

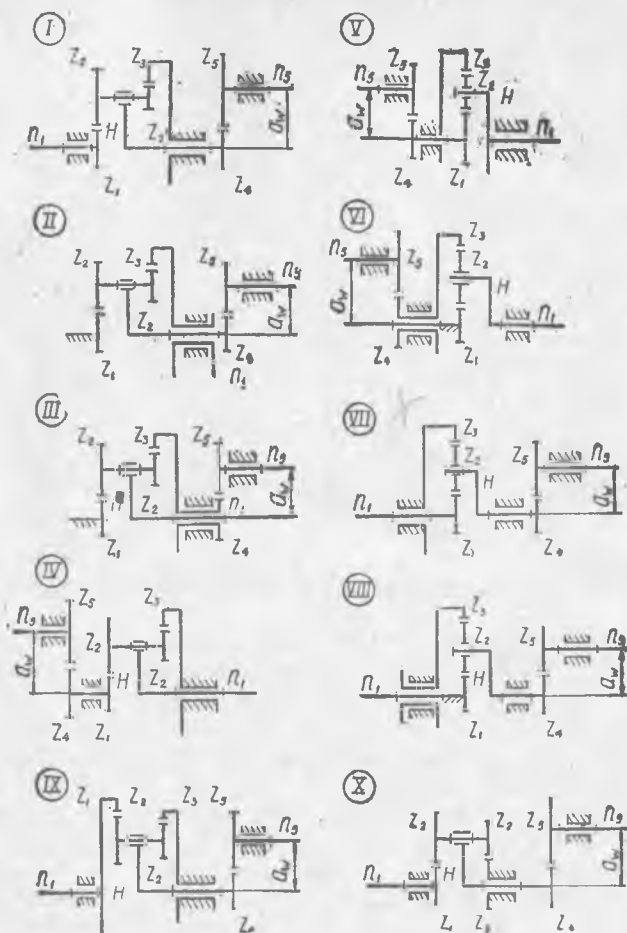
Редуктор- нинг тури	Катталиклар	Вариантлар									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	n_2 , айл./мин.	144	57,5	192	120	72	32	720	4975	9000	6000
	z_1	24	20	20	30	20	20	60	20	30	25
	z_2	36	70	40	60	80	80	40	21	31	26
	z_3	12	20	20	30	40	20	25	20	30	25
	z_4	48	70	40	60	60	80	75	21	31	26
	a_w , мм	270	370	360	425	485	420	270	320	405	340
	$u_{4,5}$	2	2,22	3	4	4	3	2	2,76	2,24	3
	m , мм	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

мани, тишли ғилдираклар 4, 5 эса оддий узатмани ташкил қилади.

Қуйидаги параметрлар берилади: етакланувчи звенони ғилдирак 5 нинг айланиш частотаси n_2 ; планетар узатма ғилдираклари z_1, z_2, z_2', z_3 тишларининг сони; оддий узатма ғилдираклари орасидаги масофа a_w ва унинг узатиш сони $u_{4,5}$. Бэрча ғилдиракларнинг илашиш модули m бир-бирига тенг қилиб олинади.

Талаб қилинади: 1) планетар узатма ва редукторнинг узатиш сонлари $u_{пл}$, u_r ни аниқлаш; 2) электрик двигателнинг (етақчи ғилдиракнинг) айланиш частотаси n_1 ни аниқлаш; 3) оддий узатма ғилдираклари тишларининг сонини ҳисоблаш; 4) редуктор ғилдиракларининг бошланғич айланаси ва водило радиусларини ҳисоблаб топиш, унинг схемасини икки проекцияда μ_e масштабда чизиш; 5) ғилдираклар 4 ва 5 нинг асосий геометрик параметрлари (илашиш қадами, булиш айланаси буйлаб тишнинг қалинлиги S , бошланғич r ва асосий r_b айланалар радиуси, шунингдек, тиш каллаги r_a ҳамда тиш оёғи r_f буйлаб утказилган айланаларнинг радиусларини ҳисоблаш; 6) бир жуфт ғилдирак тишлари илашмасини чизиш, бунда узунлик масштабини шундай танланадиги, тишнинг баландлиги 50 мм дан кам бўлмасин, ҳар бир ғилдирак учун камида 3 та тишнинг профили чизиб кўрсатилади; 7) чизмада назарий ва ҳақиқий илашиш чизиғи ва ёйини, тишларнинг иш профиллари ва илашманинг асосий параметрларини кўрсатиш;

тишлі
планетар механизмлар схемаси



59-шакл.

8) ғилдирак 4 тишининг профилини графоаналитикавий усулда чизиш ва графикавий усулда чизилган тиш профили билан таққослаш; 9) графикавий ва аналитикавий усуллар билан илаш-манинг қопланиш коэффиценти ϵ ни аниқлаш.

Ш Л И С Т

КУЛАЧОКЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИ ДИНАМИКАВИЙ ЛОЙИХАЛАШ

Лойиҳалаш учун қуйидаги параметрлар берилади.

1) Турткичининг

$$\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2} (\varphi) \quad \text{ёки} \quad \frac{d^2\beta}{d\varphi^2} = \frac{d^2\beta}{d\varphi^2} (\varphi)$$

диаграммаси шаклидаги ҳаракат қонуни; 2) турткич силжиганда кулачокнинг φ_k , φ_y , φ_k бурилиш бурчаклари; 3) кулачокнинг айланиш частотаси — $n_k \text{ мин}^{-1}$ 4) турткичининг максимал силжиши $h_{\max}$; 5) эксцентриситет — e , 6) босим бурчаги — α .

Кулачок схемасининг тури 51-шаклда ва турткичининг ҳаракат қонуни 52-шаклда, унинг асосий параметрлари эса, 7-жадвалда келтирилган. Талаб қилинади: 1) тезланишнинг аналогини графикавий интеграллаб, турткичининг тезлик ва силжиш графикларини чизиш; 3) силжиш, тезлик ва тезланиш графикларининг масштабларини аниқлаш; 2) кулачокнинг минимал радиуси $r_{0 \min}$ ни аниқлаш; 4) турткич ролигининг радиуси r_p ни аниқлаш.

ГРАФИКАВИЙ ҚИСМ

1. Турткичининг берилган ҳаракат диаграммаси

$$\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2} (\varphi) \quad \text{ёки} \quad \frac{d^2\beta}{d\varphi^2} = \frac{d^2\beta}{d\varphi^2} (\varphi)$$

ихтиёрий масштаб бўйича чизилади.

2. Турткичининг ҳаракат диаграммасини графикавий усул билан интеграллаб,

$$\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi} (\varphi) \quad \text{ва} \quad S = S(\varphi) \quad \text{ёки}$$

$$\frac{d\beta}{d\varphi} = \frac{d\beta}{d\varphi} (\varphi) \quad \text{ва} \quad \beta = \beta(\varphi)$$

диаграммалар чизилади.

3. Кулачокли механизмнинг турига қараб, ўзгарувчан параметрларнинг „биттасини йўқотиш“ усули билан

$$S = S\left(\frac{ds}{d\varphi}\right) \quad \text{ёки} \quad S = S\left(\frac{d^2s}{d\varphi^2}\right)$$

графикларни чизилади.

4. Кулачокнинг назарий профилининг минимал радиуси $r_{0 \min}$ аниқланади. Агар кулачокли механизм коромислоли бўлса, ку-

Диаграмма- нинг тури	Схематик тури	Асосий ҳисоб- лаш параметр- лари	Вариантлар									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	A	$\varphi_k = \varphi_k$, град.	100	90	80	70	110	120	140	150	75	60
		φ_y , град.	10	20	30	40	10	10	20	0	25	40
		$h_{\max}$, м	0,030	0,018	0,020	0,024	0,023	0,030	0,040	0,035	0,025	0,020
		n_k , айл/мин.	500	450	400	350	300	250	200	325	340	260
		e , м	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
II	B	$\varphi_k = \varphi_k$ град.	150	140	130	120	110	100	90	80	75	120
		φ_y , град.	0	10	20	30	40	50	20	10	25	20
		$h_{\max}$, м	0,025	0,030	0,025	0,020	0,020	0,025	0,010	0,024	0,012	0,016
		n_k айл/мин.	425	450	475	300	350	375	400	400	500	225
		e , м	0	0,010	0,020	0,020	0,010	0	0,015	0,025	0,025	0,020
III	A	$\varphi_k = \varphi_k$ град.	80	90	60	100	70	110	120	130	140	150
		φ_y , град.	20	10	30	20	10	40	30	10	20	0
		$h_{\max}$, м	0,030	0,035	0,020	0,030	0,026	0,018	0,020	0,025	0,022	0,016
		n , айл/мин.	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450
		e , м	0,015	0,010	0,020	0,015	0,010	0,020	0,015	0,010	0,020	0,010
IV	B	$\varphi_k = \varphi_k$ град.	125	150	100	130	120	100	110	90	80	70
		φ_y , град.	25	10	40	20	30	40	20	40	30	50
		$h_{\max}$, м	0,044	0,050	0,060	0,055	0,050	0,042	0,040	0,030	0,025	0,032
		n_k айл/мин.	400	450	500	425	550	600	350	300	275	325
		e , м.	0,023	0,018	0,016	0,011	0,010	0	0,015	0,020	0	0,025
V	C	$\varphi_k = \varphi_k$ град.	120	100	88	108	112	96	104	90	80	120
		φ_y , град.	60	40	80	24	36	70	22	40	30	20
		$\beta_{\max}$, град.	20	30	35	15	25	30	40	30	20	18
		$l_{O_{TA}}$, град.	0,130	0,100	0,110	0,120	0,108	0,130	0,140	0,150	0,100	0,096
		α , град.	45	45	45	50	50	50	48	46	45	48

Диаграмма- нинг тури	Схеманинг тури	Асосий хи- соблаш параметрлари	Вариантлар									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VI	C	$\varphi_K = \varphi_K$, град.	72	78	84	90	96	102	108	114	120	120
		φ_y , град.	60	50	40	90	30	36	54	12	30	48
		$\beta_{\max}$, град.	20	30	25	28	18	22	24	26	32	34
		l_{O_1A} , м.	0,064	0,080	0,083	0,086	0,097	0,108	0,110	0,126	0,120	0,130
		α , град.	45	45	45	46	48	50	45	50	48	46
VII	C	$\varphi_K = \varphi_K$, град.	112	108	104	100	96	90	80	110	120	180
		φ_y , град.	46	54	62	70	86	90	30	20	10	0
		$\beta_{\max}$, град.	15	20	25	22	28	18	24	30	32	34
		l_{O_1A} , м	0,130	0,126	0,120	0,110	0,100	0,090	0,080	0,090	0,110	0,110
		α , град	45	50	50	45	46	48	46	45	50	45
VIII		$\varphi_K = \varphi_K$, град.	80	90	100	110	120	130	140	150	100	90
		φ_y , град.	40	30	20	10	20	10	0	0	30	40
		$h_{\max}$, м.	0,020	0,022	0,024	0,026	0,028	0,030	0,035	0,032	0,018	0,016
		n_K , айл./мин.	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450
		e , м	0,010	0,015	0,020	0,016	0,018	0,022	0,015	0	0,010	0,015
IX	A	$\varphi_K = \varphi_K$, град.	110	75	85	95	105	100	90	110	120	130
		φ_y , град.	20	25	15	35	15	10	20	0	10	0
		$h_{\max}$, м.	0,030	0,035	0,020	0,015	0,050	0,025	0,020	0,015	0,030	0,020
		n_K , айл./мин.	400	450	500	550	600	625	650	475	600	425
		e , м.	0,012	0,010	0,020	0,025	0,015	0,025	0,020	0	0,010	0,020
X	B	$\varphi_K = \varphi_K$, град.	100	80	60	120	140	160	130	110	90	105
		φ_y , град.	40	50	60	30	20	0	10	20	30	25
		$h_{\max}$, м	0,020	0,030	0,040	0,032	0,036	0,028	0,025	0,030	0,020	0,030
		n_K , айл./мин.	600	300	550	250	500	350	450	400	375	325
		e , м	0,010	0,020	0,030	0,010	0,015	0,025	0,010	0,015	0,018	0,014

лачок билан коромислонинг айланиш марказлари оралиғи $L_{O_K O_T}$ аниқланади.

5. Кулачокнинг назарий профили чизилади.

6. Турткич ролигининг радиуси r_p аниқланади.

7. Механизмнинг берилган вазияти учун алмаштирилган механизм чизилади.

8. Кулачокнинг ҳақиқий профили чизилади.

9. Алмаштирилган механизмнинг қутбий тезлик ва тезланиш планлари тузилиб, турткичнинг тезлик ва тезланиши аниқланади.

10. Алмаштирилган механизмнинг қутбий тезлик ва тезланиш планларидан топилган, турткичнинг берилган вазиятдаги тезлик ва тезланиш қийматлари $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi} (\varphi)$ ва $\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2} (\varphi)$ диаграммасидаги қийматлар билан таққосланади.

11. Турткичнинг берилган ҳолати учун босим бурчаги α нинг қиймати графикавий усул билан аниқланади.

Изоҳ: 1. Схема — A нинг барча вариантлари учун

$\alpha_{\max} = 30^\circ$ қилиб олинади.

2. Схема — C нинг кулачоғининг айланиш частотаси $n_k = 60 \dots 100$ айл/мин қилиб олинади.

АДАБИЁТ

1. Артоболовский И. И. Теория механизмов и машин. М. , „Наука“, 1975.
2. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин. М. , „Машиноведение“, 1969.
3. Юдин В. А. , Петрокас Л. В. Теория механизмов и машин. М. „Высшая школа“, 1967.
4. Усмонхўжаев Ҳ. Ҳ. Механизм ва машиналар назарияси. „Ўқитувчи“ нашриёти, Т. , 1970.
5. Коренько А. С. и др. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. Киев, „Высшая школа“, 1970.
6. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. Под редакцией проф. Артоболовского С. И. М. , „Высшая школа“, 1960.
7. Теория механизмов и машин. „Проектирование“, под общей редакцией Кульбачного О. И. М. , „Высшая школа“, 1970.
8. Безвесельный Е. С. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин в примерах. Харьков, 1960.
9. Костюк Д. И., Голдаева О. И., Яковлев Ю. В. Руководство к курсовому проектированию по теории механизмов и машин. Харьков, „Высшая школа“, 1956.
10. Иззатов З. Х. Методическая разработка к курсовому проектированию по теории механизмов и машин для студентов ВЗО, Ташкент. 1975.

М У Н Д А Р И Ж А

Сўз боши	3
Кириш	5
I. Ричагли механизмлар лойиҳалаш	7
1. Ричагли механизмларнинг турлари ва уларнинг техникада инплантилиши	7
2. Ричагли механизмларнинг тузилишини Ассур-Артобелевский усули билан текшириш	10
3. Механизм лойиҳалашнинг асосий масалалари	15
4. Ричагли механизм звеноларининг ўлчамларини аниқлаш	16
5. Кривошип-коромислоли механизм лойиҳалаш	17
6. Кривошип ползушли механизм лойиҳалаш	19
7. Кудисали механизм лойиҳалаш	20
II. Ричагли механизмларнинг кинематикасини тадқиқ этиш	21
1. Механизмни кинематикавий текшириш тартиби	22
2. Механизм звеноларининг вазиятини аниқлаш	22
3. Механизм звеноларининг айрим нуқталари траекториясини чи- зиш	23
4. Звено ҳамда кинематикавий жуфтининг тезлик ва тезланиш- ларини аниқлашнинг асосий тенгламалари	24
5. Иккинчи класс, 1-тур группанинг тезлик ва тезланишларини аниқлаш	28
6. Иккинчи класс, 2-тур группанинг тезлик ва тезланишларини аниқлаш	34
7. Иккинчи класс, 3-тур группанинг тезлик ва тезланишларини аниқлаш	40
8. Диаграммавий (графикавий) усул	44
III. Машина ва механизмлар динамикаси	52
1. Механизм звеноларига таъсир этувчи кучлар	52
2. Механизм звеноларидаги инерция кучларини аниқлаш	53
3. Механизмларни кинетостатикавий ҳисоблаш	60
4. Иккинчи класс, Ассур гуруҳларини кинетостатикавий ҳисоблаш	61
5. Ричагли механизмларнинг етакчи звеносини кинетостатикавий ҳисоблаш	70
IV. Текис ричагли шарнирли механизмларнинг структураси, ки- нематикаси ва кинетостатикавий текшириш	74
1. Механизмнинг структурасини текшириш	75
2. Механизмнинг кинематикасини текшириш	79
3. Механизмни кинетостатикавий ҳисоблаш	89

А. Механизм звеноларининг инерция кучларини аниқлаш	89
Б. Механизм звеноларининг умумий инерция кучлари қўйилган нуқтани аниқлаш	91
В. Кинематикавий жуфтлардаги реакция кучларини аниқлаш	92
Г. Етакин звено кучларини ҳисоблаш	97
Д. Мувозанатловчи P_M кучни Н. Е. Жуковский усули билан аниқлаш	97
V. Машинанинг берилган куч таъсиридаги ҳаракатини текшириш	98
1. Келтирилган куч ва масса	99
VI. Тишли механизмлар лойиҳалаш	104
1. Тишли механизмнинг техникада ишлатилиши ва уларнинг турлари	104
2. Тишли илашманинг асосий теоремаси	105
3. Эвольвента ва унинг хоссалари	108
4. Эвольвентавий илашманинг асосий параметрлари	108
5. Гилдирак тишларини коррекциялаш	112
6. Коррекциялаш усуллари	112
7. Тугри тишли ташқи илашмални узатма лойиҳалаш тартиби	119
8. Тишли редуктор лойиҳалаш ва уни текшириш	119
9. Ташқи илашмални эвольвента профилли гилдирак тишини ясаш	122
10. Тишининг профилини графикавий усулда чизиш	124
11. Тишининг профилини графоаналитикавий усулда чизиш	125
VII. Тишли узатмаларининг кинематикавий анализи	129
1. Дифференциал тишли механизмларининг кинематикавий анализи	131
2. Планетар тишли механизмларининг кинематикавий анализи	136
3. Тишли механизмларининг тезланишларини графикавий усул билан аниқлаш	139
VIII. Кулачокли механизм лойиҳалаш	142
1. Лойиҳалаш тартиби	144
2. Диаграмма масштабларини аниқлаш	147
3. Кулачокнинг минимал радиусини аниқлаш	148
4. Илгарилама-қайтар ҳаракатланувчи роликли турткичи бўлган марказий кулачокли механизм лойиҳалаш	149
5. Марказий бўлмаган роликли кулачокли механизм лойиҳалаш	150
6. Турткич роликнинг радиусини аниқлаш	152
7. Ҳақиқий кулачок профилини чизиш	152
8. Алмаштирилган механизм чизиш ва турткичининг тезлик ва тезланишини аниқлаш	153
9. Алмаштирилган механизмнинг тезланишларини аниқлаш	155
10. Илгарилама-қайтар ҳаракатланувчи тарелкали турткичи бўлган кулачокли механизм лойиҳалаш	156
11. Кулачок профилининг минимал радиусини аниқлаш	156
12. Кулачокнинг профилини чизиш	159
13. Алмаштирилган механизмни чизиш ва турткичининг тезлик ва тезланишини аниқлаш	160
14. Роликли коромислоли турткичи тебранувчи бўлган кулачокли механизм лойиҳалаш	161
15. Кулачок профилини чизиш	166
16. Алмаштирилган механизм чизиш ва коромисло роликни марказининг тезлик ҳамда тезланишларини аниқлаш	166
17. Кулачокли механизм пружинасининг характеристикасини аниқлаш	169
Курсавий лойиҳа топшириқлари	174
<i>Адабиёт</i>	<i>189</i>

На узбекском языке

ЗАФАР ХАСАНОВИЧ ИЗЗАТОВ

**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ТЕОРИИ
МЕХАНИЗМОВ И МАШИН**

Учебное пособие для студентов
высших технических
учебных заведений

Ташкент „Ўқитувчи“ — 1979

Махсус муҳаррир (жамоатчилик асосида) **А. Ҳ. Ҳамидов**

Наشريёт муҳаррири **А. С. Тўрахонов**

Бадний муҳаррир **Ф. Некқадамбаев**

Тех. муҳаррир **Т. Золотилова**

Корректор **М. Махмудхужаева**

ИБ № 1110

Теришга берилди 14.11. 1978 й. Босишга рухсат этилди 21.08
1979 й. Формат 60×90^{1/16}. Тип. қоғози № 3, Кегли 10 шпон-
сиз. Литературная гарнитура. Юқори босма усулида босилди.
Шартли б. л. 12,0. Нашр. л. 10,0. Тиражи 12000. Зак. № 170.
Баҳоси 50 т.

„Ўқитувчи“ нашриёти. Тошкент, Навоий кучаси, 30. Шарт-
нома 12-78.

Наشريётлар, полиграфия ва китоб савдоси ишлари область
бошқармасининг Морозов номли босмахонаси. Самарқанд,
У. Турсунов кўчаси, 82. 1979 й.

Типография имени Морозова областного управления по де-
лам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Самарканд, ул. У. Турсунова, 82.