

С.А.ЙЎЛДОШБЕКОВ

---

**МЕХАНИЗМ  
ВА  
МАШИНАЛАР  
НАЗАРИЯСИ**



[www.Orbita.Uz](http://www.Orbita.Uz) kutubxonasi





С. А. ЙЎЛДОШБЕКОВ

# МЕХАНИЗМ ва МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИ

ЎЗБЕКИСТОН МАОРИФ МИНИСТРЛИГИ  
ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТЛАРИНИНГ СТУДЕНТЛАРИ УЧУН  
ЎҚУВ ҚЎЛЛАНМАСИ СИФАТИДА ТАВСИЯ ЭТГАН

«ЎҚИТУВЧИ» НАШРИЁТИ  
ТОШКЕНТ—1978

ми-  
дия-

иш-  
иби  
кел-

ни-  
иш-  
аш  
ль,  
ри-  
ган  
ш-

ат-

ни

од-

ди-

ех-

а-

и,

та

т-

л-

«Механизм ва машиналар назарияси» ўқув қўлланмаси педагогика институтларининг «Ўмумтехника фанлари ва меҳнат», «Ўмумтехника фанлари ва физика», «Чизмачилик, расм ва меҳнат», «Математика ва чизмачилик» ихтисосликлари программаси асосида ёзилган.

Қўлланмада механизмларнинг тузилиши, классификацияси, кинематикаси, кинематикавий ва динамикавий текшириш методлари ва уларни экспериментал текшириш йўллари, автомобиль, трактор, қишлоқ хўжалик машиналари, токарлик станоклари ва бошқа конкрет машиналарнинг механизмлари мисолида келтирилган. Ҳар бир бўлим такрорлаш учун саволлар ва масалалар билан тўлдирилган бўлиб, масалаларни ечиш усуллари ҳам берилган.

Бу китобдан педагогика ўқув юртлири ва техникавий бўлмаган ўрта билим юртлирининг ўқувчилари ҳам фойдаланишлари мумкин.

ИБ № 673

*На узбекском языке*

ЮЛДАШБЕКОВ СУРАТ АКБАРОВИЧ

## ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Учебное пособие для студентов педагогических институтов

*Издательство «Ўқитувчи»—Ташкент—1978*

Муҳаррир Т. Эшматов  
Бадий муҳаррир Ф. Неқадамбоев  
Техн. муҳаррир Б. Цаплиenkova  
Корректор Д. Абдуллаева

Теришга берилди 9.01.1978 й. Босишга рухсат эрилди 17.11.1978 й.  
Формат 60×90<sup>1/16</sup>, № 3 тип, қоғоз. Кегель 10 шпонсиз. Юқори босма усулида  
босилди. Шартли б. л. 11,0. Нашр. л. 10,02. Тиражи 5000. Зак. № 406. Баҳо-  
си 50 т.

«Ўқитувчи» нашриёти. Тошкент, Навоий кўчаси, 30. Шартнома № 194—77.

Ўзбекистон ССР нашриётлар, полиграфия ва китоб савдоси ишлари Давлат  
комитети Тошкент «Матбуот» полиграфия ишлаб чиқариш бирлашмасига  
қарашли 2-босмахона. Янгийўл ш., Самарқанд кўчаси, 44. 1978 й.

Типография № 2 Ташкентского полиграфического объединения «Матбуот»  
Государственного комитета УзССР по делам издательства, полиграфии и  
книжной торговли. г. Япгюль, ул. Самаркандская, 44.

© «Ўқитувчи» нашриётни, 1978.

Ю 60602—№ 196 130—78  
353(06)—78



## СУЗ БОШИ

Бу китоб муаллифнинг кўп йиллардан буён Низомий номидаги Тошкент давлат педагогика институтида ўқиган лекциялари асосида ёзилди.

Китобда машина ва механизмларни анализ ва синтез қилишнинг асосий масалалари ва динамикавий ҳисобнинг тартиби ҳамда машиналарни экспериментал текшириш методлари келтирилган.

Механизм ва машиналар назарияси фани инженерлик фанининг асоси бўлиб, ундан студентларнинг доимо шуғулланишларини таъминлаш учун китобда ҳар бир бобдан сўнг такрорлаш учун саволлар ва масалалар берилган. Масала автомобиль, трактор, қишлоқ хўжалик машиналари ва токарлик станокларига оиддир. Китобда ҳар бир бобда битта масала тўлиқ ечилган бўлиб, бу студентларга берилган мустақил топшириқларни ишлашлари учун қулайлик туғдиради.

Қўлланмага муаллифнинг ўзи яратган датчиклар ва бу датчиклардан фойдаланиб, студентлар машина ва механизмларни экспериментал анализ қилишлари учун ишлаб чиққан методлари киритилган. Бу методлар илмий-текшириш институтларининг ходимлари, олий техника ва педагогика институтлари, техникум ўқитувчилари учун ҳам фойдалидир.

Мазкур қўлланма қўл ёзмасини кўриб чиқиб, фойдали маслаҳатлар берганлари учун техника фанлари кандидатлари, доцентлар М. Тоирхўжаевга, У. А. Нишоналиевга, т. ф. к., катта илмий ходим М. Даминовга, катта ўқитувчилар Н. С. Асомутдинов, С. Х. Эргашев, Б. Муҳаммаджонов ва бошқаларга муаллиф ташаккур билдиради.

Бу китоб педагогика институтларининг «Умумтехника фанлари ва меҳнат», «Умумтехника фанлари ва физика», «Чизмачилик, расм ва меҳнат», «Математика ва чизмачилик» ихтисосликлари бўйича ўқийдиган студентлар учун мўлжалланган.

Китоб ҳақидаги фикр-мулоҳазаларни қуйидаги адресга юбориш илтимос қилинади: *Тошкент, 700 129, Навоий 30, «Ўқитувчи» нашриётининг Умумтехника адабиёти редакцияси.*



## Қ И Р И Ш

Қиши меҳнاتини енгиллаштириш фойдали иш бажарувчи ишлаб чиқариш техникаси — машина, аппарат ва приборлардан фойдаланишга боғлиқ.

Барча техникавий қурилмалар табиат қонунларига асосланган бўлиб, инсон бу қонунларни жамиятга хизмат қилишга мажбур этади.

Техникавий қурилмалар ҳар хил қисмлардан иборат бўлиб, турлича ишларни бажаради. Техникавий қурилмаларнинг механикавий қисмлари машина ва аппаратларнинг асосини ташкил этади. Механикавий қисмлар ўз навбатида қўзғалмас; машина ва конструкцияни кўтариб турувчи звено (стойка, рама, корпус) ва қўзғалувчи, ҳаракатни деталлар ёрдамида узатувчи қисмлардан иборат бўлади.

Бир қанча механикавий қисмларнинг бирикишидан ташкил топган ва фойдали иш бажарадиган механизмлар группаси *механикавий машина* дейилади.

Машина ва механизмлар курсида фақат механикавий машиналар ўрганилади. Шунинг учун «механикавий машина» терминини бундан буён қисқача «машина» деб юритамиз; бундай машиналарга юк ташийдиган, сув, ҳаво, қуруқлик транспортларини, иш машиналари ва автоматлари (станок, пресс, тўқимачилик саноати ва полиграфия машиналари ва бошқалар)ни ҳамда турли насос ва вентиляторларни, прибор, соат ва бошқаларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин.

Машина деб ҳисобланмайдиган механизмларда ҳам механикавий қисмлар учрайди, алоҳида ажратиб қараганда улар ҳам кичик бир машинани ташкил этади. Буларга математикавий ҳисоб машинаси, контрол аппарат, электрик машиналарининг ротори, фотоаппарат затвори, электр ўлчаш асбоблари, электрик икључатель, машина эшиги ойнасини кўтаргич, ойна тозалагич ва бошқалар киради.

Машиналарда иш органи тариқасида газ ва суюқликдан ҳам фойдаланиш мумкин бўлиб, бундай механизмлар тегишлича *пневматик* ва *гидравлик механизмлар* дейилади.

Биз ушбу курсда энг кўп тарқалган механизмларни ўрганимиз.

Машиналар, асосан, физика, назарий механика ҳамда машина ва механизмлар назарияси курсларида босқичма-босқич ўрганилади ва такомиллаштириб борилади. Корхоналарни автоматлаштириш процесси билан шуғулланиш бу фанларнинг давоми ҳисобланади.

Машина ва механизмлар назарияси фақида машина ва механизмларнинг кинематикавий ҳамда динамикавий тузилишлари ўрганилади ва шу билан бирга янги машина ва механизмлар яратиш усуллари ишлаб чиқилади. Бундан ташқари, сифатсиз мавжуд машиналарни енгил, тез юрар, кам энергия истеъмол қиладиган, сифатли маҳсулот берадиган юқори унумли машинага айлантириш йўлларини излаш ўрганилади.

Бу каби масалаларни амалга ошириш учун машина ва механизмлар курси икки қисмга бўлиб ўрганилади:

1. Механизмлар анализи.

2. Механизмлар синтези.

Механизмлар анализида машина ва механизмларнинг ҳаракати уларнинг кинематикавий тузилишларига ва шарнир ҳамда звеноларига тўғри келадиган таъсир кучларига боғлиқлиги аниқланади.

Механизмлар синтезида эса маълум технологик процессни амалга ошириш учун берилган ҳаракат қонунига асосланган функцияни бажарадиган механизм яратиш талаб этилади.

Машина ва механизмларни анализ ва синтез қилишни билиш машина, станок ҳамда приборлар билан ишлайдиган мутахассис учун ниҳоятда зарур.

Мактаб машинашунослик ўқитувчилари эса, меҳнат практикасининг қайси бири бўлишидан қатъи назар, қишлоқ хўжалиги машиналарими, агрономиями, автомобиль курсими, металлларни кесиб ишлашми, дурадгорчиликми ёки бошқами, унда ўқувчиларни ихтисос танлашга ундаб ва юқорида келтирилган предметларнинг физика, математика ва чизмачилик фанлари билан боғланиб кетганлигини кўрсатиб боради.

Машина ва механизмлар назарияси фани асосида физика ва умумтехника фанларини ўқитиш методларини ишлаб чиқиш ва илмий жиҳатдан асослаб бериш мумкин. Ҳар қандай машина фойдали иш бажариш учун мўлжалланган бўлиб, у иш шароитида муайян қаршиликларга дуч келади. Бу қаршиликларни машина бир қанча механизмлар бирикмаси ёрдамида ва бу механизмларнинг бир-бирига нисбатан маълум тартибда ҳаракатланиши натижасида енгади. Масалан: метални ёки ёғочни рандалаш машинаси (станок) электик двигателдан ҳаракат олади, бу ҳаракат кесиш (рандалаш) асбобига келгунча бир қанча механизм (тишли, тасмали, кулисали механизм ва бошқалар)дан ўтади ва, натижада, катта тезликдаги айланма ҳаракат кесиш учун талаб этиладиган тезликдаги тўғри чизигий ҳаракатга айланади ва технологик процессни бажаради.

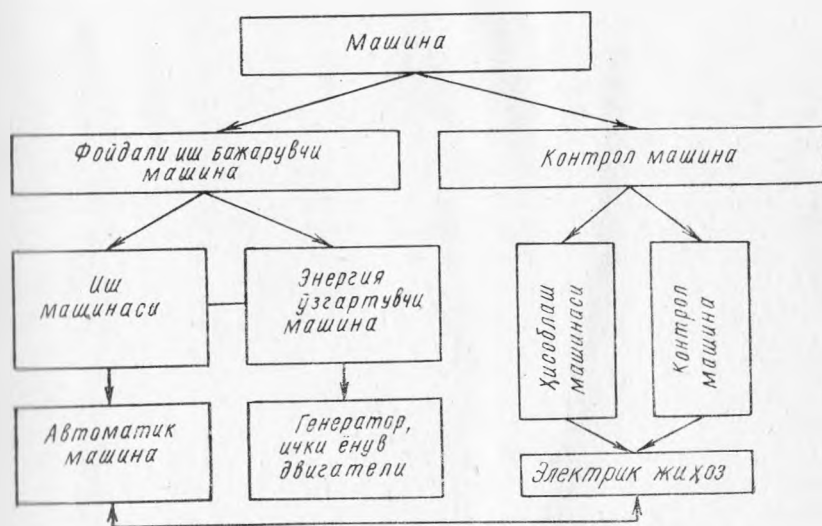


Шундай қилиб, машинани яна қуйдагича таърифлаш мумкин: ишлаб чиқариш процесси ёки энергияни ўзгартириш процесси билан боғлиқ бўлган ва фойдали иш бажариш учун мўлжалланган механизм ёки механизмлар мажмуи *машина* дейлади.

Машина инсоннинг жисмоний ҳамда ақлий меҳнатини енгилаштирадиган ва иш унумини оширадиган, ҳисоблаш ва контрол қилиш учун ҳам мўлжалланган мослама бўлиб, инсон ақлий меҳнатининг маҳсулидир.

Агар машина ҳаракат қилиб турса-ю, лекин фойдали иш бажармаса ёки энергияни бир турдан бошқа турга айлантормаса, бу ҳолда у механизм бўлади. Механизмнинг вазифаси маълум тартибда ҳаракат қилиш ёки ҳаракатни узатишдан иборат.

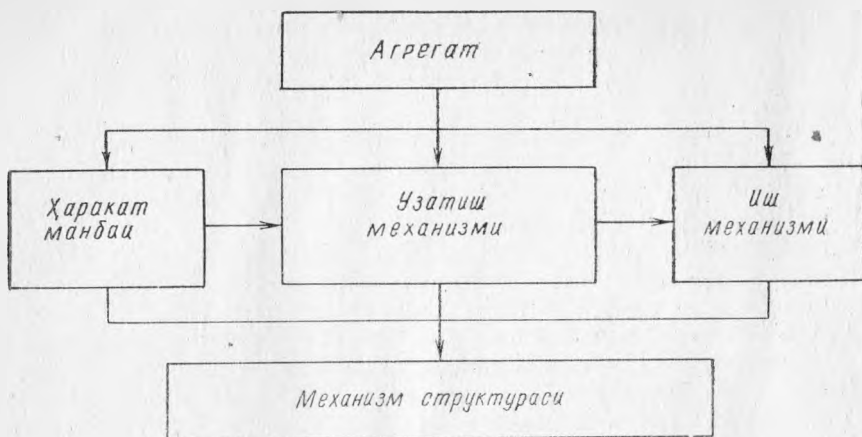
**Машиналар классификацияси.** Машиналар икки хил бўлади: фойдали иш бажарувчи машина (агрегат) ва контрол машина (мослама). Улар 1-шаклда кўрсатилганидек классификацияланади.



1-шакл.

Фойдали иш бажарувчи машинанинг асосий қисми иш бажарувчи механизм (токарлик станогининг кесиш механизми) бўлиб, у ҳаракатни машина двигателидан ёки бошқа бирор манбадан оралиқ узатиш механизмлари ёрдамида олади. Бу механизмнинг бирикмаси *агрегат* дейилади (2-шакл).

Контрол машина эса ўз навбатида фойдали иш бажарувчи машинанинг иш услубини, маҳсулотнинг сифатини назорат қи-



2- шакл.

либ бориш ва ҳисоблаб туриш учун хизмат қилади. Контрол машинанинг электрик жиҳози иш бажарувчи машина билан бирга бир бутун бўлиб ишлаганда *машина-автомат* ҳосил қилади.

Машина ва механизмлар назарияси фанининг вазифаси фойдали иш бажараётган машина иш механизмининг тўғри ишлатишни, маҳсулот сифатининг бузилишига йўл қўймаслик учун, механизм қисмларининг маълум бир давргача ҳаракатини ва ҳаракатнинг ўзгаришидан вужудга келадиган кучларни анализ қилиш ва бошқа процессларни ўрганишдир. Механизм нуқталарининг юрган йўли, тезлиги, тезланиши, механизм звеноларининг бурчагий тезликлари, бурчагий тезланишлари ва уларнинг инерция кучлари, инерция кучларининг моментлари ва бошқалар физикавий катталиклар бўлиб, улар шу механизмларда бўладиган процессларнинг характерини белгилайди. Ана шу физикавий катталикларни топиш ва уларнинг ўзгариш қонунларини ўрганиш ҳам машина ва механизмлар назарияси фанининг вазифасидир.



**БИРИНЧИ ҚИСМ**  
**МЕХАНИЗМЛАР, УЛАРНИНГ ТУЗИЛИШИ ВА**  
**КИНЕМАТИКАСИ**

I Б О Б

**МЕХАНИЗМЛАРНИНГ АСОСИЙ ТУРЛАРИ**  
**ВА ИШЛАТИЛИШИ**

Машина ва механизмлар инсон меҳнатини енгиллаштирувчи, моддий бойликлар яратувчи омиллардан бўлиб, ҳозирги кунда улардан саноатимизнинг барча соҳаларида: оғир саноатда, ўрмон ва қишлоқ хўжаликларида, авиация ва транспортда, енгил, озиқ-овқат саноати ва социалистик хўжалигимизнинг бошқа тармоқларида муваффақият билан фойдаланилмоқда. Кейинги 10 йил ичида уларнинг тезлиги ва иш унуми анча ошди, ўзлари эса анча енгиллаштирилди. Бутун бир технологик процессни бажарадиган машина — автоматлар ва ҳисоблаш машиналари кўплаб ишлаб чиқарилмоқда. Машинасозликда ишлатиладиган механизмларнинг тури жуда кўп, уларни ўрганишда қуйидаги группаларга бўлиб анализ қилиш ва лойиҳалаш маъқул.

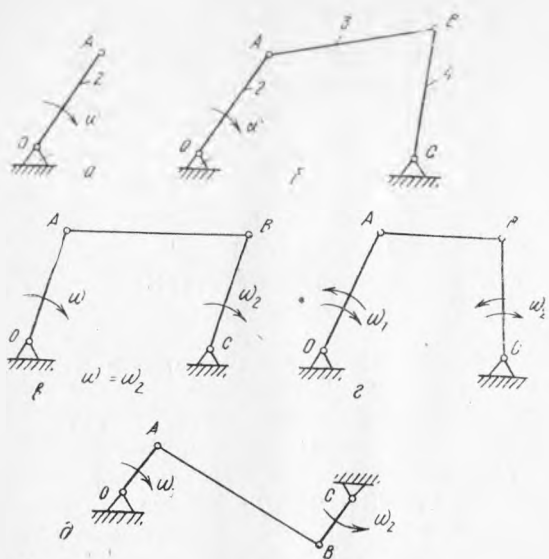
1. Ричагли механизмлар.
2. Қулачокли механизмлар.
3. Тишли (шестерняли) механизмлар.
4. Винтли ва понали механизмлар.
5. Фрикцион механизмлар.
6. Эгилувчи звеноли механизмлар.
7. Гидравлик ва пневматик механизмлар.
8. Электрик жиҳозли механизмлар.

**I. 1-§. Ричагли механизмлар**

Ричагли механизмлар ҳозирги замон машинасозлигида энг кўп тарқалган механизмлардир. Бу механизм икки звенодан таркиб топган бўлиб (I. 1-шакл, *a*), улардан бири қўзғалмас звено (стойка) 1 ва иккинчиси ричаг 2 дир (қўзғалмас звено атрофида айланма ҳаракат қилувчи звено). Бундай механизмлар, асосан, айланма ҳаракат қилувчи машиналарда, яъни электрик моторлар, турбиналар, вентиляторлар, шамол двигателлари ва бошқаларда ишлатилади.

I. 1. 1-шакл, *a* да кўрсатилганидек таркибида ричаги бўлган барча механизмлар *ричагли механизмлар* дейилади. Звеноларининг сонига қараб ричагли механизмлар 4, 5, 6 ва ҳоказо звеноли бўлиши мумкин.

I. 1-шакл, *b* да кўрсатилган механизм қўзғалмас звено 1 атрофида айланувчи иккита ричаг 2 ва 4 дан ташкил топган бўлиб,



I. 1- шакл.

тўрт звеноли шарнирли механизм дейилади. Бу типдаги механизмлар техникада кўп ишлатилади, унга рандалаш станогини столини сурувчи механизм мисол бўла олади. Механизмнинг звенолари бир-бири билан шарнирли, айлана оладиган қилиб бириктирилади.

Звено 2 қўзғалмас звено 1 атрофида  $360^\circ$ га бурилиб айлана олади, звено 4 эса қўзғалмас звено 1 атрофида фақат тебранма ҳаракат қилади ( $360^\circ$ га бурила олмайди).

Қўзғалмас звено (стойка) атрофида  $360^\circ$  га бурила оладиган қўзғалувчи звено *кривошип*,  $360^\circ$  га бурила олмайдиган (тебранадиган) звено *коромисло* дейилади.

Айланма ҳаракат қилувчи звенолар билан шарнирли бириккан (қўзғалмас звенога бирикмаган) 3 звено *шатун* дейилади.

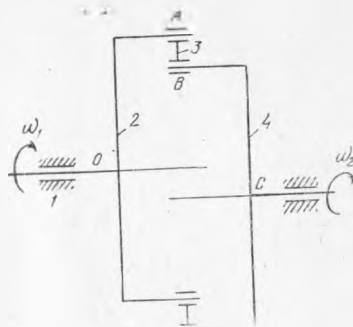
Агар тўрт звеноли шарнирли механизмнинг стойкага шарнирли бириккан иккала звеноси  $360^\circ$  га бурила оладиган қилиб ясалган бўлса, бундай механизм *икки кривошипли тўрт звеноли шарнирли*,  $360^\circ$  га бурила олмай, фақат тебраниш имкониятига эга бўлса, *икки коромислоли тўрт звеноли шарнирли механизм* деб аталади (I. 1- шакл, в, г). Агар икки кривошипли механизмнинг кривошиплари узунлик жиҳатдан тенг ва параллел бўлса-ю, бир томонга айланса, *шарнирли параллелограмм*, қарама-қарши томонга айланса, *шарнирли антипараллелограмм механизм* дейилади (I. 1- шакл в, д). Бундай механизмлар техникада кўп учрайди. Бунга параллел валларни улаш учун ишлатиладиган муфта механизмни мисол қилиб кўрсатиш мумкин. Муфтанинг 2 ва 4 дисклари (I. 2- шакл) шатун 3 ёрдамида бириккан,

муфтанинг нормал ишлашини таъминлаш учун 6 та шарнирли механизм ишлатилган.

2. Агар тўрт звеноли шарнирли механизмнинг тўртинчи звеноси, яъни коромисло ползун билан алмаштирилса, тўрт звеноли кривошип-ползунли механизм дейилади (I. 3-шакл). Шатун 3 билан шарнирли бириккан қўзғалмас йўналтирувчининг юзасида сирпанма ҳаракат қилувчи звено 4 ползун дейилади.

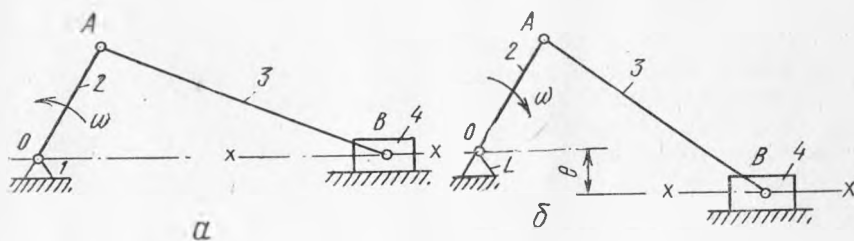
Кривошип ползунли механизм техникада поршенли механизмларда кенг қўламда ишлатилади.

Бу механизм ёрдамида айланма ҳаракат тўғри чизигий ҳаракатга ва, аксинча, тўғри чизигий ҳаракат айланма ҳаракатга айлантирилади, яъни ички ёнув двигателида поршеннинг чизигий ҳаракати двигателнинг тирсақли валини айлантирса, компрессор, пресс ва насосларда кривошип 2 нинг айланма ҳаракати ползуннинг тўғри чизигий ҳаракатига айланади ва иш бажаради.



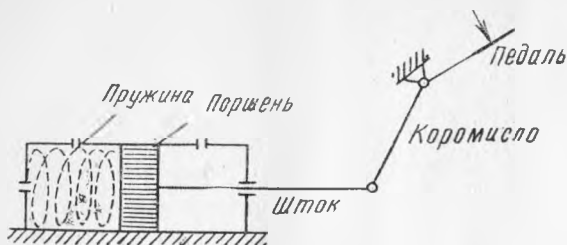
I. 2-шакл:

1—таянч, 2 ва 4—муфта дискалари, 3—шатун.



I. 3-шакл.

Ползуннинг ҳаракати  $X-X$  ўқ йўналишида бўлиб (I. 3-шакл) шу ўқнинг кривошип айланиш маркази  $O$  дан ўтиш ёки ўтмаслигига қараб, механизмлар марказий кривошип-ползунли (аксиал I. 3-шакл, а) ва марказий бўлмаган кривошип-ползунли (дезаксиал I. 3-шакл, б) механизмларга бўлинади. Оралиқ  $e$  эса дезаксиал I. 3-шакл, б) механизмларга бўлинади. Кривошип-ползунли механизмнинг  $OA$  звеноси (I. 3-шакл) тўрт звеноли шарнирли механизмдаги сингари кривошип ёки коромисло бўлиши ҳам мумкин. I. 4-шаклда тормозлаш системасининг схемаси кўрсатилган; тормоз цилиндрини ишга туширадиган механизмдаги тормоз педали босилганда коромисло маълум бурчакка бурилади, бунда суюқлик шток ва поршеннинг ҳаракати таъсири натижасида гидрокучайтиргич цилиндрига ўтади.

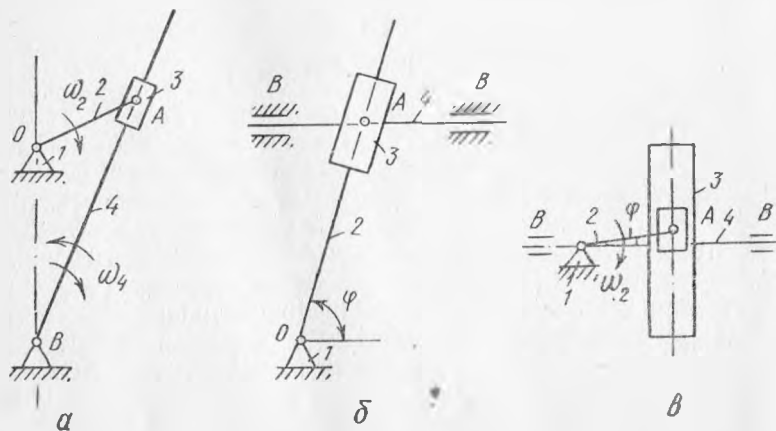


І. 4-шакл.

3. Агар тўрт звеноли механизм ползуни қўзгалувчи звенога нисбатан ҳаракатда бўлса, тўрт звеноли кулисали механизм дейлади (І. 5-шакл, а). Бунда ползун 3 йўналтирувчи звено 4 нинг сиртида ҳаракатланади. Звено 2 ва 4 шарнир  $O$  ва  $B$  атрофида айланади. Звено 3, яъни ползунни тош дейлади.

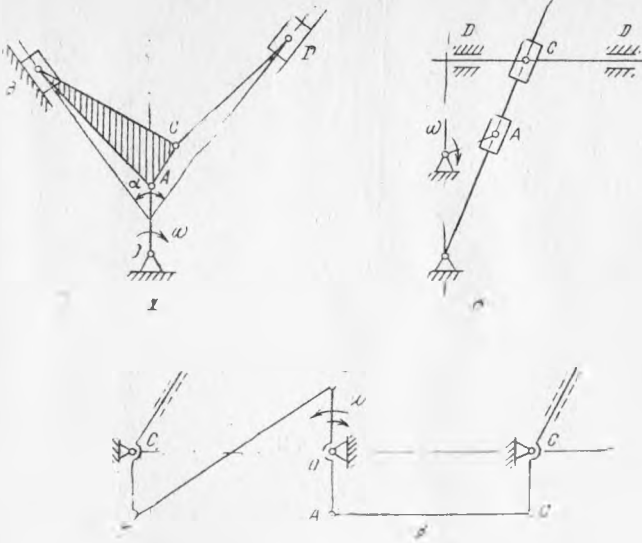
Тебранма, айланма ёки тўғри чизиғий ҳаракат қилиб, ползун учун йўналтирувчи вазифасини бажарувчи звено кулиса дейлади.

Кулисали механизм техникада айланма ҳаракатни ҳар хил тезликдаги тебранма, чизиғий ёки айланма ҳаракатга айлантириш учун ишлатилади. Бу механизм ёрдамида синусоидал, косинусоидал, тангенциал ва бошқа геометрик кўринишдаги эгри чизиқлар олиш мумкин, масалан: тўрт звеноли механизмнинг коромисло ва шатунлари ползунлар билан алмаштирилса, тангенциал — кулисали механизм ҳосил бўлади (І. 5-шакл, б). Бу механизм математик амалларни бажаришда қўлланилади. Звено (ползун) 4 нинг сурилиши звено (кулиса) 2 оғиш бурчагининг тангенсига пропорционал бўлади. І. 5-шакл, в да синусоидал эгри чизиқ олиш учун мўлжалланган кулисали механизм келтирилган.



І. 5-шакл.





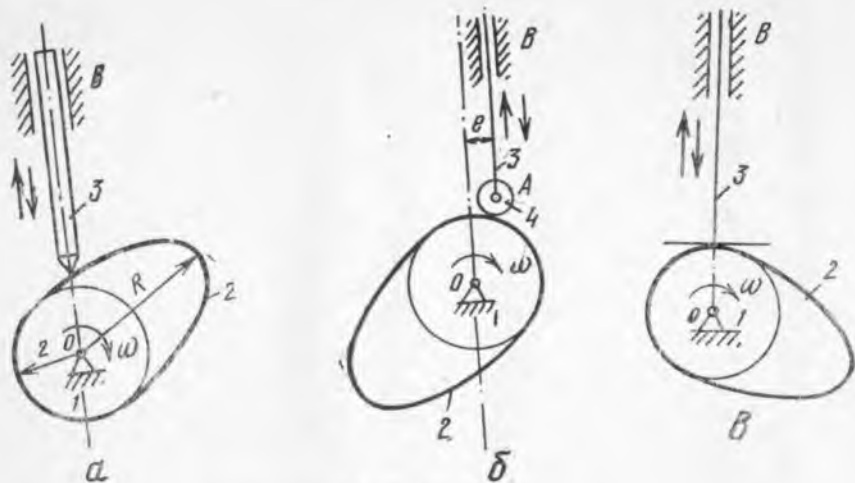
I. 6-шакл.

Юқорида кўрилган тўрт звеноли механизмлар асосида 5 та ҳамда 6 та ёки ундан ҳам кўп звеноли ҳар хил тезликдаги ва турли йўналишда ҳаракат ҳосил қиладиган механизмлар ҳам яратилади, масалан, тўрт звеноли кривошип-ползушли механизми 6 звеноли V-симон двигателнинг механизми (I. 6-шакл, а) — кулисали механизм асосида яратилган; кўндаланг-рандалаш станогининг қирқиш механизми (I. 6-шакл, б) — тўрт звеноли шарнирли механизм асосида яратилган; автомобилнинг шамол тўсадиган ойнасини тозалайдиган чўткаларни ҳаракатга келтирувчи механизм (I. 6-шакл, в) ва бошқалар яратилган.

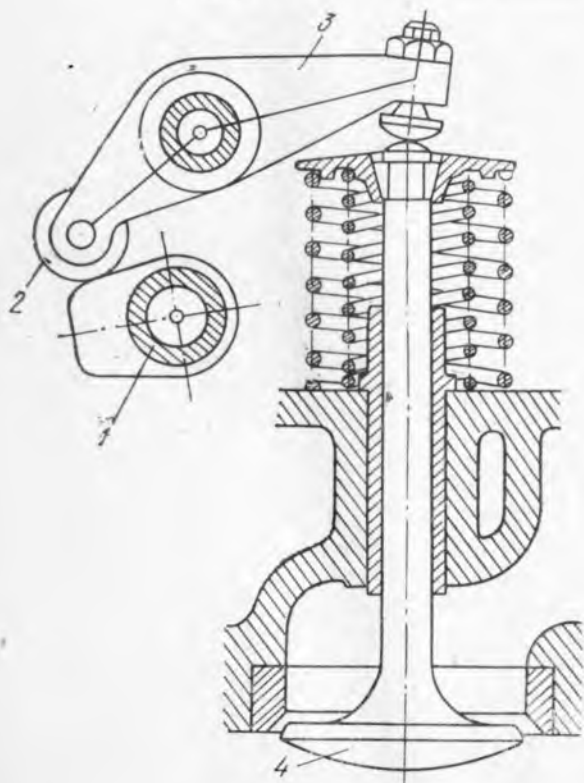
## I. 2-§. Кулачокли механизмлар

Кулачокли механизм ёрдамида етакчи звенонинг доимий айланма ҳаракатини етакланувчи звенонинг илгарилашма-қайтар ва тебранма ҳаракатига айлантириш ва етакланувчи звенонинг исталган олдиндан белгиланган вазиятида тўхтатиб юргизиш мумкин. Бундай механизмлар, айниқса, автомат-машиналарда яхши натижа беради ва техниканинг турли соҳаларида жуда кўп ишлатилмоқда. Кулачокли механизмнинг энг оддий куриниши I. 7-шаклда келтирилган, у учта звенодан ташкил топган.

Таянч 1 да айланма ҳаракат бажарувчи звено 2 кулачок дейилади. Кулачокнинг ён сирти мураккаб шаклда бўлиб, турткич 3 нинг аввалдан белгиланган қонуният асосида ҳаракат қилишини таъминлайди. Кулачокли механизмнинг ҳаракати турткич билан кулачокнинг бир-бирига тегиб ҳаракат қилишига боглиқ:

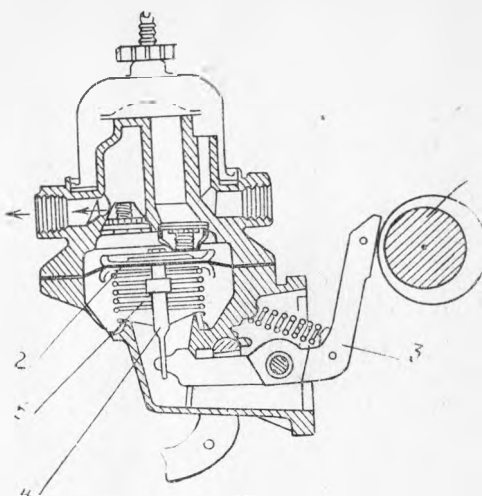


1. 7- шакл:  
1—таянч, 2—кулачок, 3—гурткич, 4—ролик.



1. 8- шакл.

масалан, кулачокнинг катта радиуси  $R$  юқорига чиққанда турткич энг юқори вазиятга кўтарилади, кулачокнинг кичик радиуси  $r$  юқорига кўтарилганда эса турткич энг пастки вазиятга келади. Турткич, одатда маълум куч (пружина) таъсирида пастга тушади. Бу куч механизмнинг ишлаш принципига ва қуввати-га қараб маълум тартибда белгиланади.



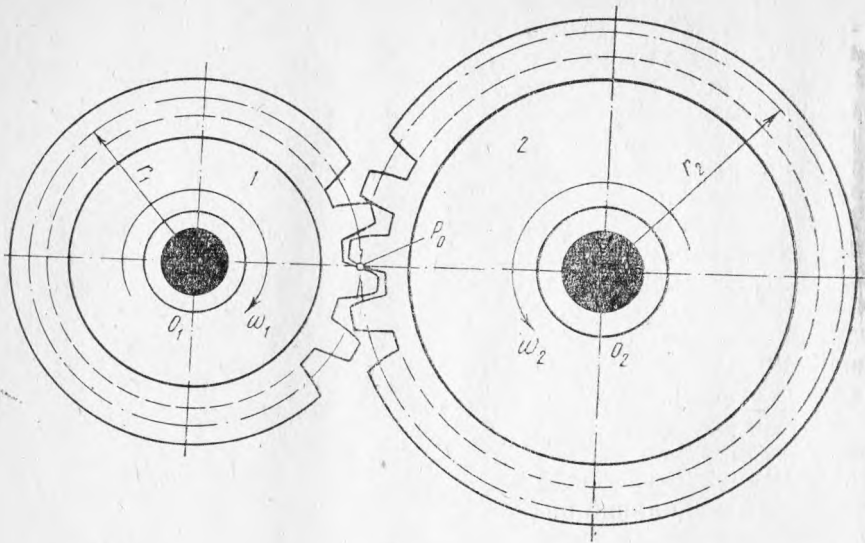
И. 9-шакл.

Кулачок профили билан учли турткич (И. 7-шакл, а) нинг куч билан бир-бирига ишқаланиб бирикиши натижасида, ҳаракат даврида сиртлар ейилади. Сиртларнинг ейилишини камайтириш мақсадида турткичнинг ўткир учи эркин айланадиган ёки тарелкасимон қилинади (И. 7-шакл, б, в). Кулачокли механизмлар ҳам тўрт звеноли механизмлар сингари аксиал (И. 7-шакл, а, б) ва дезаксиал (И. 7-шакл, б) кулачокли механизмларга бўлинади. И. 8-шаклда ички ёнув двигателининг газ тақсимлаш механизми ва кулачокли вал 1 кўрсатилган. Штанга (турткич 3) нинг юқори нуқтага кўтарилиши натижасида цилиндр клапани 4 очилади. Қоромисло остига қўйилган пружина таъсирида кулачок кичик радиуси айланаси томониغا бурилиб, турткич роллиги 2 га тўғри келганда клапан ёпилади.

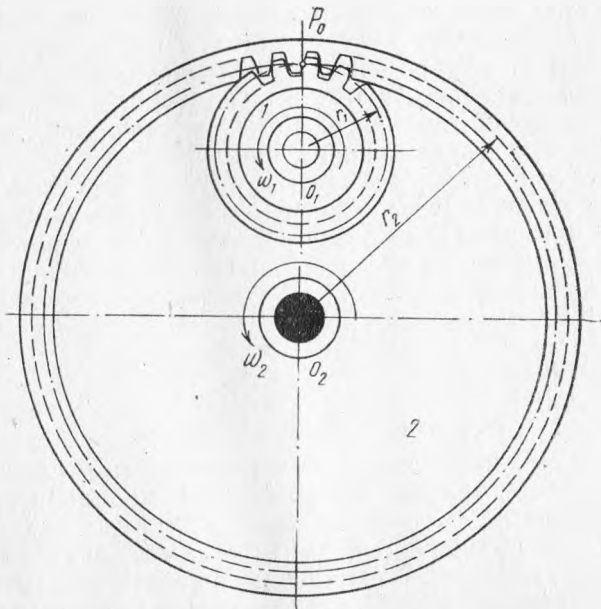
И. 9-шаклда эса бензин насоси механизми кўрсатилган. Механизм иши кулачок — эксцентрик 1 нинг доимий айланиб туриши натижасида ричаг 3 ва шток 4 ёрдамида диафрагма 2 ни ҳаракатга келтиришига асосланган, диафрагма пружина 5 таъсирида ўз ўрнига қайтади. Бунда турткич — ричаг эксцентрикнинг текис сиртига тегиб тургани учун ундан тебранма ҳаракат олади.

### И. 3-§. Тишли механизмлар

Тишли механизмлар етакчи ва етакланувчи звеноларнинг айланиш тезликлари доимий бўлиши талаб қилинадиган ҳолларда ишлатилади ва техникада жуда кўп қўлланилади. Бу механизмнинг асосий кўриниши И. 10-шакл, а да берилган, у иккита тишли филдирак ва стойкалардан иборат. Звено 2 (етакчи)нинг соат стрелкаси йўналишига тесқари айланиши етакланувчи звено 1 ни соат стрелкаси айланишида айлантиради. Де-

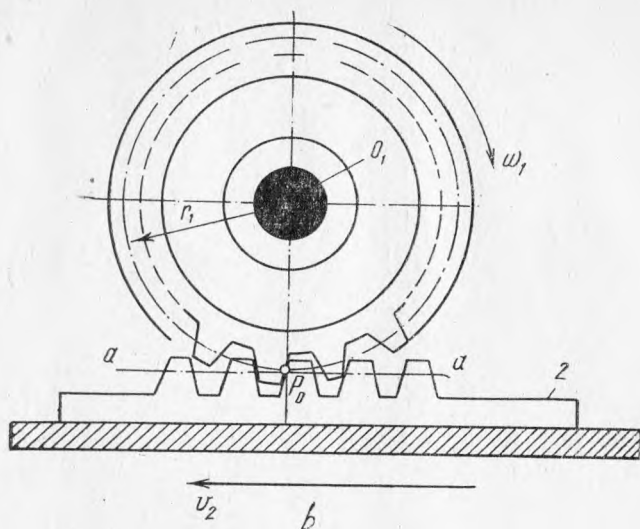


a



b





I. 10-шакл.

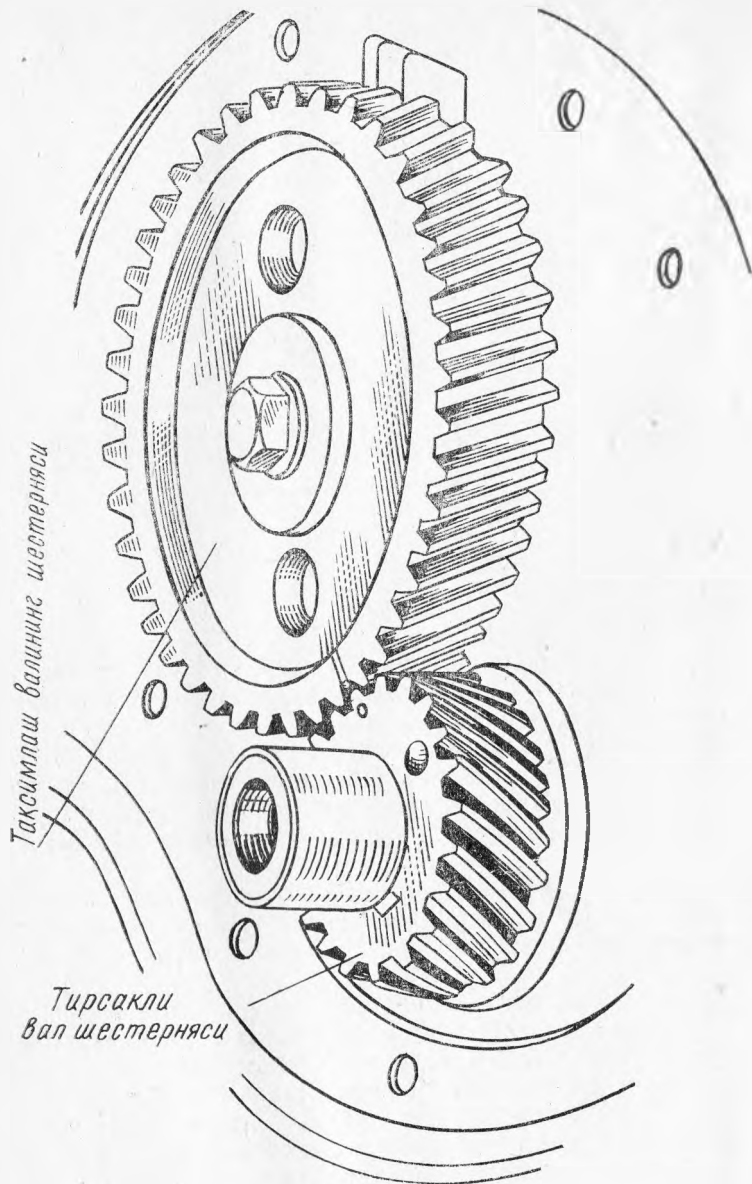
мак, бу хилдаги тишли илашишда етакчи ва етакланувчи гилдираклар қарама-қарши томонга айланади. Бундай механизм *сиртқи илашишли* механизм дейилади.

Агар битта гилдиракнинг тишлари цилиндр ташқи сиртида, иккинчиники ички сиртида илашиб ҳаракатланса (I. 10-шакл, б), етакчи ва етакланувчи гилдираклар бир томонга айланади. ва бундай механизмлар *ички илашишли* механизм дейилади.

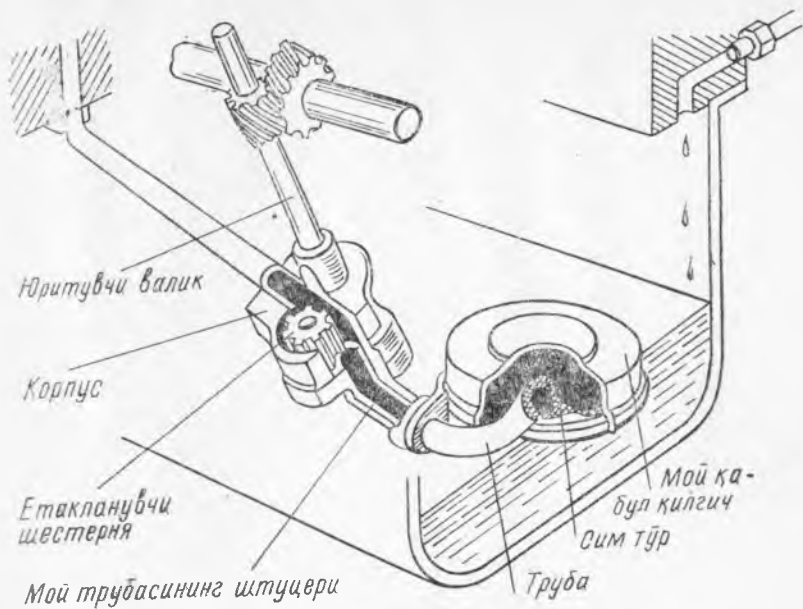
Агар тишли гилдираклардан бирининг ўлчамлари жуда катта бўлгани ҳолда гилдирак айланаси тўғри чизиққа яқин бўлса, бундай бирикма *рейкали* механизм дейилади (I. 10-шакл, в).

Тишли механизмларда аниқ айланиш ниҳоятда зарур, буни машина тирсақли вали билан газ тақсимлаш валининг бир-бирига нисбатан айланиши мисолида кўриш мумкин (I. 11-шакл).

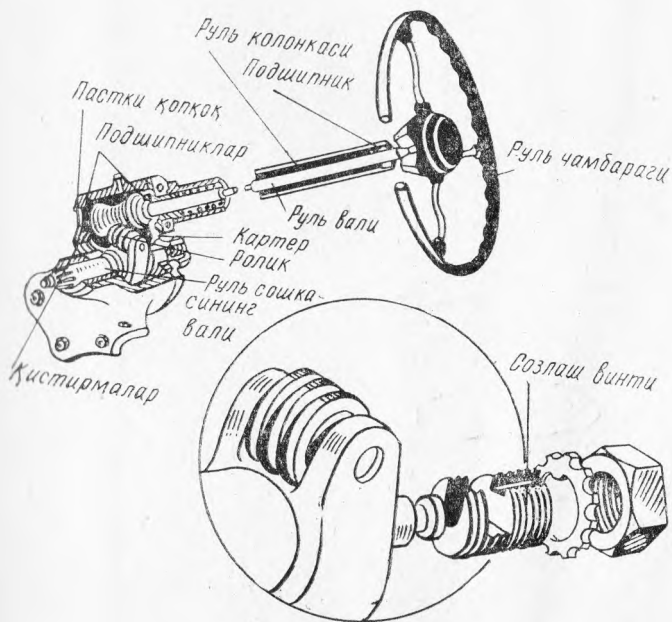
Юқорида биз текисликда ҳаракат қиладиган тишли механизмларнигина кўрдик, булардан ташқари, техникада фазовий шестерняли механизмлар ҳам кўп ишлатилади. Бундайлар жумласига ўқлари кесишувчи конусавий тишли узатмалар ва ўқлари фазода кесишувчи айқаш ўқли винтавий ва червякли механизмлар киради. Винтавий механизмга мисол сифатида автомобиль мой насосининг тақсимлаш валидан ҳаракат олувчи механизм (I. 12-шакл, а) билан руль механизми (I. 12-шакл, б) ни кўрсатиш мумкин.



I. 11-шакл.



а

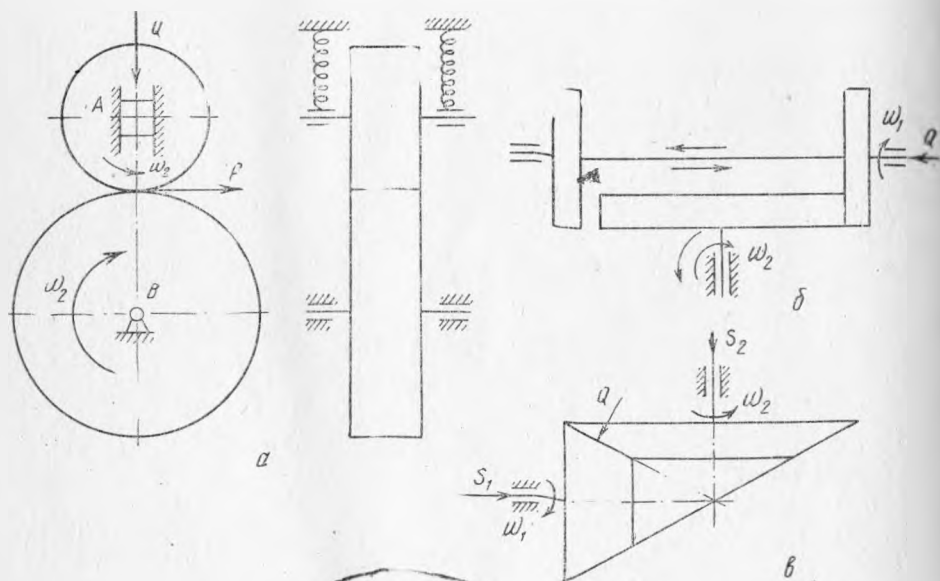


б

І. 12- шакл.

## I. 4-§. Фрикцион механизмлар

Ишқаланиш кучлари таъсирида ҳаракатга келадиган механизмлар *фрикцион механизм* дейилади. I. 13-шаклда кўрсатилган энг оддий турдаги фрикцион механизмлар уч звеноли параллел ва кесишувчи ўқли айланма ҳаракат ҳосил қиладиган механизмлардир. Айланиш тезлиги ўзгариб турадиган фрикцион механизм кўп тарқалган. Бу механизм ёрдамида айлана тезликни ўлчагич — тахометр (VII. 4-шаклга қаранг) яратилган. Фрикцион механизмлар техникада турли мақсадларда ишлатилади, масалан, тишлашиш муфтаси, тормоз механизмлари ва бошқалар. Тикув машинасидаги мокига ип ўраш механизми ҳам цилиндр фрикцион механизмдир. I. 13-шакл, б да прессларда қўлланиладиган айланиш йўналиши ўзгарувчан фрикцион механизм келтирилган. Фрикцион механизмларнинг ишлаши дисklarнинг бир-бири билан маълум босим таъсирида қўшилишига боғлиқ. Бундай босим қўшимча звено — пружина ёрдамида ҳосил қилинади.



I. 13-шакл.

## I. 5-§. Эгилувчан звеноли механизмлар

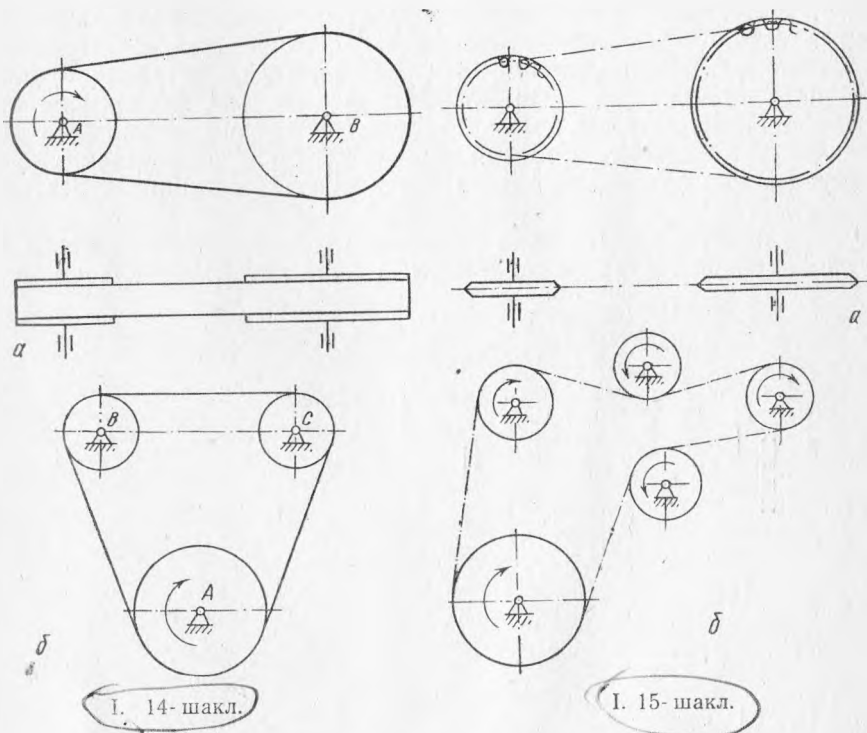
Техникада ҳаракатни бир звенодан иккинчи звенога узатиш учун эгилувчан звенолар ҳам кенг ишлатилади. Эгилувчан звено оралиқ звено бўлиб, у ҳар хил ўлчамдаги тасма, арқон, занжир ва бошқалар бўлиши мумкин. Эгилувчан звеноли механизмлар ёрдамида ҳар қандай ҳолатдаги ва оралиқ йўналишдаги звеноларга айланма ҳаракат узатиш мумкин. I. 14-шакл, а, б да



тасмали узатманинг бир неча тури кўрсатилган. Эгилувчан звеноли механизмлар қишлоқ хўжалик машиналари, комбайнлар, автомобиллар, совитиш механизмлари, токарлик, фрезалаш станокларида айниқса кўп учрайди.

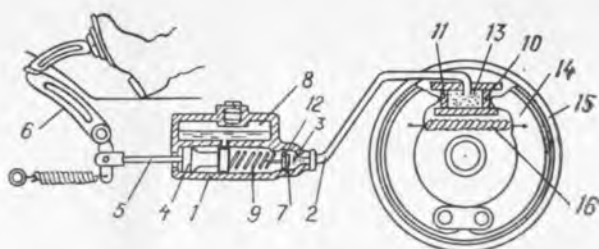
Етакчи ва етакланувчи ўқларнинг оралиғи катта бўлиб, доимий айланиш сони талаб этилганда, тасмали механизм ишлатиш имкони бўлмай қолади. Бундай ҳолларда занжирли механизм ишлатилади. Бу механизмлар транспорт ва қишлоқ хўжалик машиналарида кенг қўлланмоқда. У ўзининг соддалиги, мустақамлиги ва бир йўла бир неча етакланувчи гилдиракларни (I. 15- шакл, б) ҳаракатга келтира олиши билан юқоридаги шестерняли ва тасмали механизмлардан фарқ қилади.

Бунга тўқилган пахтани териш, кўрак териш машиналарининг механизмларини мисол қилиб кўрсатиш мумкин.



I. 6-§. Гидравлик ва пневматик механизмлар

Ҳаракатни бир звенодан иккинчи звенога узатишда ҳозирги замон машинасозлигида суюқлик ва ҳаводан кенг фойдаланилмоқда. Бунинг боиси нагрузка ўзгарувчан бўлганда, яъни динамик куч таъсирида машинанинг хавфсиз ишлашини таъмин-

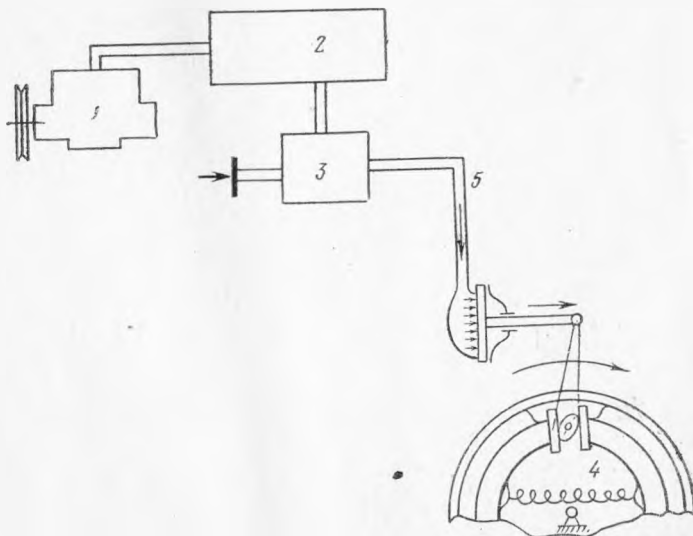


1. 16- шакл.

лашдир. Механизмларда суюқлик ёки ҳаво (газ)дан фойдаланишига қараб, *гидравлик ёки пневматик механизмлар* деб аталади.

Гидравлик ёки пневматик механизмлар автомат ёки ярим автоматларда асосан транспорт вазифасини ўтайди. Масалан: ярим автоматлар айланиш столини керакли бурчакка буриб, аниқ тўхташи технологик процесснинг сифатли бажарилишини таъминлайди. Автомобиль соҳасида гидравлик тормозлаш (1. 4-, 1. 16-шакл) ёки гидравлик ажратиш механизмларини ва пневматик тормозлаш (1. 17-шакл) механизмини кўрсатиш мумкин.

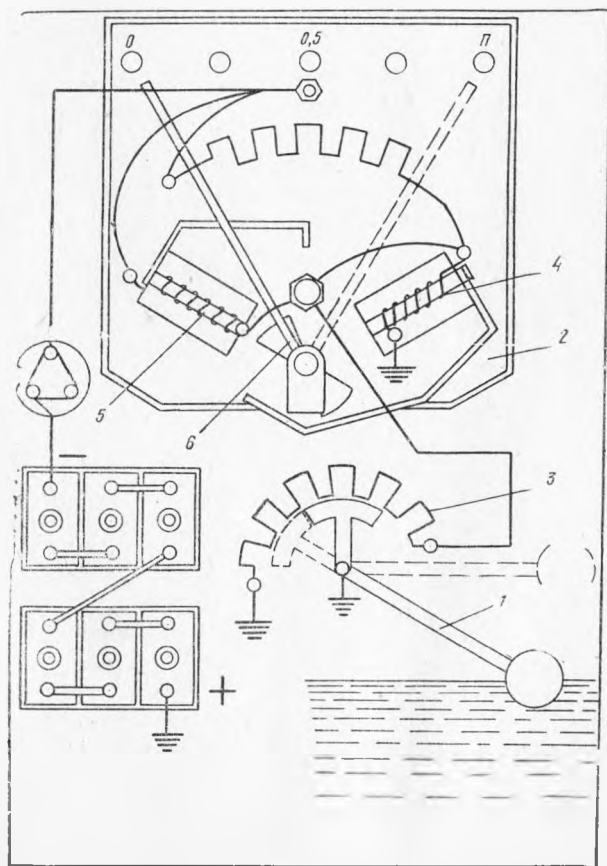
Гидравлик тормозлаш механизми 1. 16-шакл бош цилиндр 1, трубопровод 2, тормоз цилиндри 3, поршень 4, шток 5, тормоз



1. 17-шакл.

педали 6, суюқликни ҳайдовчи клапан 7, пружина 9, тормоз цилиндри поршенлари 10, 11, колодка 14, барабан 15, бош цилиндр резервуари 8 ва колодкалар пружинаси 16 дан иборат бўлиб, тормоз педали босилганда бош цилиндрнинг поршени тормоз суюқлигини клапан орқали филдиракларнинг тормоз цилиндри 13 га ҳайдайди. Суюқлик таъсирида поршенлар 10 ва 11 биридан узоқлашиб, тормоз колодкаларини тормоз барабанига сиқайди. Тормозланиш тугагач педаль бўшатилади, бунда суюқлик қайтаргич пружина 9 ва клапан 12 орқали бош цилиндрга қайтади. Тормоз цилиндрларининг поршенлари билан колодкалари тортувчи пружина 16 таъсирида ўзининг аввалги ҳолатига қайтади.

Пневматик тормози узатмаси (I. 17- шакл) компрессор 1 дан, ҳаво баллони 2 дан, тормоз крани 3 дан ва трубопроводлар 5



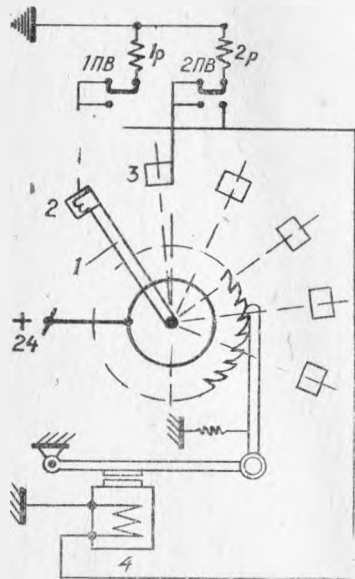
I. 18- шакл.

ёрдамида туташтирилган тормоз камералари 4 дан иборат. Компрессор ҳавони сиқиб, автомобилнинг тормоз системасига беради. Тормоз камералари колодкаларнинг керувчи мосламаларини (I. 17-шакл) ҳаракатга келтириш учун хизмат қилади.

Пахта териш машинасида гидравлик механизм пахта териш аппаратини, бункерни қаттиқ тебранишдан сақлайди.

## I. 7-§. Электр жихозли механизмлар

Ҳозирги замон техникасида юқорида келтирилган механизмлар билан бир қаторда ҳаракатни бир объектдан иккинчи объектга олдиндан белгиланган аниқ программага асосан узатишда электр жихозли механизмлари кенг қўлланилмоқда. I. 18-шаклда автомашинна бензин бакидаги ёнилғи сатҳини кўрсатиб турадиган асбоб келтирилган, у ричагли қалқовуч 1 ва кўрсаткич стрелка — ричаг 6 дан иборат. Электр жихозда реостат 3 ва электромагнитлар 4 ва 5 бор, қалқовуч оғиб ёнилғи сатҳининг баланд ёки пастлигини (миқдорини) электр занжиридаги кучланишга боғлиқ равишда экран 2 да кўрсатади. I. 19-шаклда ярим автомат токарлик-револьвер станогининг программага асосан ишлаши учун мўлжалланган қадамли команда тақсимлагичнинг принципаал схемаси келтирилган. Бу механизмнинг ишлаш принципи қадамли қидиргичнинг тегишли релеларини ва



I. 19-шакл.

улар орқали станокнинг керакли иш органлари (электромагнитавий муфтлар, электр жихозлар)ни ишга туширишдан иборат. 24 вольт кучланиш контакт чўткаси 1 ва мослама 2 орқали йўл переключатели 1 ПВ нинг нормал ажралган контактлари орқали реле 1 Р чулғамига берилади. Сўнгра кучланиш электромагнит 4 нинг чулғамига берилади, қадамли команда тақсимлагич тишлашиш механизми орқали соат стрелкаси айланиш томонга айланиб, чўтка 1 вазият 2 дан вазият 3 га ўтади. Шу тариқа контакт чўткаси қадамба-қадам переключателарни улайди ва программада олдиндан мўлжалланган ишлар бажарилади. Электр жихоз

ҳозли механизмлар автомат ва ярим автоматларда, контрол ас-  
бобларда ва саноатимизнинг бошқа тармоқларида уч-  
райди.

### I бобни такрорлаш учун саволлар

1. Механизмлар қандай турларга бўлинади?
2. Қандай механизм ричагли механизм дейилади?
3. Қандай механизм кулачокли механизм дейилади?
4. Қандай механизм шестерняли механизм дейилади?
5. Қандай механизм винтавий механизм дейилади?
6. Қандай механизм фриクション механизм дейилади?
7. Қандай механизм эгиловчан звеноли механизм дейилади?
8. Занжирли механизми механизмларнинг қайси турига мансуб?
9. Қандай механизм пневматик механизм дейилади?
10. Электрик механизмлар ишлаш принципи жиҳатидан механикавий ме-  
ханизмлардан нима билан фарқ қилади?

## И Б О Б

### МЕХАНИЗМЛАРНИНГ ТУЗИЛИШИ

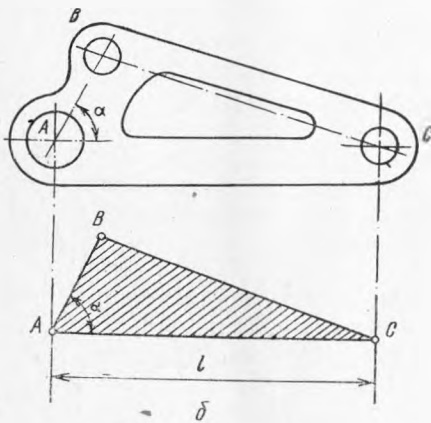
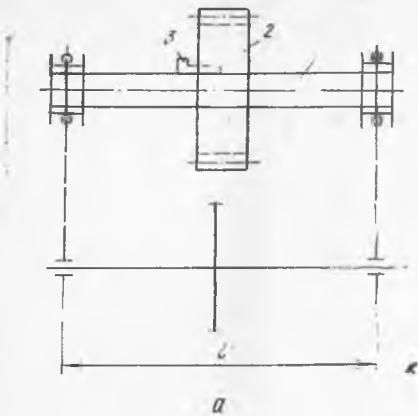
#### II. 1-§. Механизмларнинг элементларни — деталь, звено, кинематикавий жуфтлар ва уларнинг шартли белгиланиши

Машина ва механизмлар айрим элементлардан ташкил топ-  
ган бўлиб, бу қисмлар *деталь* деб аталади. Масалан, болт, гай-  
ка, винт, тишли ғилдирак, шкив, вал, поршень, клапан ва бош-  
қалар.

Битта деталь ёки бир нечта деталнинг мустақкам (бир бутун)  
бирикмаси машина ва механизмлар назарияси фанида *звено*  
деб аталади. Масалан, ўқ билан бирга айланадиган тишли ғил-  
дирак ёки шкиф бирикмасини олайлик (II. 1-шакл, а). У вал 1,  
шпонка 3 ва тишли ғилдирак 2 дан иборат қўзғалувчан бир бу-  
тун звенони ташкил қилади. Ёки II. 1-шакл, б да кўрсатилган  
шатуннинг кўринишини олайлик.

Юқорида келтирилган мисолларнинг бирида битта звено учта  
деталдан (II. 1-шакл, а) ташкил топган бўлса, иккинчисидан (II.  
1-шакл, б) битта деталдан ташкил топганлигини кўрамиз. Бун-  
дан хулоса қилиб, деталь звенонинг хусусий ҳоли деб айтилса  
бўлади.

Звено қандай мураккаб шаклга эга бўлишидан, таркибидаги  
деталларнинг сонидан қатъи назар машина ва механизмлар на-  
зарияси фанида улар оддий бир схематик шаклга келтириб оли-  
нади. Ана шу оддий схематик шакл звенонинг *шартли белгиси*  
деб аталади. Шартли белгилар звенонинг вазияти ва ўлчамла-  
рини бузмайдиган қилиб қабул қилинади.



II

Машина қисмларида қўзғалмас (корпус, стойка) ва қўзғалувчан ҳаракат қиладиган звенолар бўлади. Қўзғалмас деталларнинг ҳаммаси бир бутун деб қаралиб, қўзғалмас звено дейилади. Битта ёки бир бутун бўлиб ҳаракат қиладиган деталлар қўзғалувчан звено дейилади.

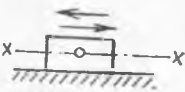
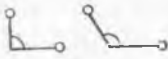



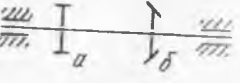

Машинанинг ҳаракати унинг механизмлари звеноларининг бир-бирига нисбатан ҳаракатига асосланади. Масалан, автомобилнинг юриши ички ёнув двигатели поршенининг цилиндр юқори қисмидан газ босимини қабул қилиб пастга сурилишидан, яъни цилиндр деворига нисбатан ҳаракатга келишидан бошланади. Икки звенонинг бири иккинчисига нисбатан ҳаракат қиладиган бирикмаси кинематикавий жуфт дейилади. Кинематикавий жуфтни шартли белгиси II. 1-жадвалда келтирилган.









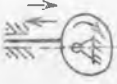
II. 1-жадвал

Механизм ва звеноларнинг шартли белгилари

Тартиб №	Номлари	Шартли белгилар	Ҳаракат тури
1	2	3	4
1.	Қўзғалмас звено		Ҳаракатланмайди
2.	Валларнинг подшипникда айланиши		



1	2	3	4
3.	Ползуннинг қўзғалмас йўналтирувчи ( $X-X$ ) да тўғри чизигий ҳаракати		Илгариланма-қайтар
4.	Икки звенонинг қўзғалмас бирикиши		
5.	Икки звенонинг V кл. айланма кинематикавий жуфт орқали бирикиши (эркин элементли группа)		
6.	Икки звенонинг шаравий шарнир A орқали бирикиши		
7.	Кривошипнинг қўзғалмас звено билан V кл. айланма кинематикавий жуфт орқали бирикиши		Тўла айланма
8.	Тирсакли валнинг шатун билан бирикиши		Айланма
9.	Шатун билан ползуннинг V кл. айланма жуфт орқали бирикиши		Илгариланма-қайтар ва айланма
10.	Цилиндрик (а) ва конусавий (б) шестернялар		Айланма.
11.	Тасмали узатма		Айланма

1	2	3	4
12.	Фрикцион узатма		Айланма
13.	Занжирли узатма		Айланма
14.	Рейкали механизм		Илгариллама-қайтар
15.	Кулачок		Айланма
16.	Коромисло		Тебранма
17.	Кулиса		Тебранма пол-зупга йуналтирувчи
18.	Кулиса		Илгариллама-қайтар йуналтирувчи
19.	Кулачокли механизм		Айланма-тебранма
20.	Дезаксиал кулачокли механизм		Айланма, илгариллама-қайтар

1	2	3	4
21.	Кривошип ползушли механизм		Айланма, илгарилама-қайтар
22.	Базис звено—шатун		Айланма илгарилама (мурак-каб)
23.	Кулисали механизм		Айланма, тебранма, сирпанма
24.	4 звеноли шарнир-ричлагли механизм		Айланма, тебранма
25.	Гидравлик ва пневматик механизм		Илгарилама-қайтар

## II. 2-§. Кинематикавий жуфтлар классификацияси

Кинематикавий жуфтлар звеноларнинг боғланиш ва боғланишнинг бир-бирига тегиб ҳаракатланиш характериға қараб икки хил классификацияланади (II. 2-шакл).

Назарий механика курсидан маълумки, фазодаги қаттиқ жисм 6 та эркинлик даражаси (6 та йўналишда ҳаракатланиш имконияти)ға эга бўлиб, улардан учтаси координаталар системасининг  $X$ ,  $Y$  ва  $Z$  ўқлари бўйлаб, қолган учтаси эса шу ўқлар атрофида айланиш йўналишида бўлади. Фазодаги эркин жисмнинг эркинлигини бирин-кетин боғлаб бориш йўли билан боғланиши 5 хил бўлган 5 та кинематикавий жуфт ҳосил қилиш мумкин (II. 3-шакл). Боғланиш сонини  $S$  билан, эркинлик даражасини  $H$  билан белгиласак, уларнинг йиғиндиси фазода боғланмаган вақтдаги эркинлик сонига доим тенг бўлади.



II. 2-шакл.

$$H + S = 6. \quad (1)$$

Бундан боғланган жисмнинг эркинлик даражаси

$$H = 6 - S. \quad (2)$$

(2) формуладан кўринадики, боғланиш сони  $S = 1-5$  бўлиши мумкин. Агар  $S = 6$  бўлса, яъни 6 томонлама боғланган бўлса, бундай кинематикавий жуфт қўзғалмас звенога айланади. Агар боғланиш сони  $S = 0$  бўлса, яъни ҳеч қандай боғланишга эга бўлмаса, кинематикавий жуфт ташкил қилмайди. Жуфтнинг боғланиш сони кинематикавий жуфтнинг классини кўрсатади ( $S = P$ ).

$$S = 6 - H. \quad (3)$$

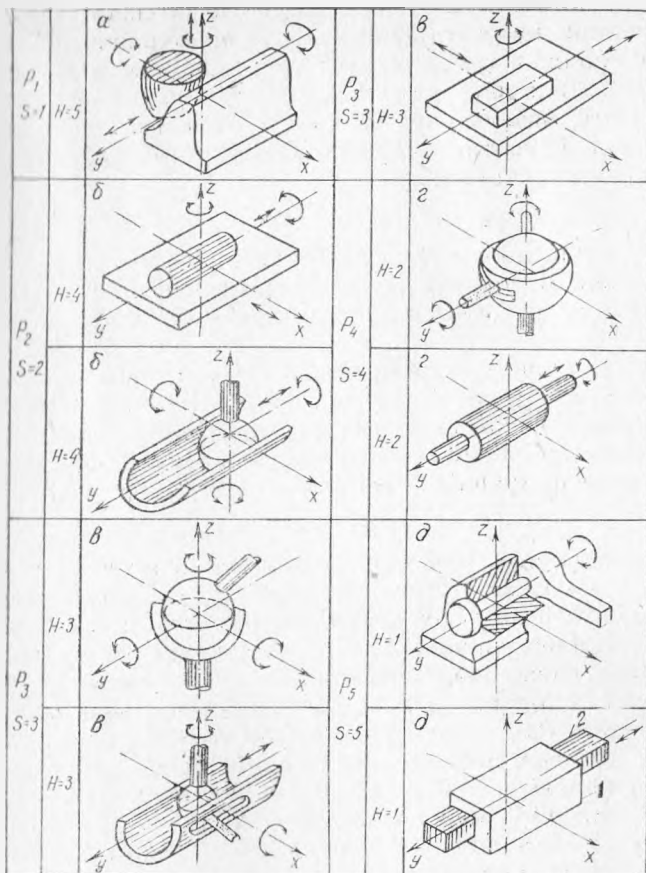
Қуйида кинематикавий жуфтларнинг классларига (3-тенглама) оид мисолларни кўрамиз.

**I класс кинематикавий жуфт.** Агар шар текислик билан кинематикавий жуфт ҳосил қилса (II. 3-шакл, а), текислик шарнинг ҳаракатини горизонтал  $X$  ўқи йўналишда чегаралайди. Эркинлик даражаси шаклда стрелкалар билан кўрсатилган,  $H = 5$ . Бунда (3) тенгламага биноан боғланиш сони

$$S = 6 - H = 6 - 5 = 1.$$

Демак, жуфт **I класс кинематикавий жуфт** экан. Кинематикавий жуфтнинг классини  $P$  ҳарфи билан белгиланади ва унинг индексига класс номери қўйилади, масалан, I класс кинематикавий жуфт —  $P_1$ .

**II класс кинематикавий жуфт.** Агар цилиндр текислик билан кинематикавий жуфт ҳосил қилса (II. 3-шакл, б), цилиндрнинг ҳаракати маълум даражада чекланган бўлади. Шаклдан кўринадики, цилиндр  $X$  ўқи атропоида айлана олмайди ва текислик



II. 3-шакл.

унинг  $Z$  ўқи бўйлаб вертикал йўналишда ҳаракатланишига қаршиллик кўрсатади. Демак, цилиндр эркинлик даражаси  $H=4$  боғланиш сони  $S=6-4=2$  бўлган. II класс кинематикавий жуфт  $P_2$  экап.

**III класс кинематикавий жуфт.** Агар шар сферик қобиқ ичига солинса (II. 3-шакл,  $\theta$ ), шарнинг ҳаракати  $X$ ,  $Y$  ва  $Z$  ўқлар бўйлаб чегараланган бўлади, бинобарин, у шу ўқлар бўйлаб қўзғала олмайди. Шарнинг айланиш эркинлиги эса чегараланмайди. Кинематикавий жуфт таркибига кирган шарнинг эркинлик даражаси  $H=3$  бўлиб, боғланиш сони ҳам  $S=3$ . Демак, у III класс кинематикавий жуфт  $P_3$ .

**IV класс кинематикавий жуфт.** Цилиндр ичига цилиндр жойлашган бўлсин. Буанда ички цилиндрининг диаметри ташқи цилиндрининг ички диаметрига тенг бўлиб,  $Y$  ўқи атрофида сирпа-

ниш ва айланиш имкониятига эга бўлади (II. 3-шакл, *г*). Демак, кинематикавий жуфт таркибидаги звено биринчи ёки иккинчи звено бўлишидан қатъи назар, 2 та эркинлик даражасига эга бўлади. Эркинлик даражаси 2 га тенг бўлган кинематикавий жуфт звеносининг нисбий ҳаракатига қўйилган боғланишлар сони 4 га тенг бўлиб, *IV* класс кинематикавий жуфт  $P_4$  деб классификацияланади.

$$S=6 - H=6 - 2=4.$$

**V класс кинематикавий жуфт.** Юқоридаги мисолда кўрилган (II. 3-шакл, *г*) кинематикавий жуфт битта звеносининг *У* ўқи бўйлаб сирпанишига чек қўйилса, яъни звено каллакли қилиб ясалса.

(II. 3-шакл, *д*) унинг ҳаракати фақат *У* ўқи атрофида айлаанишдан иборат бўлиб қолади. Бундай кинематикавий жуфтда звенолар бир-бирига нисбатан битта эркинлик даражасига эга бўлади. Кинематикавий жуфт звеноларининг нисбий ҳаракатига қўйилган боғланишлар қуйидагича топилади:

$$S=6 - H=6 - 1=5.$$

Бундай кинематикавий жуфтлар техникада кенг тарқалган бирикма бўлиб, *V* класс кинематикавий жуфт  $P_5$  деб номланади.

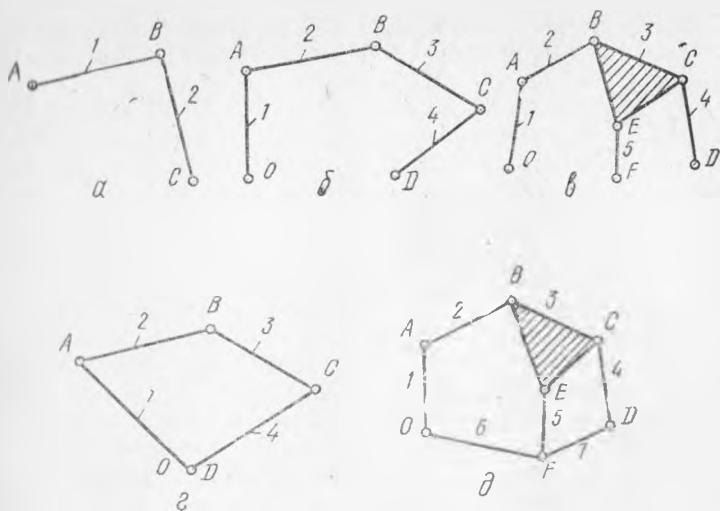
Кинематикавий жуфтлар звеноларининг бир-бирига тегиб ҳаракатланиш характерига қараб, 2 хил эркинлик даражага эга бўлади. Агар икки звено бир-бирига нисбатан боғланиб, ҳаракатланиш даврида юзалари билан ёки текислик билан жуфт ҳосил қилиб бирикса, *қуйи класс кинематикавий жуфт* ҳосил қилади. Қуйи класс кинематикавий жуфт таркибидаги 1 та звено айланиш ёки сирпаниш (II. 3-шакл, *д*) эркинлик даражасига эга бўлади. Шунинг учун бундай жуфт *V* класс кинематикавий жуфт  $P_5$  деб ҳам аталади. II. 3-шакл, *д* да звено 2 ползун остки юзаси билан йўналтирувчи звено 1 нинг ички юзасига тегиб *У* ўқи бўйлаб сирпанади.

Икки звено бир-бири билан нуқта ёки чизиқ бўйича уриниб кинематикавий жуфт ташкил қилса, *олий класс кинематикавий жуфт* дейилади. Бундай кинематикавий жуфтлар таркибидаги звенонинг бири 2 та эркинлик даражасига (2 та сирпанишга ёки сирпаниш ва айланишга) эга бўлади ва боғланиш шартига таққослаганда *IV* класс кинематикавий жуфтларга тўғри келади ( $P_4$ ). Масалан, шар устида шар, цилиндр устида цилиндр, думалаш подшипниги ва бошқалар.

## II. 3-§. Кинематикавий занжирлар, уларнинг турлари ва эркинлик даражаси

Кинематикавий жуфт ташкил қилиб бириккан қўзғалувчан звенолар группаси *кинематикавий занжир* дейилади. Бунда звенолар сони камида 2 та бўлади (II. 4-шакл).





II. 4-шакл.

II 4-шакл, *a* келтирилган кинематикавий занжир 1 ва 2 звенолардан ташкил топган бўлиб, уларнинг бири иккинчисига nisbatan ёки иккинчиси биринчисига nisbatan ҳаракат қила олади. Шарнир *B* звеноларнинг бир-бирига nisbatan ҳаракат қилиш нуқтаси ҳисобланади. Кинематикавий занжир ташкил қилиб бириктиш нуқталари, звеноларнинг бир-бирига nisbatan ҳаракат қилиш шартига ва бириктиш турига қараб, олний ҳамда қўши класс кинематикавий жуфт ҳосил қилиш мумкин. Звенолар турига ва бириктиш тартибига қараб, кинематикавий занжирлар *оддий* ва *мураккаб* бўлади.

II 4-шакл, *б*, *в* да *оддий* ва *мураккаб* кинематикавий занжирга мисол келтирилган, бунда звено 3 нинг иккита нуқтада (*B* ва *C* II 4-шакл, *б*) қўшни звено 2 ва 4 билан, иккинчи схемада эса (II 4-шакл, *в*) звено 3 нинг бир йўла уч звено 2, 4 ва 6 билан бириктиши кўрсатилган. Звено 3 *базисавий звено* дейилади. Занжир таркибига кирган звенолардан бири кўпи билан иккита қўшни звено билан кинематикавий жуфт ташкил қилиб бирикса, *оддий кинематикавий занжир* деб аталади (II 4-шакл, *б*). Агар кинематикавий занжир таркибида 3 та қўшни звено билан кинематикавий жуфт ташкил қилиб бирика оладиган звено бўлса, бундай занжир *мураккаб кинематикавий занжир* деб аталади (II 4-шакл, *в*).

Юқорида кўрилган кинематик занжирлар очиқ бўлиб, учлари туташмаган. Бундан ташқари, кинематикавий занжирлар очиқ бўлиши ҳам мумкин. Юқоридаги *оддий* ва *мураккаб* очиқ кинематикавий занжирларнинг очиқ учларини тўғридан-тўғри

жуфт ҳосил қилиб бириктириш ёки иккинчи бирор звено билан бириктириш йўли билан ёпиқ кинематикавий занжирлар (II. 4-шакл, *г*, *д*) ҳосил қилинади.

II. 4-шакл, *б* да *O* ва *D* нуқталарни туташтириш йўли билан оддий ёпиқ кинематик занжир (II. 4-шакл, *г*) ҳосил қилинган бўлса, II. 4-шакл, *д* да *O*, *F* ва *D* нуқталарни звено *б* ва *7* лар ёрдамида туташтириб, мураккаб ёпиқ кинематикавий занжир ҳосил қилинган. *F* нуқтада звено *5*, *6* ва *7* лар бир шарнирда иккита кинематикавий жуфт ҳосил қилиб бирикади.

Агар кинематикавий занжир ҳеч бўлмаганда иккита қўшни звено билан бирикиб кинематикавий жуфт ҳосил қиладиган звенолардан таркиб топган бўлса, бундай занжир *ёпиқ кинематикавий занжир* деб аталади. Ёпиқ кинематикавий занжир қўзғалувчанлик даражасига эга бўлиб, маълум иш бажаради.

Занжирнинг эркинлик даражасини *H* билан, звенолар сонини *K* билан белгиласак, звеноларнинг кинематикавий жуфтларга кирмасдан аввалги умумий эркинлик даражаси  $H=6K$  бўлади. Звеноларнинг кинематикавий жуфт ҳосил қилиб бирикишини ҳисобга олсак, занжирнинг эркинлик даражаси — *H*, звенолар сони — *K* ва кинематикавий жуфт класси — *P* билан қуйидагича боғланишда бўлади:

$$H=6K - 5P_5 - 4P_5 - 3P_3 - 2P_2 - 1P_1 \quad (4)$$

(4) формула кинематикавий занжирларнинг тузлиш назариясига асос солган рус олими П. И. Сомов-Малишев номи билан юритилади.

#### II. 4-§. Текисликда ҳаракат қилувчи механизмларнинг тузлиш формуласи, механизм таърифи

Ёпиқ кинематикавий занжир таркибидаги звенолардан бирини қўзғалмас қилиб маҳкамлаш йўли билан механизм ҳосил қилинади. Механизмлар ҳаракати уларни ҳаракатга келтирувчи ва ҳаракатни қабул қилувчи звенолар орқали аниқланади.

Механизмни ҳаракатга келтирувчи звено *етакчи*, ҳаракатни қабул қилувчи звено *етакланувчи* звено деб аталади.

Юқорида ёпиқ кинематикавий занжир таркибидаги звенолар ҳаракат функцияларига қараб номланиб чиқилди. Энди механизмлар шу номлар ёрдамида таърифланиши мумкин.

*Етакчи звено ёпиқ кинематикавий занжир таркибига кирувчи бирор қўзғалмас звенога нисбатан муайян тартибда ҳаракатланган вақтда занжирнинг етакланувчи етакланувчи звенолари ҳам маълум тартибда ҳаракат қилса, бундай кинематикавий занжир механизм деб аталади.*

Механизм таърифига кўра кинематикавий занжир механизм бўлиши учун унинг таркибидаги звенолардан бири қўзғалмас бўлиши, яъни *б* томонлама боғланган бўлиши зарур. Демак,

занжирининг бир звеноси қўзғалмас бўлади ва (4) формула қў-  
 пидаги кўришни олади:

$$W = H - 6 = 6(K - 1) - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - 1P_1 \quad \bullet$$

ёки

$$W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - 1P_1 \quad (5)$$

бу ерда  $W = H - 6$  — битта звеноси қўзғалмас бўлган кине-  
 матикавий занжир (механизм)нинг қўзғалувчанлик даражаси;  
 $n = K - 1$  — қўзғалувчан звенолар сони.

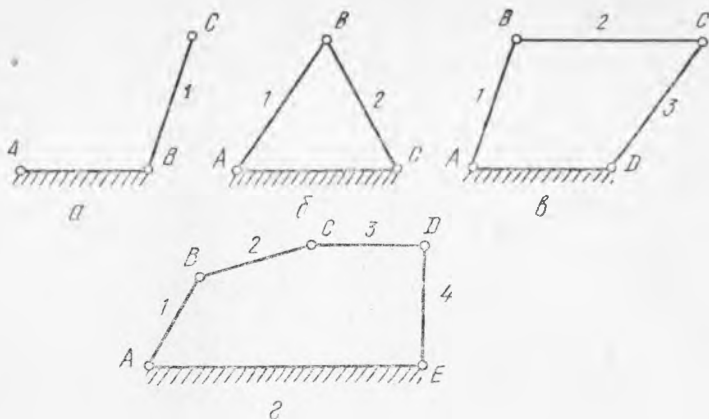
Механизмлар: фазода ҳаракат қилувчи — *фазовий меха-*  
*низм* ва текисликда ҳаракат қилувчи — *текис механизмларга*  
 бўлинади. Механизм таркибидаги звенолар бирор текисликда  
 ёки параллел текисликларда ҳаракатланса, бундай механизм-  
 лар *текис механизмлар* деб аталади. Фазовий механизм тар-  
 кибидаги звенолар ҳар хил текисликларда ҳаракатланади.

Текис механизмлар техникада кенг тарқалган. Шу меха-  
 низмларнинг кинематикаси ва динамикаси билан танишиб чи-  
 қилади. Текис механизм таркибидаги звенолар механизм таш-  
 қил қилмасдан олдин унинг эркинлик даражаси 3 тадан бўлиб,  
 механизм ташқил қилиши натижасида 1 ва 2 томонлама бог-  
 ланишида бўлади. Бундай механизмларнинг қўзғалувчанлик да-  
 ражаси қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$W = 3n - 2P_5 - 1P_4, \quad (6)$$

бу ерда  $W$  — текис механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси,  
 $n$  — текис механизм таркибидаги қўзғалувчан звенолар сони,  
 $P_5$  — V класс кинематикавий жуфтлар сони (текисликда II  
 класс),  $P_4$  — IV класс кинематикавий жуфтлар сони (текислик-  
 да I класс). (6) формулани биринчи бўлиб акад. П. Л. Чеби-  
 шев ишлаган, шунинг учун унинг номи билан юритилади.  
 Чебишев формуласи ёрдамида ҳар қандай механикавий систе-  
 манинг механизм ёки механизм эмаслиги аниқланади. Меха-  
 низмнинг қўзғалувчан звенолари ва кинематикавий жуфтлари  
 сони ҳамда жуфтларининг классини аниқлаб, (6) формулага  
 қўйилса, механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси, яъни шу  
 механизмнинг маълум қонун асосида ҳаракатланиши учун зар-  
 рур етакчи звенолар сони топилади. Механикавий системанинг  
 қўзғалувчанлик даражаси полга тенг бўлса, системанинг би-  
 рорта звеноси ҳам ҳаракат қила олмайди ва бундай система  
*форма* дейилади (II. 5-шакл, б). II. 5-шакл, а, б, в, г нинг  
 А, В, С, D, E нуқталарида звено 1, 2, 3, 4 лар V класс кинемати-  
 кавий жуфтлар ёрдамида бирикиб, IV класс кинематикавий  
 жуфтлар сони полга тенг. Звенолар сони мос равишда 3, 4, 5 та  
 бўлиб, қўзғалувчан звенолар сони эса битта кам.

Чебишев формуласига биноан механикавий системанинг қўз-  
 ғалувчанлик даражаси:



II. 5-шакл.

$$W = 3n - 2P_5 - 1P_4 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0 \quad (\text{II. 5-шакл, б})$$

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1 \quad (\text{II. 5-шакл, в})$$

$$W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 5 = 2 \quad (\text{II. 5-шакл, а})$$

II. 5-шакл, в даги система учун қўзғалувчанлик даражаси бир экан. Демак, битта звено ҳаракатга келтирилса, қолган звенолар муайян тартибда ишлай олади. II. 5-шакл, а даги система ҳаракатга келтириш учун эса иккита звенога ҳаракат бериш талаб этилади, яъни у иккита етакчи звеноли механизм.

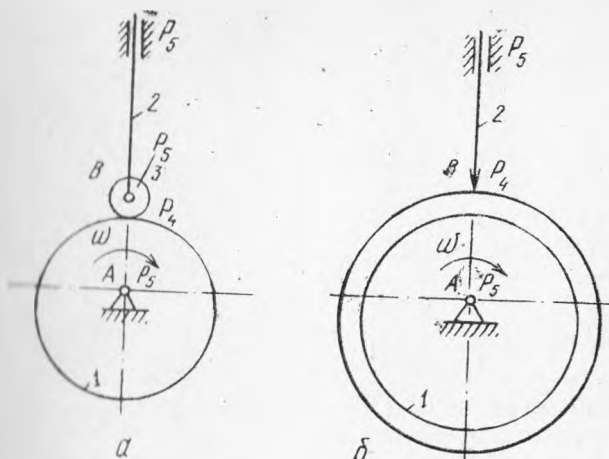
Механизм звеноларини маълум қонуният билан ҳаракатга келтирувчи етакчи звеноларнинг талаб этилган сони механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси дейилади.

### II. 5-§. Қўзғалувчанлик даражаси ортиқча механизмлар

II. 6-шакл, а да берилган кулачокли механизмнинг қўзғалувчанлик даражасини ҳисобласак ( $n=3$ ,  $P_5=2$ ,  $P_4=1$ ).

$$W = 3n - 2P_5 - 1P_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 1 \cdot 1 = 2$$

Берилган механизм учун 2 та етакчи звено талаб этилиши келиб чиқади, яъни звено 1 ва 3 орқали бутун механизмни ҳаракатлантириш мумкин. Бунда звено 3 ролик бўлиб, унинг ҳаракати қолган звеноларнинг кинематикасига таъсир қилмайди. Системага боғлиқ бўлмаган звенони ўз ичига олган механизм қўзғалувчанлик даражаси ортиқча механизм дейилади. Ролик олиб ташланган ҳолда, агар кулачок профили ролик радиусига қадар катталаштирилса, қолган звеноларнинг ҳаракат даражаси ўзгармайди (II. 6-шакл). Бунда  $n=2$ ;  $P_5=2$ ;  $P_4=1$  га, қўзғалувчанлик даражаси  $W=1$  га тенг, яъни:



II. 6-шакл.

$$W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 \cdot 1 = 1$$

Демак, роликли (2 та звенодан иборат) турткич битта ўткир учли звено 2 га алмаштирилди.

### II. 6-§. Пассив звеноли механизмлар

Паравоз жуфт звеноли механизмнинг қўзғалувчанлик даражасини ҳисоблайлик (II. 7-шакл). Берилган механизмнинг тоқоналари параллел ва тенг, яъни:  $AB \neq CD$ ;  $AE \neq FD$ ;  $AD = AB = EF$ , буида

$$n = 4, P_5 = 6, P_4 = 0$$

$$W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 6 = 0,$$

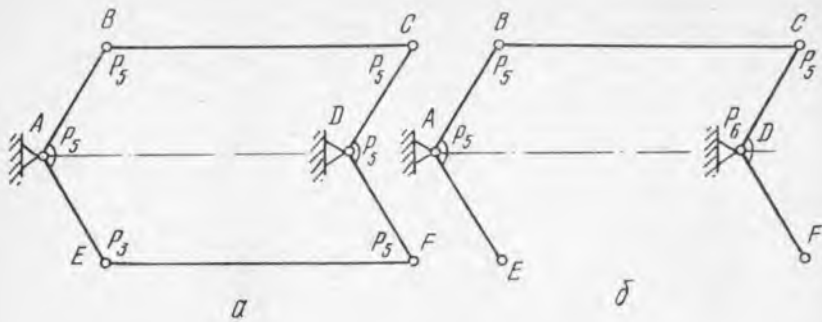
яъни бу схема қўзғалувчанлик даражаси нолга тенг бўлган фермидир.

Схемадан  $EF$  звено олиб ташланса, қолган звеноларнинг аноматикаси ўзгармайди ва қўзғалувчанлик даражаси  $W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$  бўлади. Бундай механизмлар *пассив звеноли* ( $EF$ ) механизмлар дейилади. Бу хилдаги механизмлар айрим звеноларнинг мустақкамлигини ошириш мақсадида ишлатилади.

### II. 7-§. Механизм тузувчи группалар. Асосий группаси

Ҳар қандай механизмда битта ёки бир нечта етакчи звено бўлади. Етакчи звенонинг стойкага нисбатан эркинлик даражаси бирга тенг ( $W = 1$ ).

Шу сабабдан механизм ҳосил қилишда етакчи звено ва стойкага ҳаракат даражаси нолга тенг бўлган занжир уланади (қўшилди). Эркин элементларни стойкага бириктирганда



II. 7-шакл.

қўзғалувчанлик даражаси ноль ( $W=0$ ) бўлган кинематикавий занжир *механизм тузилиш группаси* деб аталади.

Тузилиш группасининг звено ва кинематикавий жуфтлари куйидагича боғланишда бўлиши керак:

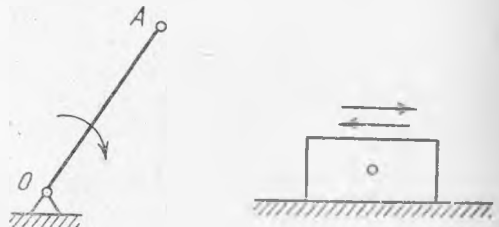
$$W = 3n - 2P_5 = 0,$$

бундан

$$P_5 = \frac{3}{2}n. \quad (7)$$

(7) формулага биноан, группадаги звенолар сони жуфт сонлардан, яъни  $n=2, 4, 6, 8, \dots$ , V класс кинематикавий жуфтлар сони эса тегишлича  $P_5=3, 6, 9, 12, \dots$  (бутун сон)лардан иборат бўлади. (7) формулага мувофиқ боғланишдаги тузилиш группасининг звеноларини етакчи звенога ва стойкага бириктириш йўли билан механизмлар ҳосил қилинади. Механизмларни тузилиш группаларига биринчи бўлиб рус олими Л. В. Ассур группалаган. Шунинг учун группалаш унинг номи билан юритилади. Унинг таърифига кўра етакчи звено билан стойканинг бириктириш I класс 1-тартибли механизмдир (II. 8-шакл). Бундан ташқари, тузилиш группаси бир неча класс ва тартибларга бўлинади.

Группа классни занжир ташкил қиладиган схеманинг энг катта классига кўра аниқланади. Схеманинг классни эса схемага кирувчи кинематикавий жуфтларнинг сони билан белгиланади. Эркин кинематикавий жуфтлар сони (II. 9-шакл) группа тартибини кўрсатади. Ҳар қандай текис механизм битта ёки бир нечта етакчи звенодан ва битта ёки бир нечта тузилиш груп



II. 8-шакл.





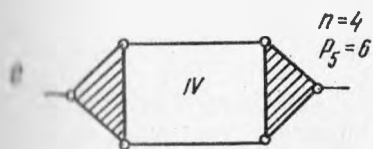
II класс (а) ва III класс (б) схемаси



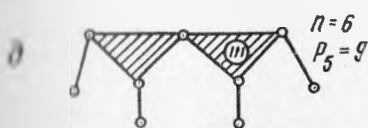
II класс 2-тартибли тузилиш группаси. А ва С нүкталар - эркин кинематикавий жуфтлар



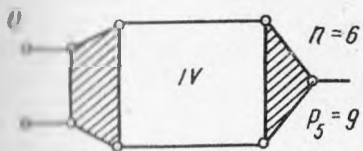
III класс 3-тартибли тузилиш группаси



IV класс 2-тартибли тузилиш группаси



III класс 4-тартибли тузилиш группаси



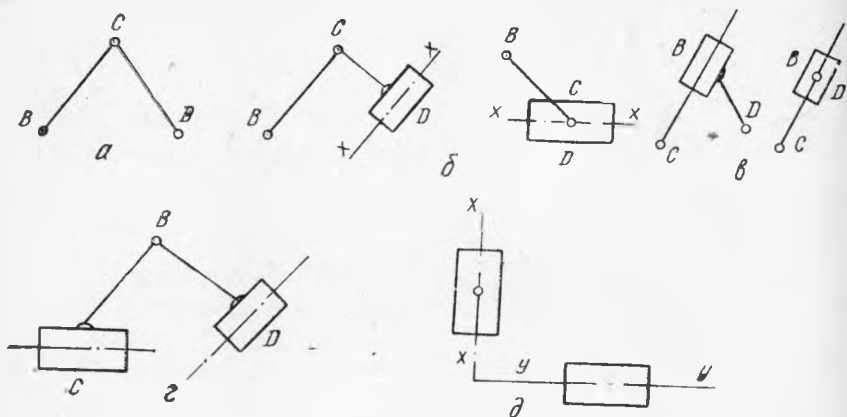
IV класс 3-тартибли тузилиш группаси

II. 9-шакл.

ниси (масалан, II. 9-шакл, б) дан ташкил топиши мумкин. Механизм классни эса механизм таркибига кирувчи энг юқори группа классни билан белгиланади.

### II. 8-§. Қўйи кинематикавий жуфтли II класс 2-тартибли группанинг модификацияси

II класс 2-тартибли группа икки звенодан ва учта айланиш ҳамда сирпаниш кинематикавий жуфтларидан иборат бўлади. Кинематикавий жуфтларнинг биттаси ички, иккитаси эса ташқи бўлиб, сирпапма ёки айланма бўлиши мумкин. Кинематикавий жуфтларнинг сирпанма ёки айланма группа таркибига ки-



II. 10-шакл.

риш тартибига қараб, группанинг тури ўзгаради. Группа тартибӣ, илгариланма ва айланма жуфтларининг ўзгариши *модификация* дейилади.

Группа таркибида иккита звено — иккита айланма ва 1 та илгариланма жуфт ҳосил қилса, бундай группа *II класс 2-тартибли группа* дейилади.

II. 10-шаклда II класс, 2-тартибли Ассур группасининг модификацияси берилган:

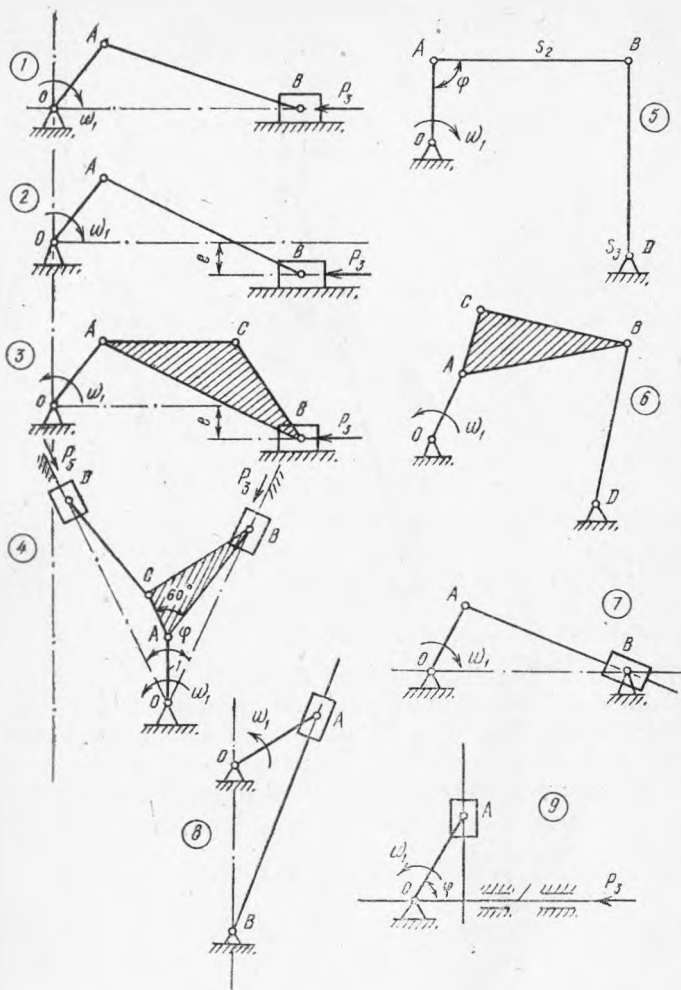
- а) II класс 2-тартибли группа, 1-модификацияси;
- б) II класс 2-тартибли группа, 2-модификацияси;
- в) II класс 2-тартибли группа, 3-модификацияси;
- г) II класс 2-тартибли группа, 4-модификацияси;
- д) II класс 2-тартибли группа, 5-модификацияси.

Бу группаларни асосий механизмга қўшиш йўли билан V класс айланма, II класс сирпанма жуфтли механизмлари ҳосил қилинади.

II. 11-шаклда шу группалар қатнашган механизмлар келтирилган. Таркибига II класс 2-тартибли группалар кирган механизмлар *II класс механизмлари* деб аталади. Бундай механизмлар I класс (ёки бошланғич) механизмларга, II класс, 2-тартибли Ассур группасини қўшиш йўли билан ҳосил қилинади.

**III класс 3-тартибли группа** 4 та звено ва 6 та кинематикавий жуфтидан иборат. Унга қуйидаги механизмлар мисол бўлиши мумкин (II. 12-шакл).

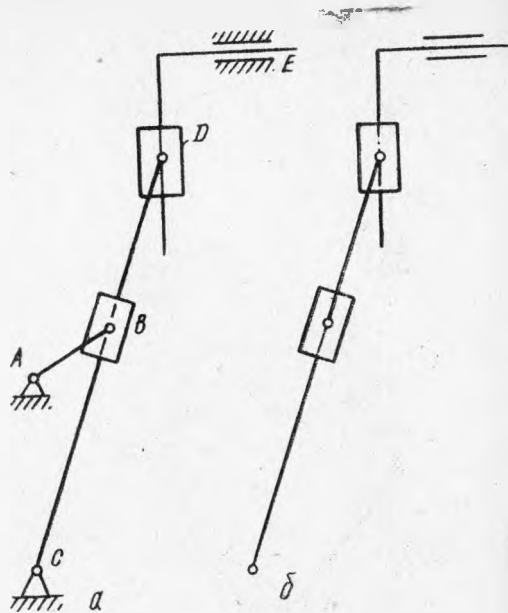
Таркибида III класс 3-тартибли группалар бўлган механизмлар *III класс механизмлари* деб аталади. II ва III класс механизмлари техникада кенг ёйилган механизмлардан бўлиб, қуйида шу механизмларнинг кинематикаси билан танишамиз.



II. 11-шакл.

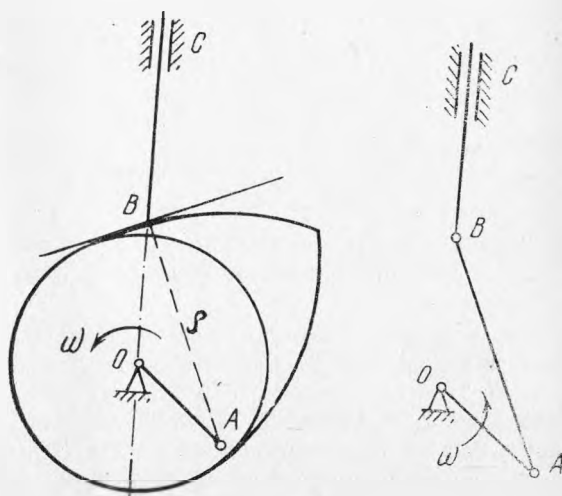
### II. 9 §. Текис механизмлардаги олий кинематикавий жуфтни қуйи кинематикавий жуфт билан алмаштириш

Ҳар қандай механизм таркибидagi исталган олий жуфтни мувожаз шарт асосида қуйи (V класс) жуфт билан алмаштириш мумкин. Алмаштирилган бундай кинематикавий занжирлар кинематикавий эквивалент системалар деб аталади. Жуфтларнинг алмаштирилишида, биринчидан, иккала жуфт звеноларнинг шубҳий ҳаракатига қўйилган боғланиш (чек) шарт



II. 12-шакл.

ларининг сони бир-бирига тенг булиши ва иккинчидан, текширилаётган звено оний нисбий ҳаракатининг характери сақланиши шарт. Ҳар бир IV класс кинематикавий жуфт звеноларига қўйилган боғланиш шартларининг сони 1 га, алмашинувчи V класс жуфтники эса 2 га тенг. V класс жуфтлари-



II. 13-шакл.

дан тузилган алмашинувчи механизм звеноларининг сони ( $n$ ) билан V класс кинематикавий жуфтлар сони  $P_5$  орасидаги боғланиш қуйидагича бўлади:

$$3n - 2P_5 = 1$$

инини боғланиш шартлари сони қўзғалувчанлик даражаси сонидан битта кўп бўлиши керак. У ҳолда

$$P_5 = \frac{3n+1}{2} \quad (8)$$

бўлади. (8) формуладан кўришиб турибдики, жуфтлар сони бутун сон бўлиши учун алмашинувчи звеноларнинг энг кичик сони бирга тенг бўлиши керак. Демак, ҳар бир IV класс олий жуфт икки еридан V класс кинематикавий жуфтлари ҳосил қилинган битта звено билан алмаштирилиши мумкин экан.

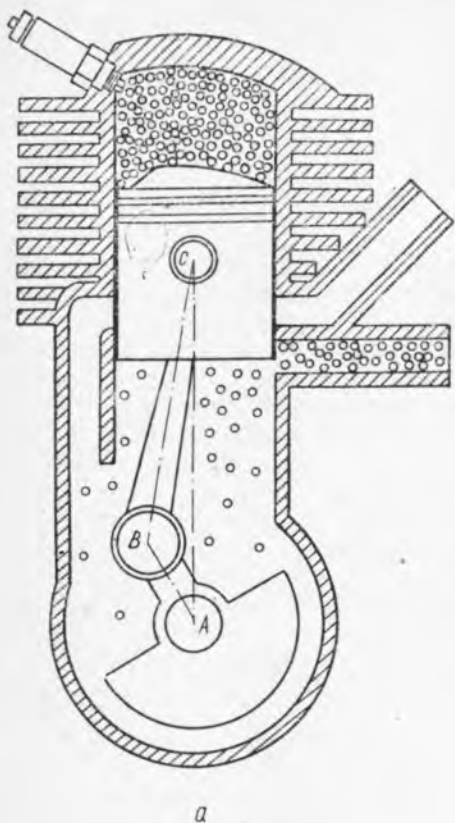
Масалан, турткичи илгарилама ҳаракат қилувчи кулачокли механизм (II. 13-шакл) кулачоғининг профили билан турткичининг учи IV класс олий кинематик жуфт ( $B$  нуқтада) ҳосил қилади. Бу жуфтнинг ўрнига V класс жуфти қўйиладиган бўлса, уни 2 та V класс жуфти ҳосил қиладиган бир звено билан алмаштирлади ва кулачок элементларининг эгрилик радиуси топилди. Радиуснинг  $\rho$  бир учи жуфт элементларининг уриниб турган  $B$  нуқтасида, иккинчиси эса эгрилик радиусининг маркази  $A$  нуқтада бўлади. Демак, алмашинувчи звено  $AB$  эгрилик радиуси бўлиб, у  $A$  ва  $B$  нуқталарда турткич ва кулачок профилининг олий эгрилик маркази билан V класс кинематик жуфт ҳосил қилиши мумкин.

## II. 10-§. Механизмларнинг кинематикавий схемасини шартли белгилар асосида тузиш ва анализ қилиш

Механизмлар ҳаракатини текшириш учун звено, кинематикавий жуфт ва уларнинг бир-бири билан боғланиш турини ва ўлчамларини билиш керак. Звенолари ва кинематикавий жуфтлари шартли белгилар ёрдамида тузилган ва етакланувчи звеноларининг ҳаракат қонуни ҳамда ўлчамлари кўрсатилган схема механизмнинг кинематикавий схемаси дейилади. Кинематикавий схемада звенолар шакли соддалаштириб берилади ва ҳаракатта таъсир қилмайдиган айрим қисмлари кўрсатилмайди. Схемада кинематикавий ҳисоб учун керакли ўлчамлар: сувчилик, тишлар сони, тезлик, тезланиш (қиймати ва йўналиши) ва кинематикавий жуфтларнинг белгилари қўйилади.

Масалан, ички ёшув двигатели кривошип-ползушли механизмнинг умумий кўриниши ва кинематикавий схемаси II. 14-шакл,  $a$ ,  $b$  да келтирилган.

Двигатель поршенининг цилиндрда икки юрishi (бориб-ке-тиш) кривошипнинг тўла ва узлуксиз айланишига олиб келади.



II. 14-шакл.

**Механизмлар кинематикавий схемасини тузиш (II боб)га оид масалалар**

II. 1-масала. Олти цилиндрли ички ёнув двигатели клапани механизмининг кинематикавий схемаси тузилсин (I. 8-шакл).

II. 2-масала. Ички ёнув двигатели бензин насосининг кинематикавий схемаси тузилсин. (I. 9-шакл).

II. 3-масала. Автомобиль мой насосини юргизиш механизмининг кинематикавий схемаси тузилсин (I. 12-шакл, а).

II. 4-масала. Дифференциал механизмининг кинематикавий схемаси тузилсин (II. 15-шакл).

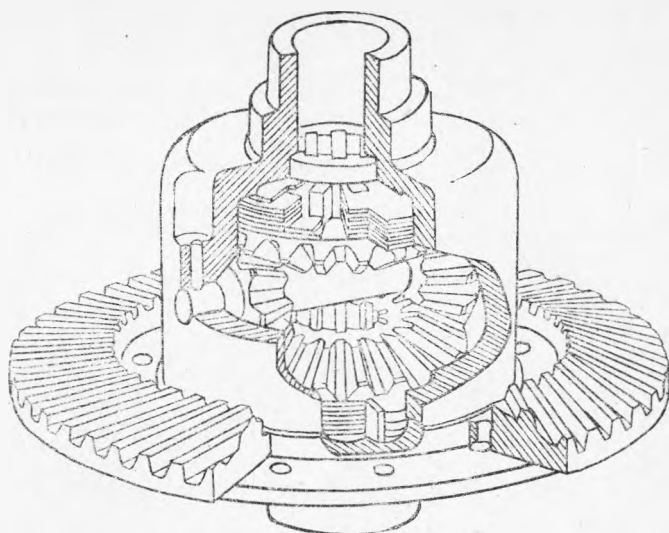
II. 5-масала. Руль узатмаси механизмининг кинематикавий схемаси тузилсин (I. 12-шакл, б).

II. 6-масала. Автомобиль тормоз механизмларининг кинематикавий схемаси қурилсин (I. 16-шакл).

II. 7-масала. Шарнирли 6 звеноли механизмининг қўзғалувчанлик даражаси ва механизм классини топиш (II. 16-шакл, а).

**Ечиш.** 1. Қўзғалувчанлик даражасини топамиз. Қўзғалувчи звенолар сони  $n=5$ .





II. 15- шакл.

V класс кинематикавий жуфтлар сони  $P_5=7$ .

IV класс кинематикавий жуфтлар сони  $P_4=0$ , бинобарин,

$$W=3n-2P_5-1P_4=3 \cdot 5-2 \cdot 7=1$$

Демак, бу механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси бирга тенг экан. Механизмнинг I звеноси кривошип бўлиб, бу етакловчи звенонинг ҳаракат қонуни ( $\omega$ ) маълум бўлса, қолган барча звенolar (2, 3, 4 ва 5) аниқ бир тартибда ҳаракат қила олади.

2. Механизм классини топамиз.

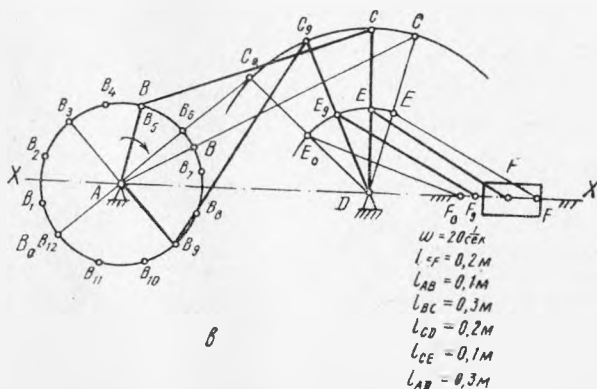
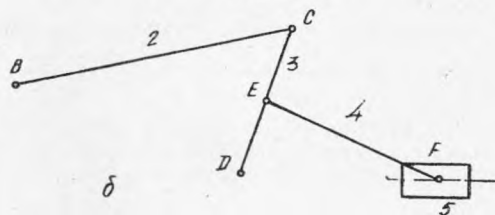
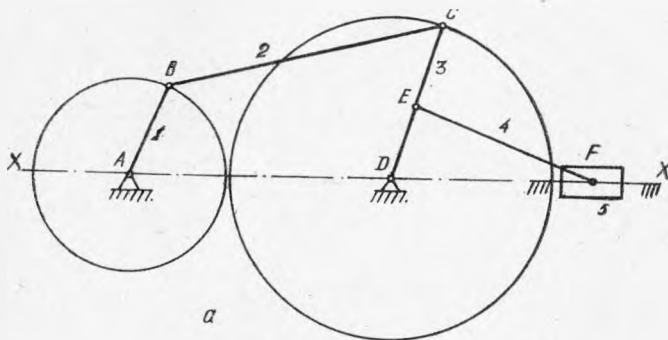
Агар механизмдан етакловчи звено АВ ни ажратиб олиб, қолган группани тузсак (II. 16- шакл, б) 4 та звено, 6 та кинематикавий жуфт ҳосил бўлганини, яъни III класс 3- тартибли тузилиш группаси (2, 3, 4, 5. Ассур группаси) эканини кўрамиз. Бу группанинг етакловчи звенога қўшилишидан III класс механизми ҳосил бўлади.

II. 8 масала. II. 11- шаклда берилган механизмларнинг қўзғалувчанлик даражаси ва механизм класси топилсин (II. 2- жадвалга қаранг).

### II бобни такрорлаш учун саволлар

1. Деталь деб нимага айтилади?
2. Звено деб қандай деталга айтилади ва у неча хил бўлади?
3. Кинематикавий жуфт деб нимага айтилади ва улар бир-биридан қандай фарқ қилади?
4. Олий ва қуйи кинематикавий жуфтлар бир-биридан қандай фарқ қилади?
5. Кинематикавий занжир деб нимага айтилади? Уларнинг қандай турлари бор?
6. Кинематикавий занжирнинг қўзғалувчанлик даражаси қандай аниқланади?

7. Механизм деб нимага айтилади?
8. Етакчи звено деб нимага айтилади?
9. Механизм тузувчи формула деб нимага айтилади?
10. Текис механизм деб нимага айтилади?
11. Текис механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси қандай топилади?
12. Қўзғалувчанлик даражаси ортиқча механизм деб қандай механизмга айтилади?
13. Пассив звеноли механизм деб қандай механизмга айтилади?
14. Механизмларни структура анализи қандай бажарилади?
15. Ассур группаси қанақа ва у қандай кўринишларда бўлади?
16. Олий кинематикавий жуфтни қуйи кинематикавий жуфтга нима мақсада алмаштирилади?
17. Механизм кинематикавий схемасининг аҳамияти?



II. 16-шакл.

Вариант	Схема	$\omega_1$ [ $\frac{1}{сек}$ ]	Ўлчамлари (мм)							Масса ва инерция моменти					Нагрузка		
			OA	AB	AC	BC	$\frac{CD}{BD}$	$\frac{OD}{OB}$	$e$ (мм)	град	$m_{ш}$ кг	$m_{ш}$ кг	$J_1$ кг·м <sup>2</sup>	$J_0$ кг·м <sup>2</sup>	$J_0$ кг·м <sup>2</sup>	$P_s$ , (Н)	$P_s$ , (Н)
1	1	20	25	100							1					1000	
2	1	30	100	400							5					500	
3	2	200	40	150							0,5		0,0018			700	
4	2	40	25	125							0,4					500	
5	3	30	25	120	60	70			5							1000	
6	3	20	20	120	70	70			5							1200	
7	4	200	60	180	60	150	180								500	500	
8	4	150	40	150	40	150	120								400	400	
9	5	20	100	400			400				4		0,08	0,1		500	
10	5	30	50	300			100						0,005			200	
11	6	20	100	200	150	100	250	200							500	500	
12	6	40	50	200	100	150	250	150							600	600	
13	7	20	100				250	173					0,002		1000	1000	
14	7	50					150	150					0,001		800	800	
15	8	20	100				200	200					0,002		500	500	
16	8	30					150	150					0,001		600	600	
17	9	20	100							45			0,003		500	500	
18	9	50	50							30			0,001		500	500	
19	9	10	100							45			0,002		1000	1000	

## ТЕКИСЛИКДА ҲАРАКАТЛАНУВЧИ МЕХАНИЗМЛАР КИНЕМАТИКАСИ

## III. 1-§. Механизмлар кинематикасининг асосий масалалари ва уларни текшириш методлари

Механизмларнинг ҳаракати унинг таркибдаги звенонинг ҳаракат қила олишига боғлиқ бўлиб, маълум тартибда иш бажаради. Механизмлар маълум кинематикавий схемалардан йиғилиб, керакли ҳаракат қонунини бажаришга мўлжаллаб қурилади, лекин бирданига аниқ ишлайдиган механизм яратиб бўлмайди. Шунинг учун ҳам инженер-конструктор олдида берилган шароитга яқинроқ келадиган механизмларнинг асосий кинематикавий характеристикасини аниқлаш вазифаси қўйилади. Механизмлар кинематикасининг асосий масаласи иш звеноларининг ҳолати, тезлиги ва тезланишини аниқлаш, баъзан оралиқ ҳамма звеноларнинг вазияти, тезлиги ва тезланишларини иш звенога нисбатан текширилади. Бунда уч хил масала ечилди:

1. Звено ҳолатларини ва нуқтасининг траекториясини топиш. 2. Звено бурчагий тезлигини ва нуқтасининг чизигий тезлигини топиш. 3. Звено бурчагий тезланишини ва нуқтасининг чизигий тезланишини топиш.

Қуйида қўзгалувчанлик даражаси бирга тенг ( $W=1$ ) бўлган қуйи кинематикавий жуфт механизмлар кинематикаси билан танишамиз. Текисликда ҳаракат қилувчи механизмлар кинематикаси тўрт хил усулда ўрганилади:

1. Графокинематикавий.
2. Графоаналитик-кинематикавий.
3. Аналитик-кинематикавий.
4. Экспериментал-кинематикавий.

**Графокинематикавий усулида** звено нуқтасининг ўтган йўлини, тезлигини ва тезланишини вақтга нисбатан ўзгариш қонунлари графикавий усулда текширилади. Бунда тезлик ва тезланиш графиклари йўл графигидан графикавий ҳосилла олиш йўли билан ясалди.

**Графоаналитик-кинематикавий усулида** механизмларнинг кинематикаси механизмнинг оний айланиш марказини топиш йўли билан ва тезлик, тезланиш планларини тузиш методи ёрдамида текширилади.

**Аналитик-кинематикавий усулида** ўтилган йўл, тезлик ва тезланишлар математик формулалар ёрдамида аниқланади. Бу усулни қўллаб кам звеноли механизмларда аниқ натижалар олиб, кўп звеноли механизмларга эса қўллаш анча мураккабдир.

**Экспериментал-кинематикавий усулида** механизм ва машина звеноларининг ҳаракати (ўтган йўли, тезлиги ва тезланиши)

махсус приборлар (датчиклар) ёрдамида графиклар кўринишида ёзиб олинади. Бу усул механизм ва машиналар характеристикасини олишда ва улар звеносининг оптимал ўлчамларини топишда катта аҳамиятга эга бўлиб, ҳақиқий тезлик ва тезланишларини кўрсатади. Экспериментал-кинематикавий усул билан механизм звеноларининг эластиклик хусусиятлари, кинематикавий жуфтлар орасидаги тирқишларнинг ҳаракатга таъсири ҳам аниқланади.

### III. 2-§. Механизмларнинг турли вазиятдаги планларини белгилаш усули билан тузиш ва уларнинг нуқта траекторияларини қуриш

Механизм таркибидаги звеноларнинг ҳолатларини ва улар нуқтаси траекториясининг топилиши учун механизмларнинг кинематикавий схемаси шартли белгилар асосида маълум масштабда чизиб олинади.

Механизмлар ҳамма вақт ҳам қоғозга айнан ҳақиқий катталигида чизилавермайди, баъзан уни катталаштириб ёки кичиклаштириб чизиб олишга тўғри келади.

Механизм ўлчамининг катталаштириб ёки кичиклаштириб олинишини кўрсатувчи сон *механизм масштаби* дейилади ва  $K_m$  ҳарфи билан белгиланади. Унинг қиймати қуйидагича топилади:

$$K_m = \frac{L_{AB}}{AB} \cdot \left[ \frac{m}{mm} \right] \quad (1)$$

бу ерда  $L_{AB}$ — маълум бир звенонинг берилган ҳақиқий узунлиги, (м) (III. 1-шакл);  $AB$ — звенонинг чизмадаги узунлиги (мм).

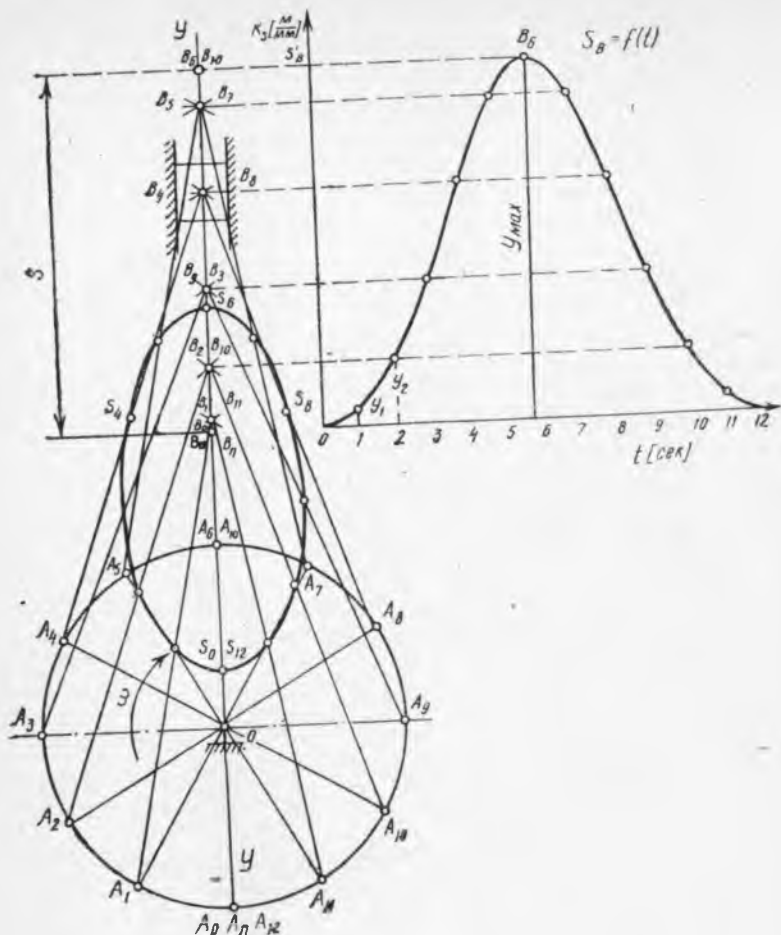
Сўнгра механизмнинг бошланғич ва охири (ноль) вазиятлари топилади. Бунга автомобиль двигателини ҳаракатга келтирувчи кривошип-ползунли механизми мисол бўла олади (III. 1-шакл). Бошланғич (ноль) вазиятда кривошипнинг  $A$  нуқтаси энг пастки нуқтаси  $A_n$  да бўлиб, бунда кривошип шатун билан устма-уст тушиб қолади ва  $B$  нуқтанинг вазияти қуйидагича топилади:

$$OB_n = AB - OA \quad (2)$$

формула билан топиладиган  $A$  ва  $B$  нуқталар вазияти *чекка бошланғич вазият ёки пастки бошланғич вазият* дейилади ( $A_n$ ,  $B_n$ ). Кривошип  $OA$  ва шатун  $AB$  лар бир тўғри чизиқ устига тушганида механизмнинг охири (ноль) вазиятига эришилади ва қуйидагича топилади.

$$OB_n = AB + OA \quad (3)$$

(2) ва (3) формулалар ёрдамида топилган  $OB_n$  ва  $OB_n$  нинг қийматларини циркуль ёрдамида, кривошип айланиш ўқи  $O$



III. 1-шакл.

дан, ползун  $B$  нуқтасининг ҳаракатланиш  $y - y$  ўқи устида ёй чизиб белгилаймиз. Механизм ҳаракатини доимий (яъни  $\omega = \text{const}$ ) ҳаракат деб олиб, шатун  $A$  нуқтасининг айланма траекториясини пастки чекка вазиятидан бошлаб (ёки юқори чекка вазиятидан) бир нечта тенг бўлақларга (8, 12, 16, 24, 36 ва ҳоказо) бўламиз.

III. 1-шаклда  $OA$  радиусли айланани  $A_{12}$  нуқтадан бошлаб 12 та тенг бўлаққа бўлдик. Бунда  $A_{12}$  ва  $A_{10}$  лар  $A_0$  ва  $A_6$  нуқталарига тўғри келади.  $B_{12}$  ва  $B_{10}$  ларни ҳам тегишлича  $B_0$  ва  $B_6$  деб белгилаб оламиз. Механизм янги вазиятини тузишга киришишда звенолар абсолют қаттиқ жисм, яъни деформацияланмайди деб қаралиб, кривошип (етакчи звено) секин-аста  $A_0$  нуқтадан бошлаб айланиш йўналиши томон ҳаракатлантирила-

ди. Агар  $A$  нуқта  $A_0$  дан  $A_1$  га келса, тегишлича  $B$  нуқта ҳам  $B_0$  дан  $B_1$  га кўчиши керак. Сўнгра  $A$  нуқта  $A_1$  дан  $A_2, A_3, A_4$  ва ниҳоят  $A_{12}$  га ўтади.  $A$  нуқта билан бирга  $B$  нуқта ҳам  $B_1$  дан  $B_2, B_3, \dots, B_{12}$  га кўчади. Бу ҳолатни топиш учун шатун узунлиги  $AB$  ни циркуль ёрдамида ўлчаб олинади-да  $A$  айланада топилган  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{12}$  нуқталардан  $AB$  радиусда  $У—У$  ўқилар ёйлар чизиб  $B$  нуқтанинг  $B_1, B_2, \dots, B_{12}$  вазиятлари белгиланади. Шундай қилиб,  $A$  нуқтанинг ўз ўқи атрофида бир марта айланиб чиқиш натижасида  $B$  нуқта ҳам бир марта юқорига чиқиб тушар экан. Бунда  $A$  нуқтанинг  $A_0$  дан  $A_6$  га бориши  $B$  нуқтанинг  $B_0$  дан  $B_6$  га, яъни  $B$  нуқтанинг ҳам юқори чекка вазиятига бориши ва максимал йўлни босиши шаклдан кўриниб турибди. Сўнгра  $A$  нуқта ўз айланиш йўналишида давом эттирилса, яъни  $A_7$  га келса,  $B$  нуқта пастга қайтиб  $B_6$  да  $B_7$  га келади. Шу тартибда ҳаракат давом эттирилса,  $B$  нуқта  $B_{12}$  га келади. Агар ползун маркази босиб ўтган  $B_0, B_1, \dots, B_{12}$  нуқталарини ўзаро туташтирсак  $B_0, B_6, \dots, B_{12}$  тўғри чизиқ ҳосил бўлиб,  $B$  нуқтанинг траекторияси топилади. Агар шатун сиртида берилган бирор нуқтанинг, масалан, оғирлик марказининг  $S$ , траекториясини топиш талаб этилса, у ҳолда шатун устида  $AS$  ёки  $BS$  масофани циркуль ёрдамида ўлчаб олиб, барча вазиятларни шатун сиртида белгилаб чиқамиз. Шу усулда белгиланган нуқталарни ( $S_0, S_1, S_2, S_3, \dots, S_{12}$ ) равон туташтириб  $S$  нуқтанинг траекториясини топамиз (III. 1-шакл).  $S$  нуқтанинг траекторияси эллипс шаклидаги ёпиқ эгри чизиқ бўлади.

Шундай қилиб, звено нуқталарининг уч хил траекторияси билан танишиб чиқдик. Бу траекториялар ўтилган йўл бўлиб, механизмлар қўлланилиш соҳасига қараб ҳар хил иш бажаради. Масалан, автомобилда илашиш механизми педалининг 10—15 мм га ёй бўйлаб силжиши натижасида двигатель машинани ҳаракатга келтирувчи трансмиссиядан ажратади. Яна бир мисол машина бензонасоси диафрагмасининг 2—3 мм ли чизиқли ҳаракати бакдан бензинни етказиб беради.

### III. 3-§. Кинематикавий диаграммалар ёрдамида механизмлар кинематикасини текшириш (графикавий кинематика)

Механизмлар кинематикасини диаграммалар ёрдами билан ўрганиш, нуқта траекторияси бўйича тузилган йўл диаграммасига асосланади.

Звено нуқтасининг траекториясини топишда ва йўл диаграммасини тузишда механизмнинг етакчи звеносининг тезлиги доимий деб фараз қилинади. Бу аналитик усулда қуйидагича ифодаланади, яъни:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \text{const};$$

$$n = \frac{30\omega}{\pi} = \text{const.}$$

демак,  $\omega$  — бир секунддаги айланиш тезлиги  $\left(\frac{1}{\text{сек}}\right)$ ;  $n$  — етакчи звенонинг бир минутдаги айланиш сони  $\left(\text{айл. мин}\right)$ . Йўл диаграммасини тузиш учун, текширилиши керак бўлган нуқтанинг ўтган йўли ўлчагич ёрдамида ўлчанади ва қуйидагича жадвал тузилади (3-жадвал).

II. 1-шаклнинг  $B$  нуқтаси учун жадвал тузайлик. Жадвалнинг биринчи устунига вазиятлар оралиғи, иккинчи устунига  $B$  нуқтанинг вазиятлар оралиғида ўтган йўли, учинчи устунига  $B$  нуқтанинг чекка вазиятдан бошлаб ҳамма ўтган йўли, тўртинчи устунига шу йўлнинг метр ўлчамидаги қиймати ва ниҳоят бешинчи устунига йўл диаграммасининг ординатаси қўйилади. III. 1-жадвалнинг бешинчи устунини тўлгазиш учун йўл диаграммасининг ординатаси қоғозга сиғадиган тарзда, тўртинчи устундаги сонларнинг максимал қийматига қараб танлаб олинади  $S_{\text{max}}$ . Сўнгра йўли диаграммасининг масштаби қуйидаги формула билан ҳисобланади.

$$K_s = \frac{S_{\text{max}}}{Y_{\text{max}}} = \frac{(B_0 B_b + B_b B_{12}) K_m \left[ \frac{m}{m.m} \right]}{Y_{\text{max}}} \quad (4)$$

(4) формулага биноан ҳар бир вазиятга тегишли ординаталар топилади. Масалан, биринчи вазият ординатаси:  $y_1 = \frac{S_1}{K_s}$  [мм], иккинчи вазият ординатаси:  $y_2 = \frac{S_2}{K_s} = \frac{(B_0 B_1 + B_1 B_2) K_m}{K_s}$  ва ҳ. к.

Етакчи звено  $A$  нуқтаси соат стрелкаси айланиш йўналишида ҳаракатланиб  $OA_6$  вазиятга келганда, ползун маркази  $B$  нуқта, ўзининг энг юқори нуқтасига чиқиши (III. 1-шакл), сўнгра  $B$  нуқтанинг орқага (пастга) қайтиши маълум.  $B$  нуқтанинг ўтган йўли деганда  $B_0$  дан бошлаб  $B_{12}$  га қадар ўсиб борувчи эгри *чизикни*, ҳақиқий ўтган йўл оралиғи деб эса  $B_0$  дан бошлаб хоҳлаган вазиятга қадар чизгичда ўлчанадиган масофани тушунилади. Бунда ўтган йўл оралиғи  $B_0 B_6$  вазиятлардан сўнг камаё бешлайди. Бунинг камайишини топиш учун  $B_0 B_6$  қийматдан кейинги вазиятларни бирин-кетин айириш керак. Айиришдан чиққан қийматлар ординатаси  $Y_7, Y_8, \dots, Y_{11}$  лар билан белгиланган. Йўл диаграммасини қуриш учун Декарт координаталар системасини чизиб ординаталар ўқига ўтилган йўл  $K_s$  масштабда ва абсцисса ўқига эса шу йўлни ўтиш учун кетган вақт  $t$  маълум масштабда қўйилади (III. 2-шакл). Звеноларнинг ҳаракати даврий бўлади, яъни бошлангич ҳаракат маълум вақт



Вазиятлар номери	<i>B</i> нуқтасининг вазиятлараро ўтган йули, м	<i>B</i> нуқтасининг чекка вазият- дан бошлаб ўтган йули, мм	<i>B</i> нуқтасининг чекка вазият- дан бошлаб ўтган йули, м	Йўл диаграм- масининг орди- натаси, мм	Эслатма
1	2	3	4	5	6
0—1	$B_0 B_1$	$B_0 B_1$	$B_0 B_1 K_M = S_1$	$Y_1$	
1—2	$B_1 B_2$	$B_0 B_1 + B_1 B_2$		$Y_2$	
2—3	$B_2 B_3$	$B_0 B_1 + B_1 B_2 + B_2 B_3$		$Y_3$	
3—4	$B_3 B_4$	$B_0 B_1 + B_1 B_2 + B_2 B_3 + B_3 B_4$		$Y_4$	
4—5	$B_4 B_5$	$B_0 B_5$		$Y_5$	
5—6	$B_5 B_6$	$B_0 B_6$		$Y_6 = \frac{S_{max6}}{K_s}$	$Y_6 = B_0 B_6 \cdot K_M$
6—7	$B_6 B_7$	$B_0 B_6 + B_6 B_7$		$Y_7$	$Y_7 = B_0 B_6 \cdot K_M$ $- B_6 B_7 K_M$
7—8	$B_7 B_8$	$B_0 B_6 + B_6 B_7 + B_7 B_8$		$Y_8$	
8—9	$B_8 B_9$	$B_0 B_6 + B_6 B_7$		$Y_9$	
9—10	$B_9 B_{10}$	$B_0 B_6 + B_6 B_7 + B_7 B_8$		$Y_{10}$	
10—11	$B_{10} B_{11}$			$Y_{11}$	
11—12	$B_{11} B_{12}$	$B_0 B_6 + B_6 B_{12}$	$ B_0 B_6 - B_6 B_7 $ $K_M$	$Y_{12}$	$Y = (BB) K_M$

Ўтгач қайта такрорланади ва звеноларнинг бу ҳаракати етакчи звенонинг ҳаракат қонуни билан боғлиқдир. Механизм даври етакчи звенонинг бир марта тўла айланиши учун кетган вақт  $T$  билан ўлчанади. Вақт масштаби эса шу даврни координата ўқи-  
нинг танланган узунликдаги абсциссасига бўлган нисбатига тенгдир, яъни:

$$K_t = \frac{l}{L} = \frac{T}{mz} \left[ \frac{\text{сек}}{\text{мм}} \right] \quad (5)$$

бу ерда  $K_t$  — вақт масштаби;  $m$  — абсцисса бўйлаб вазиятлар оралиғи (мм);  $Z$  — вазиятлар сони.

Агарда механизмнинг етакчи звеноси бир минутда  $n$  марта айланса,  $\left[ n \left( \frac{\text{айл}}{\text{мин}} \right) \right]$  унинг бир айланиши учун кетган вақт (давр) қуйидагича топилади:

$$T = \frac{60}{n} \quad [\text{сек}].$$

Вақт масштаби эса қуйидагича бўлади:

$$K_t = \frac{60}{\pi n z} \left[ \frac{\text{сек}}{\text{мм}} \right]$$

Етакчи звеноларнинг ҳаракати даврий бўлгани учун вазиятлараро барча нуқталар бир хил вақтда ўзгармас бир хил масофани ўтади деб қаралади ва координата ўқиининг абсциссаси ҳам етакчи звено траекторияси бўлинган сонга тенг бўлинади. Сунгра вазият бўлакларидан перпендикуляр ордината чизиқлари чиқариб, III. 1-жадвалдаги  $У_1, У_2, У_3, \dots, У_{12}$  лар кетма-кет қўйилади ва раvon туташтирилиб йўл диаграммаси ҳосил қилинади.

### III. 4-§. Тезлик ва тезланиш диаграммаларини қуриш

Тезлик ва тезланиш диаграммалари  $S-t$  йўл диаграммасини 1 ёки 2 марта графикавий дифференциаллаш йўли билан тузилади. Назарий механикадан маълумки, нуқтанинг тезлик ва тезланишлари қуйидагича топилади:

$$v = \frac{ds}{dt}; \quad a^t = \frac{dv}{dt}. \quad (7)$$

Буларни йўл диаграммасига қўйсақ, диаграмма чизиги  $a$  нуқтасида абсциссага параллел чизиқ билан кесишган ордината чизиги оралигида учбурчаклик  $abc$  ни ҳосил қилади (III. 2-шакл). Бунда  $ab$  оралиқ  $dt$  ни,  $cb$  ординаталар фарқи  $ds$  ни беради. Чунки бу қийматлар икки вазият оралигидан ўтган элементлардан, яъни: йўл ва вақтдан иборатдир.

III. 2-шаклдан  $\frac{ds}{dt} a$  нуқтасидан ўтган уринма абсциссалар ўқи билан тангенс  $a$  бурчакни беради. Абсциссалар ўқи вақтни бериши эътиборга олинса, (7) формула қуйидаги кўринишда бўлади:

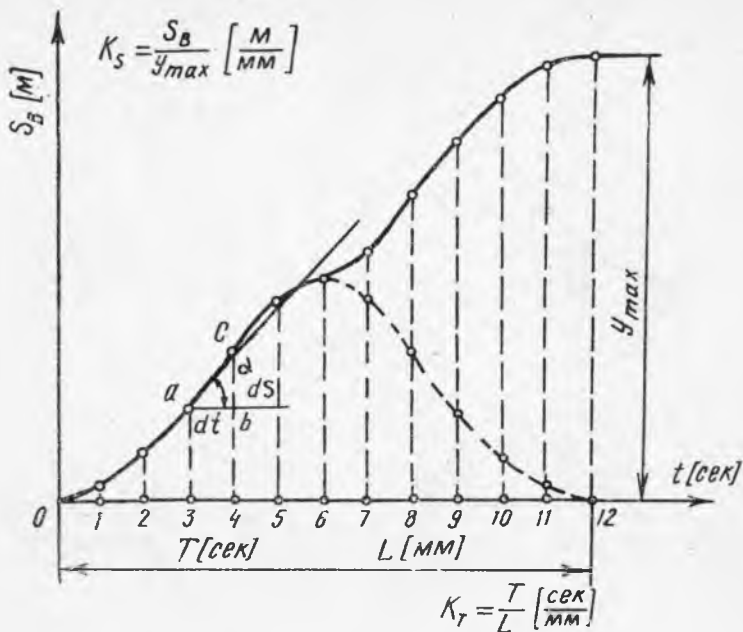
$$\frac{ds}{dt} = \operatorname{tg} \alpha = v,$$

яъни шу вақтдаги тезлик  $a$  нуқтанинг абсцисса билан ҳосил қилган бурчагининг тангенсига тенг бўлади.

$$v = \operatorname{tg} \alpha.$$

$\alpha$  бурчак қўшни ординаталар учларини бириктирувчи ватарнинг ёки уринманинг абсцисса ўқи билан ҳосил қилган бурчаги бўлиши ёки ординаталар фарқининг оралиққа нисбати билан аниқланиши мумкин. Шуларга асосланган графикавий дифференциаллашнинг уч хил усули бор.

1. Ординаталарни орттириш. 2. Уринмалар билан дифференцияллаш. 3. Ватарлар ёрдами билан дифференцияллаш.



III. 2-шакл.

### III. 5-§. Ординаталарни орттириш усули билан дифференциаллаш

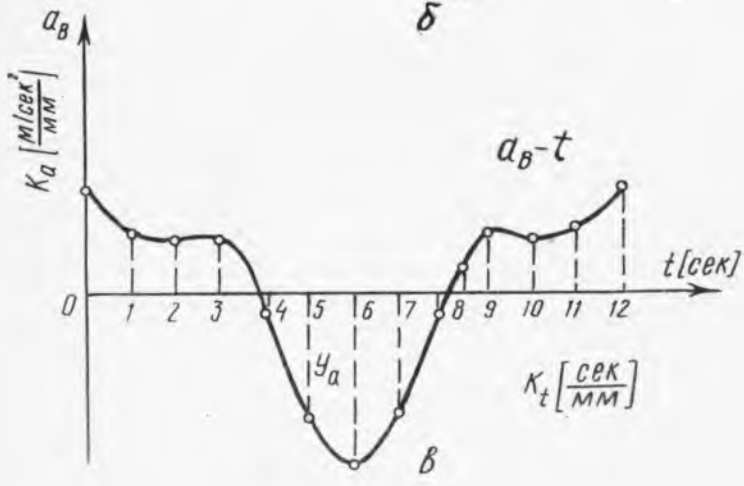
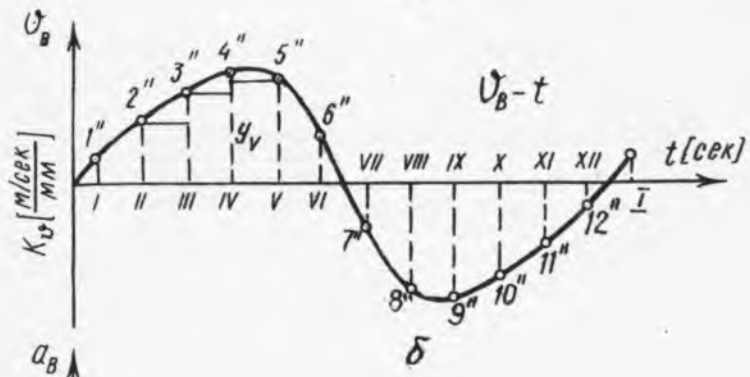
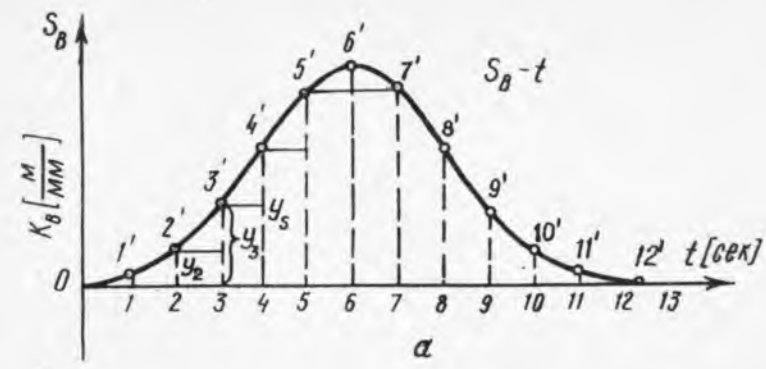
Бу усулда йўл диаграммаси  $S-t$  нинг графигини дифференциаллаш учун, III. 3-шакл,  $a$  да 1, 2, 3, ..., 11 нуқталардан қўшни ордината билан кесишгунча абсцисса ўқиға параллел чизиқлар ўтказамиз. Бинобарин, ординаталар фарқи — орттирма ўтилган йўлни ва маълум масштабда ўртача тезликни беради. Шу нуқтанинг бир вазиятдан иккинчи вазиятга ўтиши учун кетган вақт, графикнинг тузилиши шартига мувофиқ доимо бир-бирига тенг.

$$\Delta t = m K_t \text{ [сек];}$$

икки ораліқ ўртасидаги ўртача тезлик қуйидагича аниқланади:

$$v_{23} = \frac{\Delta S_{2-3}}{\Delta t} = \frac{\Delta S_{2-3}}{m K_t} \left[ \frac{M}{\text{сек}} \right] \quad (8)$$

Бунда  $\Delta S_{2-3}$  2 ва 3 ординаталарнинг фарқи ёки 2 ва 3 штервалда ўтган йўл бўлиб, қуйидагича топилади:



III. 3-шакл.

$$\Delta S_{2-3} = (Y_3 - Y_2) K_s = \Delta Y_{2-3} \cdot K_s \text{ [м]}; \quad (9)$$

демак,

$$v_{2-3} = \frac{\Delta Y_{2-3} \cdot K_s}{m K_t} = \Delta Y_{2-3} \frac{K_s}{m K_t} \left[ \frac{\text{м}}{\text{сек}} \right] \quad (10)$$

бунда  $\frac{K_s}{m K_t}$  ўзгармас миқдор бўлиб, тезлик  $v_{2-3}$  нинг қиймати  $\Delta Y_{2-3}$  га боғлиқ экани келиб чиқади.

Шу тариқа ҳамма интервалда ординаталарнинг фарқини  $\Delta Y_{0-1}$ ,  $\Delta Y_{1-2}$ ,  $\Delta Y_{2-3}$ , ...,  $\Delta Y_{11-12}$  олиб, улар ўртача тезликни беришни эътиборга олиб йўл диаграммасининг остидан тезлик диаграммаси учун координата ўқи ўтказиб (III. 3-шакл, б), тезлик ординаталарини йўл диаграммасининг вазият ординаталари ўртасидан туширилган перпендикулярларга қўйиб, топилган нуқталарни туташирсак тезлик диаграммасини дифференциаллаш йўли билан ясаган бўламиз. Тезлик ординатасига қўйиладиган ортирма  $\Delta Y$  ларни маълум катталиқка кўпайтириб ёки камайтириб қўйилиши ҳам мумкин. Бунда диаграмманинг масштаби ўзгаради. Кўпайтириш қиймати  $C$  ҳарфи билан белгиланиб, тезлик ординатаси тегишлича  $Y_v = \Delta Y \cdot C$  қилиб олинади. Тезлик масштабини топиш учун тезлик  $v_B - t$  диаграммасидан тезликни топамиз:

$$v_{2-3} = Y_{v_{2-3}} \cdot K_v; \quad Y_{v_{2-3}} = \Delta Y_{2-3} \cdot C$$

демак,

$$v_{2-3} = \Delta Y_{2-3} \cdot C \cdot K_v \quad (11)$$

(10) ва (11) формулаларни тенгласак

$$\Delta Y_{2-3} \cdot C \cdot K_v = \Delta Y_{2-3} \cdot \frac{K_s}{m \cdot K_t};$$

бундан

$$K_v = \frac{K_s}{c \cdot m \cdot K_t} \left[ \frac{\text{м/сек}}{\text{мм}} \right] \quad (12)$$

(12) формулага тезлик масштаби дейилади.  $V$  нуқтанинг тезланиш  $a_B - t$  диаграммаси ҳам айнан тезлик диаграммаси каби топилади. Бунда тезланиш диаграммаси  $a_B - t$  тезлик диаграммаси  $v_B - t$  ни дифференциаллаб топилади. Топилган тезланиш қийматлари ўртача бўлиб, тезлик диаграммаси остидан олинган тезланиш координата ўқининг абсциссасига вазиятлар оралиғидан туширилган перпендикулярларга қўйилади (III. 3-шакл, в). Вақт масштаби, йўл, тезлик ва тезланиш диаграммасида бир хил қийматга тенг бўлиб, тезланиш масштаби (12) формула каби топилади.

$$K_a = \frac{K_v}{c \cdot m \cdot K_t} \left[ \frac{\text{м/сек}^2}{\text{мм}} \right].$$

### III. 6-§. Уринмалар усули билан дифференциаллаш

Йўл диаграммаси  $S_B - t$  (III. 4-шакл, а) берилган бўлса, уринмалар ёрдамида тезлик ва тезланиш диаграммасини тузиш учун графикдаги  $1', 2', 3', \dots, 11'$  нуқталардан уринмалар ўтказилади. Бу уринмалар абсцисса ўқлари билан  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ , бурчакларни ҳосил қилади. Формула (7) дан маълумки, уринма билан абсцисса ўқи орасидаги бурчакнинг тангенсини шу оралиқнинг тезлигини беради, яъни:

$$v_1 = tg\alpha \quad (14)$$

Тезлик ( $v_B - t$ ) графигини ҳосил қилиш учун (III. 4-шакл, б) йўл диаграммасининг остидан тезлик диаграммаси учун координата ўқлари ўтказилади. Сўнгра тезлик координаталар системасининг абсцисса ўқи координата бошидан чап томонга  $H$  масофагача давом эттирилиб  $OO' = H$  олинади. Олинган  $O'$  нуқтага йўл графигидаги  $1', 2', \dots, 11'$  нуқталардан ўтказилган уринмаларни олиб қўйилади ва нур чизиқларининг ордината ўқи ( $OO_B$ ) билан кесишган нуқталари тегишлича  $O_1, O_2, O_3, \dots, O_{11}$  лар билан белгиланади. Ордината  $OO_1, OO_2, OO_3, \dots, OO_{11}$  ларни оралиқ  $H$  га бўлсак, тегишлича  $tg\alpha_1, tg\alpha_2, \dots, tg\alpha_{11}$  лар келиб чиқади. Демак, ихтиёрий  $i$  нуқта учун

$$tg\alpha_i = \frac{OO_i}{H} \quad (15)$$

чиқади. (15) ни (14) га қўйиб  $i$  нуқтанинг тезлиги топилади.

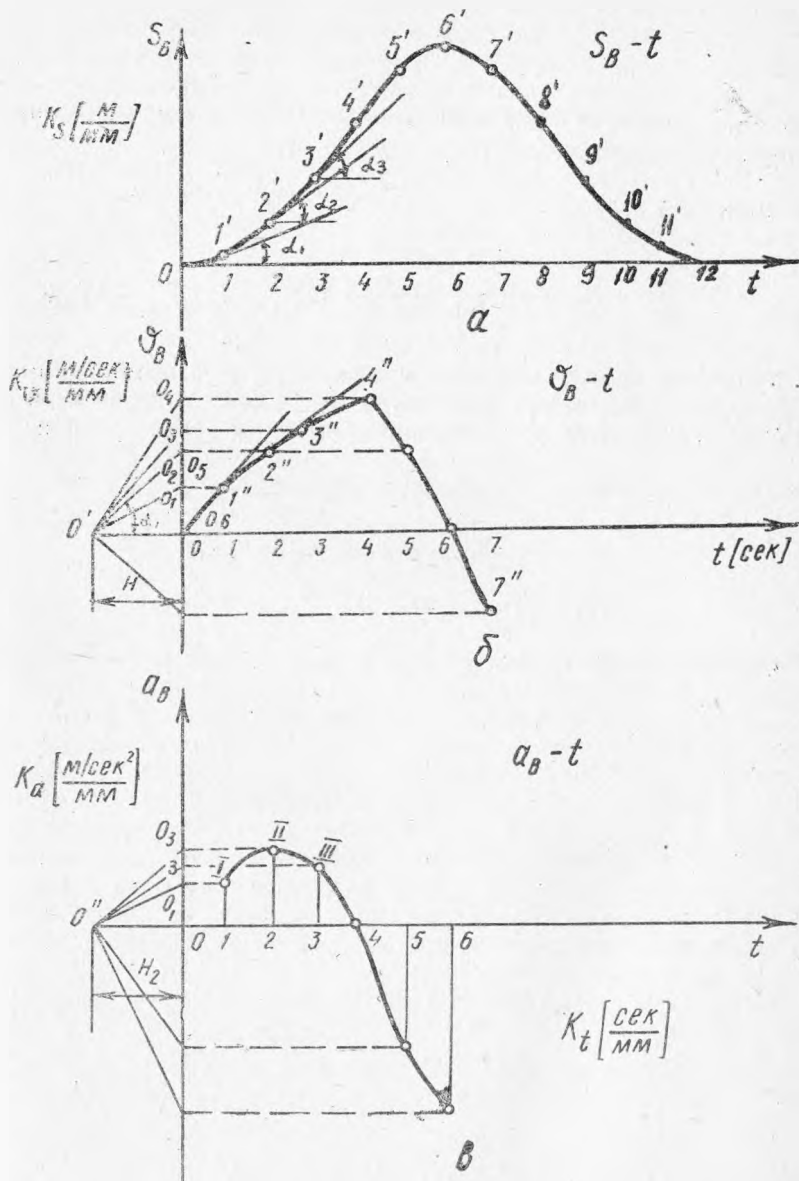
$$v_i = \frac{OO_i \cdot K_s}{H \cdot K_t} \left[ \frac{m}{mm} \right] \quad (14')$$

бунда  $K_s$  йўл диаграммасининг масштаби  $\left[ \frac{m}{mm} \right]$ ;  $K_t$  — вақт масштаби  $\left[ \frac{сек}{mm} \right]$ ;  $OO_i$  — ордината;  $H$  — тезлик масштабида ҳисобга олинувчи ва уни аниқловчи оралиқ (мм).

Бу усулда топилган тезлик қиймати абсолют бўлиб, улар ордината ўқи устида олинган  $O_1, O_2, O_3, \dots, O_{11}$  нуқталар ўзларининг вазият ординаталарига проекцияланганида, яъни  $O_1$  ни абсцисса ўқидаги  $1$  дан чиққан перпендикулярга,  $O_2$  ни  $2$  дан чиққан перпендикулярга ва ҳ. к. Тезлик, топилган нуқталар туташтирилиши натижасида олинган график билан белгиланади. Тезлик графигидан ихтиёрий  $i$  нуқта учун тезлик қуйидагича аниқланади:

$$v_i = v_{v1} \cdot K_v \quad (16)$$

Ихтиёрий  $i$  нуқта учун топилган тезликлар (15) ва (16) шнинг ўз-ара тенглигидан қуйидагилар чиқади:



III. 4-шакл.

$$y_{v_i} \cdot K_v = \frac{OO_i \cdot K_s}{H \cdot K_t};$$

$$K_v = \frac{K_s}{K_t \cdot H} \cdot \frac{OO_i}{y_{v_i}}$$

бунда  $y_{v_i}$  ординаталар ўқида олинган  $OO_i$  нинг проекцияси бўлиб, улар ўзаро тенгдир ( $OO_i = y_{v_i}$ ).

Демак,

$$K_v = \frac{K_s}{K_t \cdot H} \left[ \frac{M}{\text{сек} \cdot \text{м.м}} \right]; \quad (17)$$

(17) тенглама берилган тезлик графиги учун ўзгармас қиймат бўлиб, *тезлик масштаби* деб аталади. Тезлик диаграммаси  $B$  нуқтанинг 12 вазияти учун тезлик қийматини беради, яъни:

$$v_1 = y_{v1} \cdot K_v = 1 \cdot 1'' K_v \left[ \frac{M}{\text{сек}} \right];$$

$$v_2 = y_{v2} \cdot K_v = 2 \cdot 2'' K_v - '';$$

$$v_{11} = y_{v11} \cdot K_{11} = 11 \cdot 11'' K_{v_n} - ''$$

**Тезланиш диаграммаси** ( $a_B - t$ ) ҳам тезлик диаграммаси тарзида тузилади. Бунда тезлик ( $v_B - t$ ) графигининг 1'', 2'', 3'', ....., 11'' нуқталаридан уринмалар ўтказилади. Сўнгра бу уринмалар, тезлик диаграммаси остида чизилган тезланиш координата системасининг абсцисса ўқида олинган  $OO'' = H_2$  масофадаги нуқтага олиб қўйилади (III. 4-шакл, в). Тезланиш ордината ўқида олинган  $O_1, O_2, O_3, \dots, O_{11}$  нуқталар абсцисса ўқидан чиқарилган вазият ординаталарига проекцияланиб тегишлича I, II, III, ....., XI нуқталар топилади ва улар туташтирилиб тезланиш диаграммаси ҳосил қилинади. Тезланиш масштаби юқоридаги тезлик масштаби йўсинида топилади.

$$K_a = \frac{K_v}{K_t \cdot H} \left[ \frac{M/\text{сек}^2}{\text{м.м}} \right]. \quad (18)$$

Тезланиш диаграммасидан ҳам тезлик диаграммасидаги сингари  $B$  нуқтанинг 12 вазияти учун тезланишлар қиймати топилади.

$$a_1 = y_{a1} \cdot K_a = 1 \cdot I \cdot K_a \left[ \frac{M}{\text{сек}^2} \right];$$

$$a_2 = y_{a2} \cdot K_a = 2 \cdot II \cdot K_a \quad - '' -;$$

$$a_3 = y_{a3} \cdot K_a = 3 \cdot III \cdot K_a \quad - '' -.$$



### III. 7-§. Ватарлар ёрдамида дифференциаллаш

Вазият нуқталарига қурилган йўл графигининг эгрилик радиуси аниқ эмас, унга уринмалар ўтказиб топилган тезлик ва тезланишларнинг аниқ қийматини топиш анча қийин. Буни юқорида икки метод билан топилган тезлик ва тезланишлар графикларини таққослаб қўриб билиш мумкин.

Тезлик ва тезланишларнинг нисбатан аниқ қийматларини топиш учун ватарлар усули қўлланилади. Бунда йўл ёки тезлик графикларининг оралиқ эгри чизиқлари вазият ординаталари билан график эгрилигининг кесишган нуқтаси туташтирилади, яъни диаграмма эгри чизиғи тўғри чизиқлар — ватарлар билан алмаштирилади. Ватарлар ёрдами билан дифференциаллашда абсцисса ўқида олинган оралиқлар қанча кўп бўлса, олинган тезлик ёки тезланишлар графиги ҳам шунча аниқ чиқади ва топилган қиймат ҳақиқий тезлик ёки тезланишга яқинлашади. Бунда оралиқлар кичиклашиб ёй билан ватар орасидаги фарқ  $\Delta S$  камаяди. Ватарлар ёрдами билан олинган қиймат ўртача тезликни ёки тезланишни кўрсатади ( $v_{yp}$ ,  $a_{yp}$ ).

**Тезликлар диаграммасини чизиш.** III. 5-шакл,  $a$  дан ўртача тезлик

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

бунда

$$\Delta S = \Delta Y_i \cdot K_s;$$

$$\Delta t = m \cdot K_t$$

чиқади буларни ўрнига қўйсақ қуйидаги ҳосил бўлади:

$$v_{yp} = \frac{\Delta Y_i \cdot K_s}{m \cdot K_t} = -\frac{K_s}{K_t} \operatorname{tg} \alpha_i \quad (19)$$

ўртача тезлик графика ўтказилган ватарлар билан абсциссалар ўқи орасида ҳосил бўлган  $\alpha_i$  бурчагининг тангенсига тенглиги келиб чиқади.

Тезлик графигини чизиш учун берилган (III. 5-шакл,  $a$ ) йўл диаграммасининг ( $S_B - t$ )  $0, 1', 2', 3', \dots, 11', 12'$  нуқталарини тўғри чизиқ билан туташтириб, сўнгра йўл диаграммасининг остидан тезлик диаграммаси координаталарини ўтказиб, уни абсцисса ўқининг чап томонига, ихтиёрий  $H$  масофагача давом эттирамиз.  $OO' = H$  (III. 5-шакл,  $b$ ).  $O'$  нуқтадан, йўл графикада олинган  $01', 1'2', 2'3', 3'4', \dots, 11', 12'$  ватарларга параллел нур чизиқлари ўтказилади. Нур чизиқларининг тезлик ординатаси ( $v_B - O$ ) билан кесишган нуқталари  $O_1, O_2, \dots, O_{12}$  лар билан белгиланади ва уларнинг  $H$  кесма билан ҳосил қилган бурчаклари  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{11}$  (III. 5-шакл,  $b$ ) дан

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{OO_i}{H}$$

чиқади, уни (19) га қўйсақ ўртача тезлик формуласи чиқади:

$$v_{ур} = \frac{K_s}{K_1} \cdot \frac{OO_1}{H}$$

бунда  $OO_1 = i$  нуқта учун тезлик оординатаси [мм];  $\frac{K_s}{K_1 \cdot H}$  — ўз-

гармас қиймат бўлиб,  $y$  тезлик масштаби дейилади. У қуйидагича ифодаланади:

$$K_v = \frac{K_s}{K_1 \cdot H} \cdot \left[ \frac{m \text{ сек}}{m \cdot m} \right].$$

Демак, тезлик оординатаси ( $U$  —  $O$ ) даги  $OO_1$  кесма тезликни берар экан, шунинг учун уни йўл диаграммасининг абсцисса ўқидан ўтказилган вазиятларнинг ўртасидан туширилган вертикалларга қўямиз, сўнгра топилган нуқталарни равои эгри чизиқ ёрдамда туташтирамиз. Ҳосил бўлган графикка — *тезлик графиги* дейилади. Тезлик графигидан  $B$  нуқтанинг бир давр ичидаги ўзгариш тезлиги қуйидагича топилади:

$$v_1 = \mathcal{Y}_{v_1} \cdot K_v \left[ \frac{m}{сек} \right]$$

$$v_2 = \mathcal{Y}_{v_2} \cdot K_v \text{ «—»};$$

.....

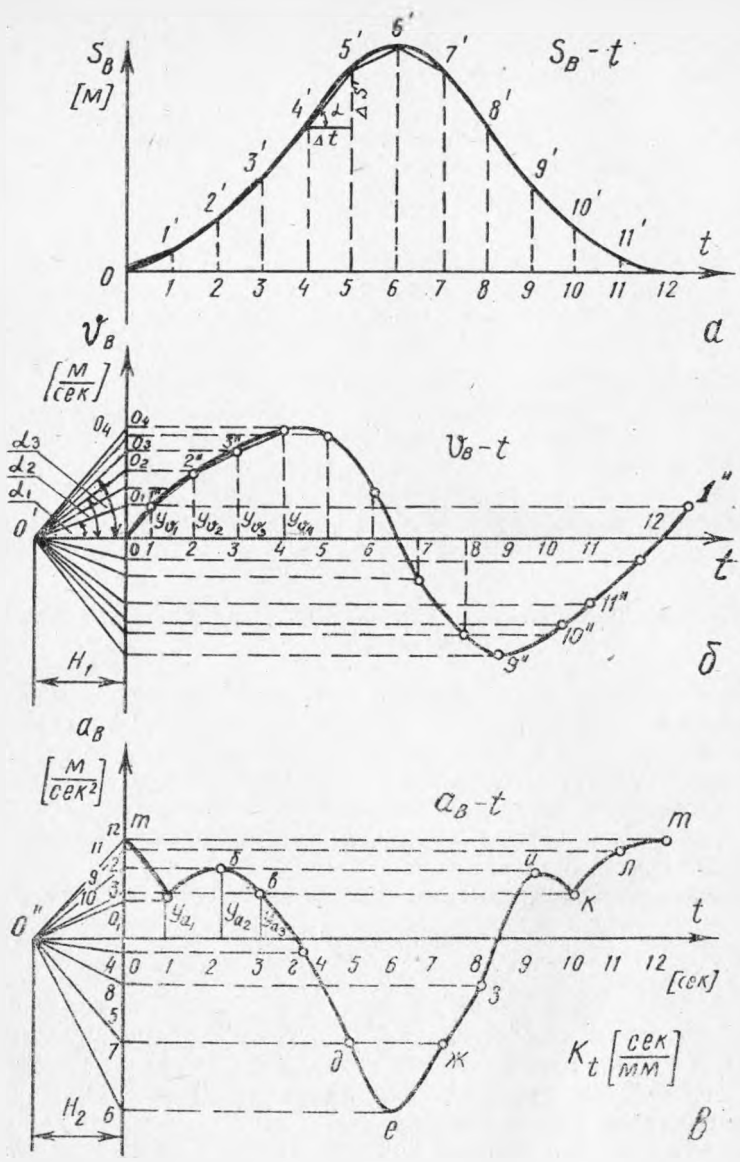
.....

.....

$$v_{11} = \mathcal{Y}_{v_{11}} \cdot K_v \text{ «—»}$$

**Тезланиш диаграммаси, тезлик масштаби.** Тезланиш  $a_B$  —  $t$  графиги тезлик графиги каби тузилади. Бунда тезлик графигининг (III. 5-шакл, б)  $0, 1'', 2'', 3'', 4'', \dots, 11'', 12''$  нуқталари туташтирилади, сўнгра тезлик графигининг остида қурилган тезланиш координата системасининг абсцисса ўқи давомида олинган  $0''$  нуқта ( $00'' = H_2$ ) дан оординатадаги  $0, 1, 2, 3, \dots, 12$  нуқтани туташтиришдан ҳосил бўлган ватарларга ( $01'', 1''2'', 2''3'', \dots, 11'', 12''$ ) параллел чизиқлар ўтказилади (III. 5-шакл, в). Тезланиш оордината ўқи билан кесишган нур чизиқчалар ( $0_1, 0_2, 0_3, 0_4, \dots, 0_{12}$ ) вазият оординаталарига қўйилиб, топилган нуқталар ( $a, б, в, г, \dots$ ) туташтирилса, тезланиш диаграммаси ҳосил бўлади, тезланиш масштаби ҳам тезлик масштаби йўсинида топилади. Уларнинг фарқи тезлик формуласидаги йўл масштабининг ўрнига тезлик масштабининг ёзилишидир, яъни:

$$K_a = \frac{K_v}{K_1 \cdot H} \left[ \frac{m/сек^2}{m \cdot m} \right].$$



III. 5-шакл.

Тезланиш диаграммасидан  $B$  нуқта, етакчи звенони бир айланиб чиқиши натижасида ҳосил бўлган тезланишини топиш мумкин. Улар тезланиш диаграммасининг вазият ординаталарини чизма ўлчамидан ўлчаб, тезланиш масштабига кўпайтирини йўли билан топилади, яъни:

$$a_1 = \gamma a_1 \cdot \kappa a = 1a \cdot \kappa a \left[ \frac{M}{\text{сек}^2} \right]$$

$$a_2 = \gamma a_2 \cdot \kappa a = 2b \cdot \kappa a \quad \text{—} \text{»} \text{—}$$

.....

.....

$$a_{11} = \gamma a_{11} \cdot \kappa a = 11e \cdot \kappa a \quad \text{—} \text{»} \text{—}$$

$0$  ва  $12$  вазиятнинг тезлик ва тезланишини топиш учун етакчи звенонинг 2- марта айланишида, берилган нуқтанинг 1- вазияти йўл ёки тезлик диаграммаларнинг давомига чизиб олинади, сўнгра тезлик диаграммасида 1- вазият учун топилган тезлик ординатаси кейинги қўшимча 1- вазиятнинг ординатасига келтирилади ва 11—12- вазиятлар оралиғида олинган охириги нуқта билан туташтирилади.

### III. 8- §. Механизмлар кинематикасини графо-аналитик текшириш

Текисликда ҳаракат қилувчи механизм таркибидаги звенолар ҳаракати умуман уч хил бўлади: 1. Маълум ўқ атрофида айланма ҳаракат қилувчи звенолар (кривошип, коромисло ва бошқалар). 2. Тўғри чизиқли илгарилама-қайтар ҳаракат қилувчи звенолар (ползун ва бошқалар). 3. Айланма ва илгарилама ҳаракатдан иборат мураккаб текис ҳаракат қилувчи звенолар (шатун ва бошқалар).

Назарий механикадан, ҳаракатнинг абсолют ва нисбий бўлиши мумкинлиги маълум. Қўзғалмас звенога нисбатан олинган ҳаракат *абсолют ҳаракат*, қўзғалувчи звенога нисбатан олинган ҳаракат эса *нисбий ҳаракат* деб аталади. Ҳақиқатан, табиатда абсолют ҳаракат мавжуд эмас, чунки ҳар қандай звенонинг ҳаракати ҳам қўзғалувчан системага нисбатан олинади. Ер шарни ўз ўқи атрофида бир суткада бир марта айланиб чиқади, яна у Қуёш атрофида ҳам айланади. Демак, барча абсолют ҳаракатлар ҳам нисбийдир.

Айланма ва илгарилама-қайтар ҳаракат қилаётган звеноларнинг кинематикасини ўрганиш ва анализ қилиш ҳеч қийин эмас. Бунинг учун ўтилган йўл ёки бурчак огиши ҳамда сарф бўлган вақт аниқ бўлса кифоя. Звенонинг мураккаб текис ҳаракати Даламбер теоремасига кўра битта илгарилама ва қутб деб олинган бирор нуқта атрофидаги айланма ҳаракатидан иборат

рат эканлиги назарий механика курсидан маълум (III. 6-шакл, а), яъни:

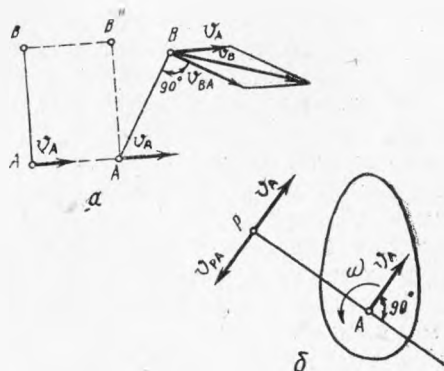
$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{\text{айл.}} \quad (20)$$

Бунда  $A$  нуқта звонинг қутби бўлиб,  $B$  нуқта  $A$  нуқта билан бирга ва шу қутб атрофида айланма ҳаракат қилади. Агар  $B$  нинг  $A$  атрофидаги айланма ҳаракатини  $\vec{v}_{\text{айл}} = \vec{v}_{BA}$  деб олсак, (20) вектор тенглама қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA} \quad (21)$$

бу ерда  $\vec{v}_{BA}$  — нисбий тезлик бўлиб, ҳамма вақт звенога перпендикуляр йўналишда бўлади. Механизмлар кинематикасини графо-аналитик текширишда (20) формулага асосланган икки хил усул қўлланилади.

1. Звеноларни оний айланиш марказлари орқали текшириш.
2. Звено нуқталарининг тезлик ва тезланиш планларини тузиш орқали текшириш.



III. 6-шакл.

### III. 9-§. Механизмлар кинематикасини звеноларнинг оний айланиш марказлари орқали текшириш

Қаттиқ жисм  $A$  нуқтасининг чизигий ва айланма тезлиги маълум бўлиб,  $A$  нуқтадан тезлик векторига ўтказилган перпендикуляр чизиқнинг ихтиёрий  $P$  нуқтасидаги тезлиги (21) формулага кўра аниқланса (III. 6-шакл, б) у қуйидагича кўринишга эга:

$$\vec{v}_P = \vec{v}_A = \vec{v}_{PA} \quad (22)$$

нисбий тезлик  $\vec{v}_{PA}$  —  $PA$  чизигига перпендикуляр йўналишда бўлиб, унинг қиймати  $v_{PA} = \omega \cdot AP$  га тенг.  $v_A$  ва  $v_{PA}$  тезликларни ўз йўналишида  $P$  нуқтага олиб қўйилса,  $\vec{v}_{PA}$  вектори  $\vec{v}_A$  вектор йўналишига тескари йўналишда у билан бир тўғри чизиқда ётади, яъни:

$$\overline{v_P} = \overline{v_A} - \overline{v_{PA}}; \quad (22)$$

$v_{PA}$  тезликнинг қиймати  $PA$  оралиққа боғлиқ бўлиб, абсолют қийматда  $v_A$  га тенг бўлиши ҳам мумкин:

$$\overline{v_{PA}} = \overline{v_A};$$

у вақтда юқоридаги (22) тенгламанинг чап томони нолга тенг бўлади, яъни:

$$\overline{v_A} - \overline{v_{PA}} = 0;$$

ёки

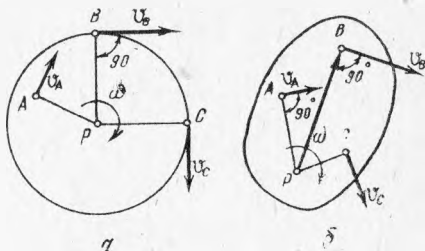
$$\overline{v_A} = \overline{v_{PA}} = \omega AP;$$

бундан

$$AP = \frac{v_A}{\omega} \quad (23)$$

(23) формулага биноан топилган масофадаги нуқтанинг шу ондаги тезлиги нолга тенг бўлиб, бу нуқтага оний айланиш маркази дейилади ва у  $P$  ҳарфи билан белгиланади. Оний айланиш маркази вақтнинг ўтиши ва ҳаракатнинг давом этиши билан ўзгариб туради. Оний айланиш марказининг сурилиши натижасида ҳосил бўлган траекторияга *центроида* дейилади.

**Звонинг оний айланиш марказини топиш.** Жисмнинг оний айланиш маркази маълум бўлса, жисм устида ётган ҳар бир нуқтанинг оний тезлигини топиш мумкин. Масалан, оний айланиш маркази ва айланиш тезлиги берилган қаттиқ жисм (III. 7-шакл, а)  $ABC$  нуқталарининг тезликларини топиш талаб этил-

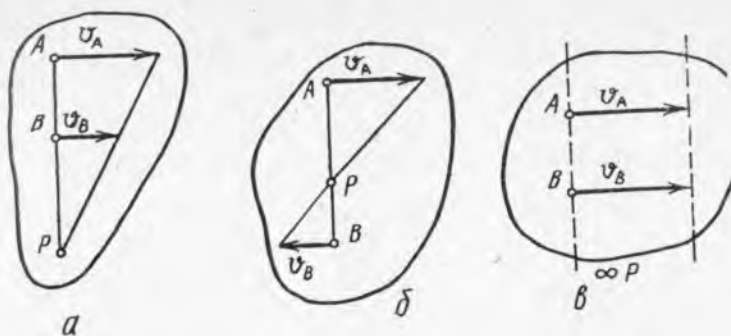


III. 7-шакл.

син. Оний айланиш маркази айланма марказида олинган бўлиб,  $B$  нуқтанинг тезлиги топилиши керак, унинг тезлик вектори айланага уринма, яъни  $BP$  радиусга перпендикуляр  $\omega$  йўналишида бўлиши назарий механикадан маълум. Қиймати эса  $v_B = \omega BP \left[ \frac{M}{сек} \right]$ . Айнан шу тарзда қолган  $A$  ва  $C$  нуқталарнинг ҳам тезликларини топиш учун уларни  $P$  нуқта билан туташтирилади ва тезлик векторларининг йўналиши уларга перпендикуляр йўналишда олинади, уларнинг қиймати эса тегиш-

$$v_C = \omega \cdot AP; \quad v_C = \omega \cdot PC$$

ларга тенг (III. 7-шакл, а, б лар) бўлади. Шаклдан кўринадики, жисмнинг оний айланиш маркази тезлик векторлари қўйилган нуқтасида, тезлик векторларига ўтказилган перпендикуляр-

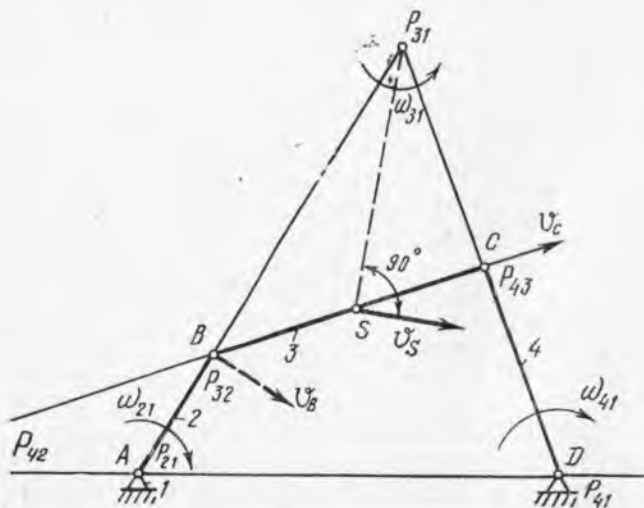


III. 8-шакл.

ларнинг кесишган нуқтасида ётар экан. Демак, жисмнинг оний айланиш марказини топиш учун камида унинг иккита нуқтасининг тезлиги ва йўналиши маълум бўлиши керак экан. Иккита нуқтанинг тезлиги ўзаро параллел бир ёки қарама-қарши томонга йўналган бўлиб, қийматлари тенг бўлмаса, оний айланиш маркази тезликлари қўйилган нуқтадан ўтган перпендикуляр чизиқ билан, учларини туташтирувчи чизиқларнинг кесишган нуқтасида ётади (III. 8-шакл, а, б лар).

Агар жисм иккита нуқтасининг тезлик векторлари тенг ва бир томонга параллел йўналишда бўлса, оний айланиш маркази чексизликда бўлади (III. 8-шакл, в).

**Механизм звеноларининг оний айланиш марказини топиш.** Оний айланиш маркази звеноларнинг ҳаракатини характерлай-



III. 9-шакл.

диган қийматлардан бўлиб, агар звено қўзғалмас звенога нисбатан ҳаракатда бўлса, *абсолют ҳаракатдаги оний айланиш марказ* ва бирор қўзғалувчан звенога нисбатан ҳаракатда бўлса, *нисбий ҳаракатдаги оний айланиш марказ* деб аталади. Мисол сифатида тўрт звеноли текис механизм звеноларининг оний айланиш марказларини кўрайлик (III. 9-шакл).

Звено 1 қўзғалмас звено бўлиб, звено 2 ва 4 лар унга нисбатан абсолют айланма ҳаракатда бўлади ва абсолют ҳаракатдаги  $P_{21}$  ва  $P_{41}$  оний айланиш марказлари билан белгиланади. Звено 3 звено 2 га нисбатан  $B$  нуқта атрофида ҳаракатланиб,  $P_{32}$  нисбий ҳаракатдаги оний марказини ташкил қилади. Айнан шундай звено 4 звено 3 га нисбатан  $C$  нуқтада  $P_{43}$  ни ҳосил қилади.

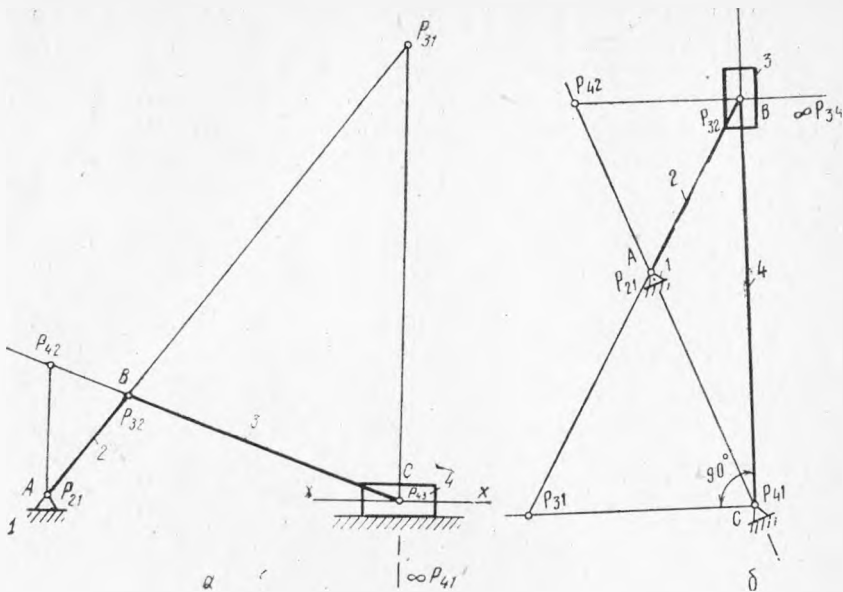
Звено 3 нинг стойка (1 звено) га нисбатан ҳаракати натижасида ҳосил бўладиган абсолют оний айланиш марказини топиш учун  $B$  ва  $C$  нуқталардаги чизигий тезликларнинг йўналишини кўзда тутиб, тезлик векторларига перпендикуляр чизиклар ўтказилади. Бу перпендикуляр  $AB$  ва  $CD$  звенолар устида ётади. Шунинг учун  $AB$  ва  $CD$  ларни давом эттириб звено 3 нинг қўзғалмас звено стойкага нисбатан абсолют ҳаракатдаги оний айланиш маркази  $P_{31}$  топилади.

III. 9-шаклдан учта оний айланиш маркази бир чизикда ётиб, яъни:  $P_{31}$ ,  $P_{41}$  ва  $P_{43}$  улар ҳар иккитасининг индекси битта звенога нисбатан оний айланиш марказ эканлигини кўрсатади. Бу назарий механиканинг параллел ўқларга нисбатан иккита айлана қуриш теоремасига асосланганлигини эслатади. Бундай хусусиятдан фойдаланиб звено 4 нинг звено 2 га нисбатан оний айланиш марказини топиш мумкин. Бунда  $P_{32}$  ва  $P_{43}$  звено бир томонини  $P_{21}$  ва  $P_{41}$  звено иккинчи томонни беради. Буларни туташтирувчи чизикларни давом эттириб, кесишган нуқтасида  $P_{42}$  олинади.

Юқорида келтирилган хусусиятдан фойдаланиб ҳар қандай механизмлар звеноларининг оний айланиш марказларини топиш мумкин.

III. 10-шакл,  $a$  да берилган кирвошип ползунли механизм звеноларининг оний айланиш марказларини топайлик.  $A$ ,  $B$  ва  $C$  шарнирларда  $P_{21}$ ,  $P_{32}$ ,  $P_{43}$  марказлар оний айланиш марказлари бўлиши юқоридаги мисолдан маълум. Звено 4 нинг звено 1 га (қўзғалмас звено) нисбатан оний айланиш маркази чексизда,  $X-X$  ўқидан ўтган перпендикулярда ётади, чунки ползун (4 звено) да ётган ҳамма нуқтанинг тезлиги миқдор жиҳатидан тенг бўлиб, йўналиши  $X-X$  ўқига параллелдир. Звено 3 нинг звено 1 га нисбатан  $P_{31}$  оний айланиш маркази  $P_{21}$ ,  $P_{32}$  ва  $P_{43}$ ,  $P_{41}$  оний айланиш марказларни туташтирувчи чизикларнинг кесишган нуқтасида ётади. Звено 4 нинг звено 2 га нисбатан оний айланиш маркази  $P_{42}$  эса  $P_{32}$  ва  $P_{43}$  ни туташтирувчи чизик билан  $P_{41}$  ва  $P_{21}$  марказларни туташтириб чиқувчи чизикларнинг кесишган нуқтасида ётади. Бунда  $P_{41}$  чексизда бўлганлиги





III. 10- шакл.

учун  $P_{41}$ ,  $P_{21}$  чизиқни  $A$  нуқтадан  $X-X$  ўқига перпендикуляр қилиб олинади.

III. 10- шакл, б да кўрсатилган кулсалли механизм звеноларининг оний айланиш марказлари  $P_{41}$ ,  $P_{21}$  ва  $P_{32}$  лар  $A$ ,  $B$  ва  $C$  шарнирларда белгиланади. Звено 3 нинг звено 4 га нисбатан оний айланиш маркази  $P_{34}$  звено 4 га  $B$  нуқтадан ўтказилган перпендикулярда—чексизликда бўлади.  $P_{34}$ ,  $P_{32}$  ва  $P_{41}$ ,  $P_{21}$  оний айланиш марказларни туташтирувчи чизиқлар давом эттирилса звено 4 нинг звено 2 га нисбатан оний айланиш  $P_{42}$  маркази топилади, звено 3 нинг звено 1 га нисбатан оний айланиш  $P_{31}$  маркази  $P_{41}$ ,  $P_{34}$  ва  $P_{21}$ ,  $P_{32}$  чизиқларнинг туташган нуқтасида ётади. Бунда  $P_{41}$ ,  $P_{34}$  чизиғи  $C$  нуқта звено 4 перпендикуляр йўналишида бўлади. Юқорида тўрт звеноли механизм звеноларининг оний айланиш марказини топиш билан танишилди. Бундай механизмларда 6 тадан оний айланиш маркази бўлар экан. Звенолар сони  $n$  билан оний айланиш марказлар сони  $K$  қуйидагича боғланишда бўлади:

$$K = \frac{n(n-1)}{2};$$

$n$  — звенолар сони. Агар звенолар сони 5 та бўлса, оний айланиш маркази 10 та, 6 та бўлса 15 та ва ҳ. к. бўлади.

Тезликларнинг оний айланиш маркази билан боғлиқлиги. Механизмларнинг ихтиёрий вазияти учун зарур бўлган барча

оний айланиш марказларини топиш мумкинлиги билан юқорида танишиб чиқилди.

Тўрт звеноли механизмларда топилган оний айланиш марказларининг учтаси абсолют ( $P_{21}$ ,  $P_{41}$  ва  $P_{31}$ ) ва қолган учтаси ( $P_{43}$ ,  $P_{38}$ ,  $P_{42}$ ) нисбий ҳаракатдаги оний айланиш марказларини беради. Оний айланиш марказларининг траекториялари *центроидлар* деб аталади. Оний айланиш марказлари шу центроидлар сиртида ҳаракатда бўлади.

Берилган тўрт звеноли шарнирли текис механизм (III. 9-шаклга қаранг) звено (2 ва 4) лар тезликларининг боғланиши қараб чиқилганда, улар  $P_{42}$  нисбий оний айланиш маркази атрофида ҳаракат қилиши аниқланади. Бунда  $P_{42}$  центроидда олинган нуқта бўлиб,  $v$  тезликда ҳаракатланиши мумкин. У вақтда:

$$v = \omega_{21} \cdot (P_{42} \cdot P_{21}) = \omega_{41} (P_{42} \cdot P_{41});$$

экани келиб чиқади.

Бу тенгликдан

$$\frac{\omega_{21}}{\omega_{41}} = \frac{P_{42} \cdot P_{41}}{P_{42} \cdot P_{21}},$$

яъни бурчагий тезликларнинг нисбати оралиққа тескари пропорционал бўлади. Звено 4 нинг бурчагий тезлиги қуйидагига тенг:

$$\omega_{41} = \frac{P_{42} \cdot P_{21}}{P_{42} \cdot P_{41}} \cdot \omega_{21};$$

бунда  $\omega_{21}$  — механизм етакчи звеноси 2 нинг ҳаракат қонуни бўлиб, у берилган бўлади.

$\omega_{41}$  ва  $\omega_{21}$  лар йўналиши бир томонга бўлса, улар мусбат ишорада, қарама-қарши томонга йўналишда эса, манфий ишорада олинади. Звено 3 нинг звено 1 га нисбатан айланиш тезлиги звено 2 нинг тезлигига биноан қуйидагича топилади. Звено 2 нинг  $B$  нуқтадаги тезлиги  $P_{31}$ ,  $P_{32}$  ва  $P_{21}$ ,  $P_{32}$  оралиқлар билан қуйидагича боғланишда бўлиб, звеноларни қарама-қарши йўналишда айлантиради:

$$v_B = \omega_{21} (P_{21} \cdot P_{32}) = \omega_{31} (P_{31} \cdot P_{32})$$

Юқоридаги боғланишдан қуйидагилар аниқланади:

$$\frac{\omega_{21}}{\omega_{31}} = - \frac{P_{31} \cdot P_{32}}{P_{21} \cdot P_{32}};$$

бундан

$$\omega_{31} = \frac{P_{21} \cdot P_{32}}{P_{31} \cdot P_{32}} \cdot \omega_{21}.$$

Айнан шу тартибда 3 ва 4 звеноларнинг ўзаро боғланишини қуйидагича тузиш мумкин:

$$\frac{\omega_{31}}{\omega_{41}} = \frac{P_{43} \cdot P_{41}}{P_{43} \cdot P_{31}}; \quad \omega_{41} = \frac{P_{43} \cdot P_{41}}{P_{43} \cdot P_{31}} \cdot \omega_{31}.$$

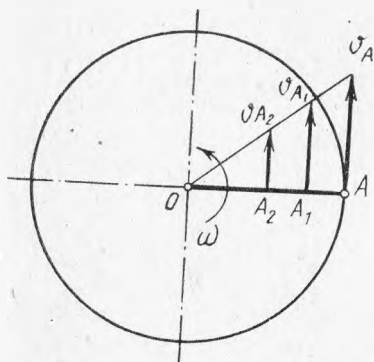
Агар звенонинг оғирлик маркази  $S$  нинг тезлигини топиш талаб этилса, у ҳолда  $S$  нуқта  $P_{31}$  абсолют ҳаракатидаги оний айланиш марказ билан туташтирилиб, қуйидагилар олинади:

$$v_s = \omega_{31} \cdot (S \cdot P_{31}) \left[ \frac{M}{\text{сек}} \right];$$

$v_s$  тезликнинг вектор йўналиши  $SP_{31}$  радиус чизиғига перпендикуляр  $\omega_{31}$  йўналишда бўлади. Механизм звеноларининг бурчагий ва чизиғий тезланишлари математикавий ҳисоблаб топилади. Бунда тезланишнинг тўғри топилганлиги тезлик ўзгариши содир бўлган вақт аниқлигига боғлиқдир.

### III. 10-§. Механизм звенолари нуқталарининг тезлик ва тезланишларини планлар тузиш йўли билан текшириш

Юқорида звено нуқталарининг тезликларини механизм оний айланиш маркази орқали топиш мумкинлигини кўрдик. Механизм ҳар қандай вазияти учун оний айланиш марказини топиш талаб этилиб, буни кам звеноли механизмлар учун қўллаш қулай. Кўп звеноли механизмларда звеноларнинг оний айланиш марказлари жуда кўпайиб, баъзан улар чизмадан ташқарига ҳам чиқиб кетиб, анча ноқулайлик туғдиради. Тезланишни математикавий ҳисоблаш йўли билан аниқланганда эса анча ноаниқликларга йўл қўйилади. Бу камчиликлардан ҳоли бўлган усул звено нуқталарининг тезлик ва тезланиш планларини вектор (21) тенгламага асосан тузишдир.



III. 11-шакл.

оралиққа боғлиқ бўлиб ва шу оралиққа пропорционал равишда ўзгаради (III. 11-шакл). Унинг математикавий ифодаси:

$$v_A = \omega \cdot OA; \quad v_{A_1} = \omega \cdot OA_1; \quad v_{A_2} = \omega \cdot OA_2$$

#### Тезлик планларини тузиш.

Вектор тенглама  $v_B = v_A + v_{BA}$  нинг геометрик қурилмасига тезлик планини ёки вектор тенгламани қутб деб олинган бирор  $P$  нуқтадан кетма-кет маълум масштабда қўйишдан ҳосил бўлган ёпиқ *кўлбурчаклик тезлик плани* дейилади. Механизм тезлик планларини тузишда қуйидагилар кўзда тутилади.

1. Айланма ҳаракатда бўлган звенолардаги ихтиёрий нуқтанинг чизиғий тезлиги айланиш марказидан нуқтагача бўлган

2. Звеноларнинг бурчагй тезлиги  $\omega$  ва бурчагй тезланишлари  $\epsilon$  шу звеноларга тегишли бўлиб, айнан шу звенонинг нуқталарига нисбатан ўзгармас қийматдир.

3. Тезлик ва тезланишлар вектор қийматлар бўлиб, улар маълум тезлик ва тезланиш масштабларида вектор кесма билан ифодаланиши мумкин.

Тезлик векторининг ўзидан бир неча марта катта, кичик ёки ўзига тенг қилиб олинган вектор кесмасига нисбатан *тезлик масштаби* деб айтилади.

$$K_v = \frac{\bar{v}_A}{P_A} \left[ \frac{.m \text{ сек}}{.m.m} \right],$$

бунда  $P_A$  ихтиёрй олинган вектор кесма, чизма жойига қараб олинади.

### III. 11-§. II класс 2- тартибли группаларнинг биринчи модификацияси учун тезликлар плани

Берилган группа (III. 12- шакл, а)  $B$  ва  $D$  нуқталарининг тездиклари ( $\bar{v}_B$ ,  $\bar{v}_D$ ) маълум.  $C$  нуқтанинг тезлигини топиш талаб этилади. Бунинг учун  $C$  нуқтанинг  $v_C$  тезлигини  $B$  ва  $D$  нуқталарининг тезликлари  $\bar{v}_B$  ва  $\bar{v}_D$  билан боғланиб векторй тенглама тузилади.

$$\bar{v}_C = \bar{v}_B + \bar{v}_{CB}; \quad (1)$$

$$\bar{v}_C = \bar{v}_D + \bar{v}_{CD};$$

(1) тенгламанинг ўнг томонларини тенглаймиз.

$$\bar{v}_B + \bar{v}_{CB} = \bar{v}_D + \bar{v}_{CD}, \quad (2)$$

(2) тенгламадан  $C$  нуқтанинг  $B$  ва  $D$  нуқталарга нисбатан нисбий тезликлар ( $v_{CB}$  ва  $\bar{v}_{CD}$ ) қийматлари номаълум вектор йўналиши маълумдир.  $\bar{v}_{CB}$  вектор  $CB$  звенога перпендикуляр.

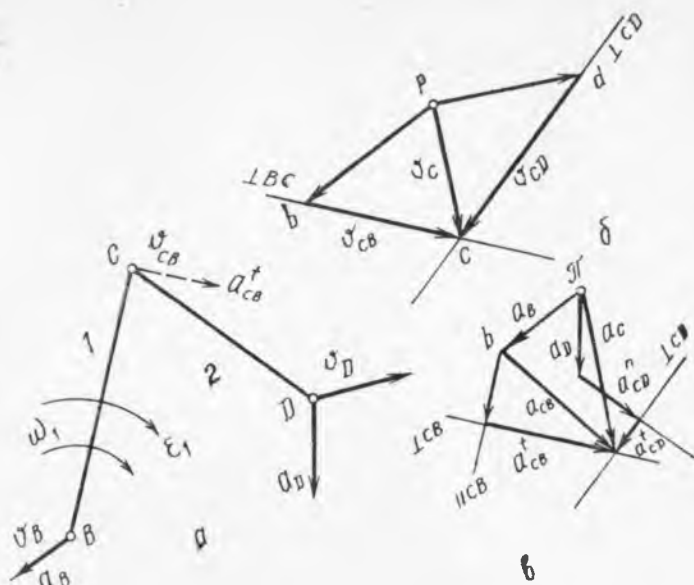
$\bar{v}_{CD}$  вектори эса  $CD$  звенога перпендикуляр йўналишда бўлади. Тезлик векторлари ( $\bar{v}_C$ ,  $\bar{v}_{CB}$  ва  $\bar{v}_{CD}$ ) ҳамда тезлик қийматлари тезлик планини тузиш йўли билан аниқланади. Бунинг учун тезлик масштаби қуйидагича танланади:

$$K_v = \frac{v_B}{P_B} \left[ \frac{.m \text{ сек}}{.m.m} \right].$$

Тезлик масштаби ёрдамида  $v_D$  тезликининг вектор ( $P_d$ ) кесмаси аниқланади.

$$P_d = \frac{v_D}{K_v} \{ .m.m \}$$

$P_B$  ва  $P_d$  кесмалар  $v_B$  ва  $v_D$  тезликларининг тезлик планидаги вектор кесмасидир. Тезлик планини тузиш учун ихтиёрй нуқта



III. 12-шакл.

( $P$  қутб) танлаб олиниб,  $v_B$  ва  $v_D$  тезликларнинг вектор немаларини ўз йўналишларида қўйилади (III. 12-шакл, б). Векторларнинг учлари  $b$  ва  $d$  нуқталардан  $v_{CB}$  ва  $v_{CD}$  тезликларни тегишлича  $CB$  ва  $CD$  звеноларга перпендикуляр ўтказиб учрашган нуқтаси  $c$  топилади. Бунда  $bc$  ва  $dc$  кесмалар  $v_{CB}$  ва  $v_{CD}$  нисбий тезликларнинг вектор кесмаларини кўрсатади.

Планда топилган  $c$  нуқтани қутб  $P$  билан туташтириб  $C$  нуқтанинг тезлик вектори  $v$  топилади.

Бинобарин, тезлик планидан  $v_C$ ,  $v_{CB}$  ва  $v_{CD}$ лар қуйидагича топилади:

$$v_C = P_C \cdot K_v; \quad v_{cb} = bc \cdot K_v; \quad v_{cd} = dc \cdot K_v.$$

Нисбий тезлик  $v_{CB}$  ва  $v_{CD}$  ларнинг вектор йўналишлари (1) тенгламага биноан аниқланади. Бунда  $v_C$  тезлигининг вектори ўнг томондаги геометрик ифода ёпувчи томон экани эътиборга олинади. Тезлик плани тузилади, сўнгра звеноларнинг бурчагий тезликлари  $\omega_{CB}$  ва  $\omega_{CD}$  ҳамда уларнинг йўналишлари топилади.

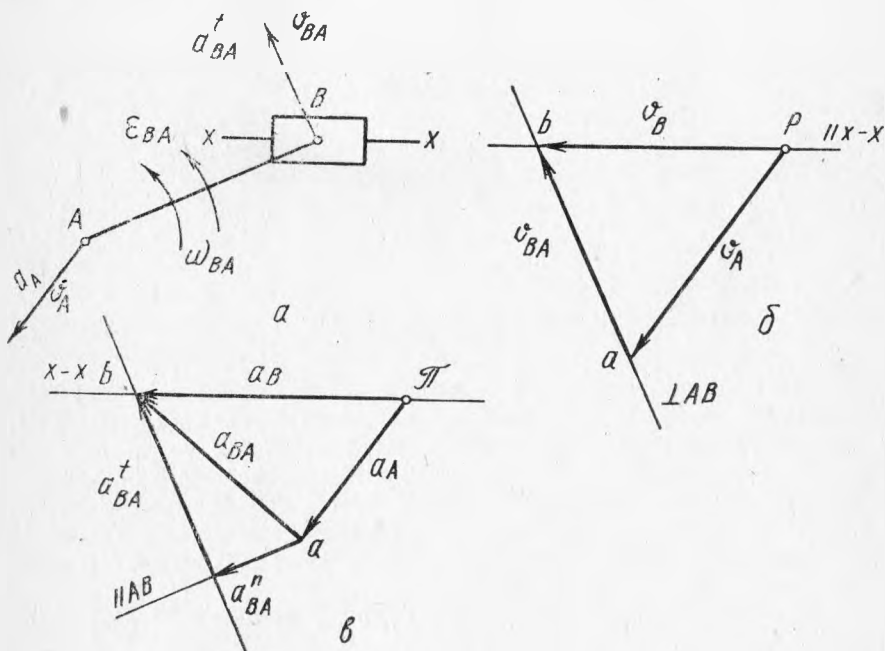
$$\omega_{CB} = \frac{v}{LCB}; \quad \omega_{CD} = \frac{v_{CD}}{LCD} \left[ \frac{1}{\text{сек}} \right].$$

Бурчагий тезликларнинг йўналиши нисбий тезлик  $v_{CB}$  ва  $v_{CD}$  ларни группанинг  $C$  нуқтасига ўз йўналишида олиб қўйиш йўли билан аниқланади.  $C$  нуқтанинг  $B$  нуқтага нисбатан бур-

чагий тезлиги  $\omega_{CB}$  соат стрелкасининг айланиши томонга бўлар экан. Тезлик планда қутбдан бошланган вектор кесмалар абсолют тезликни, векторлар учларини туташтирувчи кесмалар нисбий тезликларни кўрсатади.

### III. 12-§. II класс 2-тартибли группанинг иккинчи модификацияси учун тезликлар плани

Бундай группа таркибида сирпанма кинематикавий жуфт ташкил қилувчи звено — ползун бўлиб, унинг ҳаракати  $X-X$  ўқи бўйлаб йўналади (III. 13-шакл, а).



III. 13-шакл.

$A$  нуқтанинг тезлиги маълум,  $B$  нуқтанинг тезлигини топиш талаб қилинади. Биринчидан  $B$  нуқтанинг тезлиги  $v_B$ ,  $A$  нуқтанинг тезлиги  $v_A$  билан боғланиб, ҳаракат қилиш тенгламаси ёзилади. Бунда  $A$  нуқта ( $I$  звено) қутб деб олиниб,  $B$  нуқта унинг билан бирга ва шу қутб атрофида айланма ҳаракат қилади деб қаралади.

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA} \quad (3)$$

Иккинчидан  $B$  нуқтанинг  $X-X$  ўқи бўйлаб илгариланма-қайтар ҳаракат қилиш шартидан  $B$  нинг тезлиги фақат  $X-X$  йўналишидадир. Унинг тенгламаси қуйидагича:

$$\vec{v}_B // X-X \quad (4)$$

Демак, (3) тенгламанинг чап томонидаги  $v_B$  ва ўнг томонидаги нисбий тезликларнинг вектор йўналишлари маълум, модуль қийматлари топилиши учун тезлик масштаби танлаб олинади.

$$K_v = \frac{v_A}{Pa} \left[ \frac{m/сек}{мм} \right].$$

Сўнгра текисликда ихтиёрий нуқта — қутб  $P$  олиниб, тезлик планини (3) тенгламага биноан қурилади. Демак, қутб  $P$  дан  $v_A$  тезлики (вектор кесма  $P. a$ ) ўз йўналишида қўйиб, унинг учи  $a$  дан  $v_{BA}$  нисбий тезликнинг вектор йўналишини  $BA$  звенога перпендикуляр қилиб ўтказилади.  $v_B$  тезликнинг вектор йўналишини  $X-X$  га параллел қилиб, қутб  $P$  дан ўтказилади.  $X-X$  ва  $BA$  га ўтказилган перпендикулярнинг кесишган нуқтаси  $b$  нисбий  $v_{BA}$  абсолют  $v_B$  тезликлар кесмаларини беради. (III. 13-шакл, б). Тезлик планидан  $v_{BA}$  билан  $v_B$  ларнинг тезликлари қуйидагича аниқланади:

$$v_B = P\theta \cdot K_v \left[ \frac{m}{сек} \right];$$

$$v_{BA} = a \cdot \theta \cdot K_v, \text{ —“}$$

$AB$  звенонинг бурчагий тезлиги (III. 13-шакл, а)

$$\omega_{BA} = \frac{v_{BA}}{L_{BA}} \left[ \frac{I}{сек} \right].$$

Бурчагий тезликнинг  $\omega_{BA}$  йўналиши соат стрелкасининг айланишига тескари бўлади.

### III. 13-§. II класс 2-тартибли группанинг учинчи модификацияси учун тезликлар плани

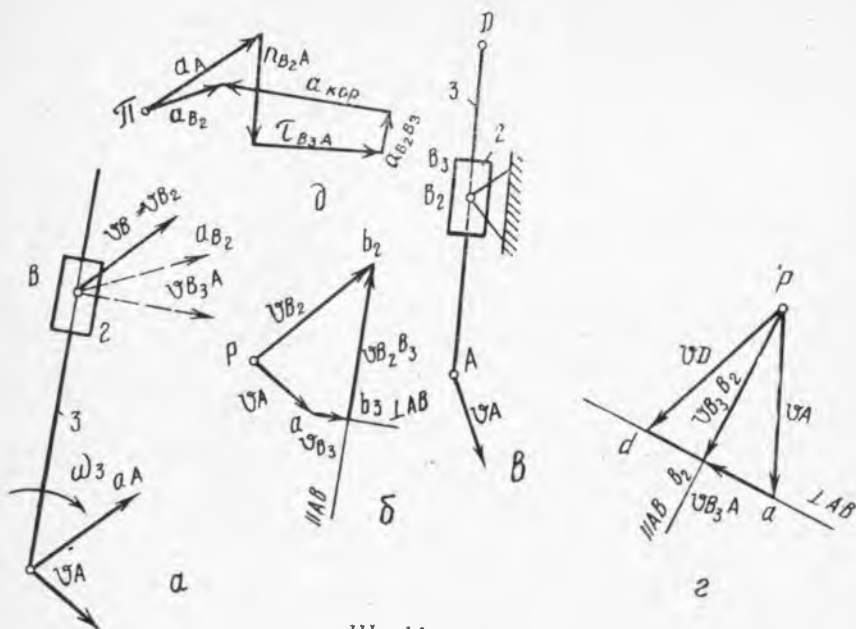
Бундай группа иккита айланма ва битта илгарилама V класс кинематикавий жуфт ташкил қилиб, бириктирилган иккита звенонинг қўшилмасидир (III. 14-шакл, а).

Группада сирпанма жуфт ташкил қилиб, бирикувчи 2 звено тош деб, 3 звено эса кулиса деб аталади. Тошнинг ҳаракати кулиса сиртида илгарилама-сирпанма ва у билан бирга айланма ҳаракат қилувчи мураккаб ҳаракатдир.

Айланма ҳаракат қилувчи  $A$  ва  $B$  шарнирларнинг тезликлари маълум бўлиб, тошнинг кулисага нисбатан тезлигини ва 3 звено  $B$  нуқтасининг тезлигини топиш талаб этилади ( $v_{B_3}$ ). Нуқта тезлиги векторий тенгламасининг математикавий ифодаси қуйидагича бўлади:

$$\vec{v}_{B_3} = \vec{v}_{B_3} + \vec{v}_{B_2 B_3}; \quad (5)$$

$$v_{B_3} = v_A + v_{B_3 A}. \quad (6)$$



III. 14-шакл.

(5) ва (6) тенгламалар қўшиб ёзилса:

$$\vec{v}_{B_2} = \vec{v}_A + \vec{v}_{B_3 A} + \vec{v}_{B_2 B_3}; \quad (7)$$

(7) тенгламадан  $v_{B_2}$  ва  $v_A$  тезликларнинг вектор йўналиши ва қиймати маълум.  $v_{B_2 B_3}$  — тошнинг кулисага нисбатан илгарилама-сирпанма ҳаракат тезлиги бўлиб,  $AB$  звенога параллел йўналишда бўлади.  $v_{B_3 A}$  — кулиса  $B_3$  нуқтасининг  $A$  га нисбатан айланма нисбий тезлиги бўлиб,  $AB$  звенога перпендикуляр йўналишда бўлади.  $v_{B_2 B_3}$  ва  $v_{B_3 A}$  тезликларнинг қиймати ва вектор йўналишларини топиш учун тезлик плани маълум масштабда чизилади (III. 14-шакл, б).

3 звенонинг бурчагий тезлиги

$$\omega_3 = \frac{v_{B_3 A}}{L_{B_3 A}}.$$

Унинг йўналиши эса соат стрелкасининг айланишига мос экан.

Агар тош пойдеворга шарнир ёрдамида бириктирилса, кулиса вазифасини бажарувчи звенога айланади (III. 14-шакл, в).



Нуқтанинг вектор тенгласи қуйидагича бўлади:

$$\overline{v_{B_3}} = \overline{v_A} + \overline{v_{B_3 A}} ; \quad (8)$$

$$\overline{v_{B_3}} = \overline{v_{B_2}} + \overline{v_{B_3 B_2}} . \quad (9)$$

Бунда  $v_{B_2}$  2 звено қўзғалмас нуқтасининг тезлиги бўлиб, нолга тенгдир. (8) ва (9) тенгламаларни биргаликда ёзилса:

$$\overline{v_A} + \overline{v_{B_3 A}} = \overline{v_{B_2 B_3}} ; \quad (10)$$

(10) тенглама ҳосил бўлади ва унинг тезлик плани (III. 14-шакл, г) да берилган.

### III. 14-§. II класс 2-тартибли группанинг тўртинчи модификацияси учун тезликлар плани

Бундай группадаги учта V класс кинематикавий жуфтлардан иккитаси илгарилама-қайтар, биттаси айланма жуфтни ташкил қилади. (III. 15-шакл, а). Бу группада 2 звено тош, 3 звено кулисадир. Тош кулиса билан У—У ўқи бўйлаб вертикал йўналишда ва Х—Х ўқи бўйлаб горизонтал йўналишда мураккаб ҳаракат қилади. 2 звено шарниридаги  $v_{A_2}$  тезлик маълум деб фараз қилинади.

У ҳолда группа нуқталарининг тезликлари қуйидагича боғланишда бўлади:

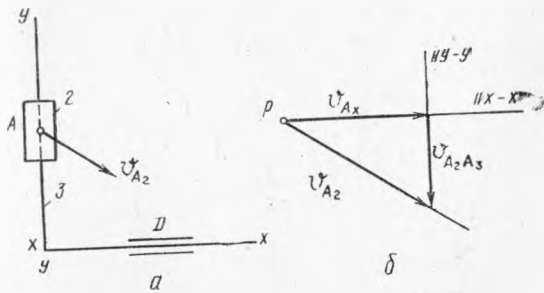
$$\overline{v_{A_2}} = \overline{v_{A_3}} + \overline{v_{A_2 A_3}} ; \quad (11)$$

$$\overline{v_{A_3}} = \overline{v_x} + \overline{v_{A_3 x}} . \quad (12)$$

Бунда  $v_x$  қўзғалмас звено (стойка)нинг тезлиги бўлиб, нолга тенг. (11) ва (12) векторий тенгламаларни биргаликда ёзиб қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\overline{v_{A_2}} = \overline{v_{A_3 x}} + \overline{v_{A_2 A_3}} . \quad (13)$$

Тезлик планини чизишда тенглама (13) нинг чап томони ўнг томондаги геометрик йиғиндининг ёпувчи томони эканини эътиборга олиш керак (III. 15-шакл, б).



III. 15-шакл.

### III. 15-§. Тўрт звеноли шарнирли текис механизмнинг тезликлар планини тузиш

Тўрт звеноли шарнирли механизм, II класс 2-тартибли Ассур группасининг биринчи модификациясини, бир томондан етакчи звено ричаг (қривошип)га, иккинчи томондан стойкага бириктириш йўли билан ҳосил қилинади. Бундай механизмлар II класс 2-тартибли механизм деб аталади (III. 16-шакл, а).

Маълум масштабда  $K_M$  чизилган чизмасига асосан механизм тезлик плани тузилади. Етакчи I звено  $\omega = \text{const}$  тезлигида айланма ҳаракат қилса, B нуқтасининг тезлиги  $v_B = \omega L_{AB} \left[ \frac{M}{\text{сек}} \right]$  бўлиб, AB звенога перпендикуляр йўналишда бўлади.

C нуқтанинг тезлиги 2 ва 3 звеноларга нисбатан ҳаракат вектор тенгламаси тузиб топилади, яъни:

$$\vec{v}_C = \vec{v}_B + \vec{v}_{CB}; \quad (14)$$

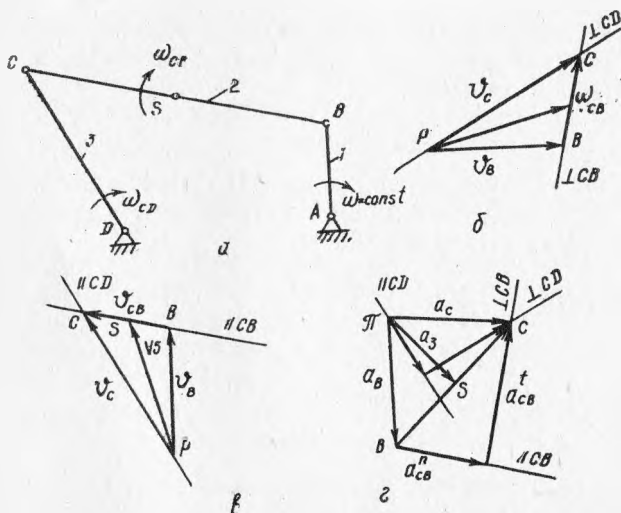
$$\vec{v}_C = \vec{v}_D + \vec{v}_{CD}, \quad (15)$$

бунда  $v_D$  — тезлик стойка D нуқтанинг тезлиги; у  $v_D = 0$ .

Вектор тенгламаларга асосан тезлик плани тузилади. Бунинг учун тезлик масштаби танланади:

$$K_v = \frac{v_B}{Pb} \left[ \frac{M/\text{сек}}{M/M} \right].$$

Сўнгра текисликда P қутб ихтиёрий танлаб олинади ва унга  $K_v$  масштабида (15) ва (14) векторий тенгламалар қатори ўзгартирилмай қўйиб чиқилади. Бунда (14), тенгламадан кўпбур-



III. 16-шакл.

чакликнинг бирор томони чиқарилса, қолган ёпувчи томони (15) тенглама ёрдамида чиқарилади. Тезликлар планидан қуйидаги тезликлар топилади (III. 16-шакл, б).

1.  $v_c = P_c \cdot K_v$  —  $C$  нуқтанинг абсолют тезлиги;

2.  $v_{CB} = CB \cdot K_v$  —  $C$  нуқтанинг  $B$  нуқтага нисбатан нисбий тезлиги;

3.  $\omega_{CB} = \frac{v_{CB}}{L_{CB}}$  —  $CB$  звенонинг бурчагий тезлиги;

4.  $\omega_{CD} = \frac{v_c}{L_{CD}}$  —  $C$  нуқтанинг  $D$  атропоида айланишидан ҳо-

сил бўлган бурчагий тезлиги.

Бурчагий тезликларнинг йўналишлари  $v_{CB}$  ва  $v_c$  лар йўналишига боғлиқ (III. 16-шакл, б).

Агар тезликлар плани чизма ўлчамидаги масштабда, яъни:  $P_b = AB$  [мм] да қурилса, ҳисоб анча осонлашади.

Тезлик масштаби

$$K_v = \frac{v_B}{P_b} = \frac{\omega_1 L_{AB}}{P_b} = \frac{\omega_1 K_M AB}{P_b} = \omega_1 K_M \left[ \frac{м}{сек \cdot мм} \right];$$

$C$  нуқтанинг абсолют тезлиги

$$v_c = P_c \cdot K_v = \omega_1 K_M \cdot P_c \left[ \frac{м}{сек} \right];$$

$v_{CB}$  нисбий тезлиги эса

$$v_{CB} = bc \cdot K_v = bc \omega_1 \cdot K_M \left[ \frac{м}{сек} \right].$$

Бурчагий тезликлар:

$$\omega_{CB} = \frac{v_{CB}}{L_{CB}} = \frac{K_M \cdot \omega_1 bc}{K_M \cdot CB} = \omega_1 \frac{bc}{CB} \left[ \frac{рад}{сек} \right];$$

$$\omega_{CD} = \frac{v_c}{L_{CD}} = \frac{K_M \cdot \omega_1 P_c}{K_M \cdot CD} = \omega_1 \frac{P_c}{CD} \left[ \frac{рад}{сек} \right].$$

Масалани осонлаштириш мақсадида баъзан тезликлар плани  $90^\circ$  га бурилган ҳолда тузилади. Бунда бурилиш етакчи звенонинг айланиш йўналишига қарама-қарши томонига бўлиб, *бурилган тезликлар плани* деб аталади (III. 16-шакл, в).

### III. 16-§. III класс мураккаб механизм учун тезликлар планини тузиш

III класс мураккаб механизмга қўндаланг рандалаш станогининг 6 звеноли кулисали қирқинч механизми мисол бўла олади (III. 17-шакл, а). Бундай механизм III класс 3-тартибли группадан тузилади.

Механизмнинг тезликлар панини тузиш учун  $B$  нуқтанинг тезлиги топилади:

$$\bar{v}_{B_1} = \bar{v}_{B_2} = \omega_1 \cdot OB_2 \left[ \frac{m}{сек} \right].$$

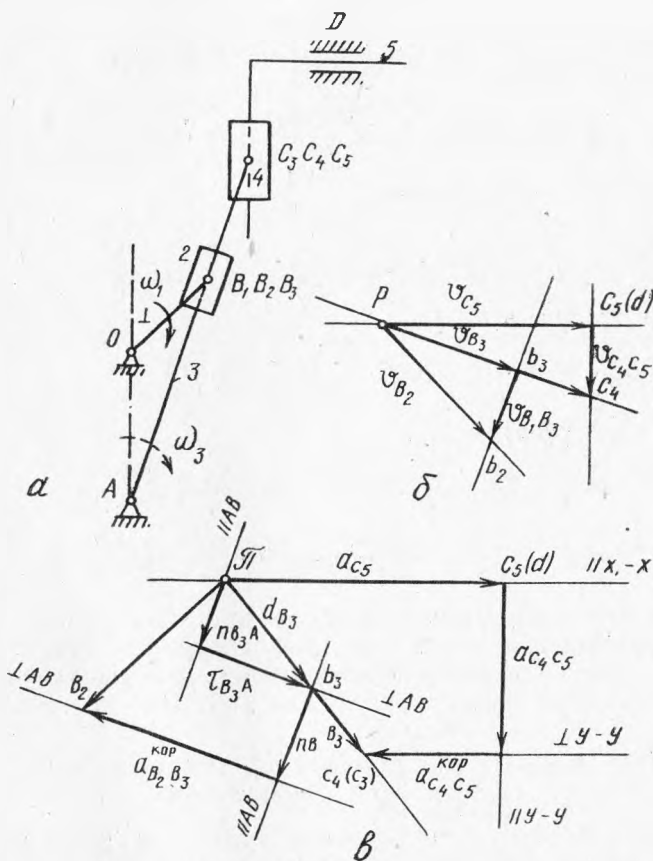
Шундан сўнг,  $B_2$  нуқтанинг 3 звенгога нисбатан  $B_3$  векторини тенгламаси тузилади:

$$v_{B_2} = v_{B_3} + v_{B_2, B_3}; \quad (16)$$

(16) тенгламадаги  $v$  — тезлик 3 звенонинг  $A$  шарнир атрофида айланишидан ҳосил бўлган тезликдир.

$$v_{B_3} = v_A + v_{B_3, A}. \quad (17)$$

$A$  шарнир қўзғалмас бўлганлигидан (17) тенгламадаги  $v_A = 0$ . (16) ва (17) лар қўшиб ёзилиб:



III. 17-шакл:

1 кривошип; 2 ва 4 тош; 3 ва 5 кулиса.

$$v_{B_2} = v_{B_3 A} + v_{B_2 B_3}; \quad (18)$$

тезликлар масштаби танланади:

$$K_v = \frac{v_{B_2}}{P b_2} \left[ \frac{m/сек}{мм} \right]. \quad (19)$$

Қейин ихтиёрый  $P$  нуқта танлаб олиниб векторий тенгламаси (18) га асосан тезликлар планини тузилади. Бунинг учун  $P$  нуқтадан  $P b_2$  ни  $O B_2$  га перпендикуляр қилиб ўтказилади. Вектор тенгламаси (18) га кўра  $v_{B_2}$  ўнг томондаги векторлар йиғиндиси (ёпувчи) эканлигини назарда тутиб,  $P b_2$  нинг  $v_2$  учидан  $B_3 A$  га параллел  $v_{B_2 B_3}$  тезлик вектори ва қутб бошидан  $B_3 A$  га перпендикуляр  $v_{B_3 A}$  векторлари ўтказилиб уларнинг кесилган нуқтаси  $B_3$  топилади. Шундай қилиб,  $P b_2 b_3$  учбурчаклик ҳосил қилиниб,  $A B_3$  нинг  $A C$  га нисбатан  $C$  нуқтанинг тезлиги топилади:

$$\frac{A B_3}{A C} = \frac{v_{B_3 A}}{v_{C A}} = \frac{P b_3}{P \cdot c};$$

бундан  $P c$  кесма аниқланади:

$$P c = \frac{A C}{A B_3} P b_3 [мм],$$

$C$  нуқта тезликлар планида  $P b_3$  нинг давомида ётади.  $P c$  кесма  $C_3$  ва  $C_4$  нуқталарнинг тезлигини кўрсатади:

$$v_{C_3} = v_{C_4} = R c_4 \cdot K_v \left[ \frac{m}{сек} \right].$$

Қуйидаги векторий тенгламалардан  $c_5$  нуқтанинг тезлиги топилади:

$$\vec{v}_{c_4} = \vec{v}_{c_5} + \vec{v}_{c_4 c_5};$$

$$\vec{v}_{c_5} = \vec{v}_x + \vec{v}_{c_5 x}. \quad (19)$$

Бу тенгламаларнинг биринчисига кўра тезликлар планидаги  $c_4$  нуқтадан  $Y—Y$  ўқига параллел, иккинчи тенгламага биноан қутб  $P$  дан  $X—X$  ўқига параллел чизиқлар ўтказилиб, уларнинг кесилган нуқтаси  $c_5$  топилади. Шундай қилиб,  $P B_2 B_3 C_4 C_5 P$  тезликлар плани ҳосил қилинади (III. 17-шакл, б). Тезлик векторларининг йўналиши векторий тенгламаларга биноан аниқланади. Тезликлар планидан қуйидаги тезликларни топилади:

$$v_{B_3} = P b_3 \cdot K_v \left[ \frac{m}{сек} \right] — B_3 \text{ нуқтанинг абсолют тезлиги;}$$

$$v_{C_4} = P c_4 \cdot K_v \quad \text{— } C_4 \text{ нуқтанинг абсолют тезлиги;}$$

$$v_{C_5} = P c_5 \cdot K_v \quad \text{— } C_5 \text{ нуқтанинг абсолют тезлиги;}$$

$$v_{B_2 B_3} = b_2 b_3 \cdot K_v \quad \text{— } B_2 \text{ нуқтанинг } B_3 \text{ га нисбатан нисбий тезлиги;}$$

$v_{C_4C_3} = c_4 c_5 \cdot K_v$  —  $C_4$  нуқтанинг  $C_5$  га нисбатан нисбий тезлиги;

$\omega_3 = \frac{v_{B_3}}{L_{AB}} \left[ \frac{\text{рад}}{\text{сек}} \right]$  — 3 звенонинг бурчагий тезлиги;

$\omega_4 = \frac{v_{C_4}}{L_{AC_4}} \left( \frac{\text{рад}}{\text{сек}} \right)$  — 4 звенонинг бурчагий тезлиги.

### III. 17- §. Механизмларнинг тезланишлар планини тузиш

Механизмларнинг тезланишлар планини тузиш, тезликлар планини тузиш усулига асосланган. Текис механизм алоҳида олинган звеноларнинг тезланишлари қуйидаги икки теоремага биноан геометрик қўшилади.

**I теорема.** *Текис шакл нуқтасининг абсолют тезланиши қутб тезланиши билан қутбга нисбатан айланма тезланишларнинг геометрик йиғиндисига тенг (III. 18- шакл, а).*

*В нуқтанинг тезланиши I теоремага асосан:*

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA} \quad (20)$$

**II теорема.** *Айланма ҳаракатдаги қаттиқ жисм нуқтасининг тезланиши абсолют тезланиш ёки нисбий тезланиш бўлишидан қатъи назар, нормал ва уринма тезланишларнинг геометрик йиғиндисига тенг (III. 18- шакл, б).*

$$\bar{a}_{B_0} = \bar{a}^n_{B_0} + \bar{a}^t_{B_0} \quad (21)$$

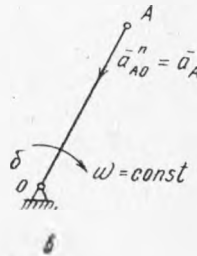
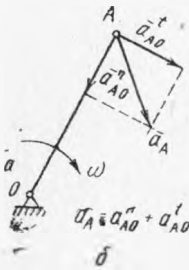
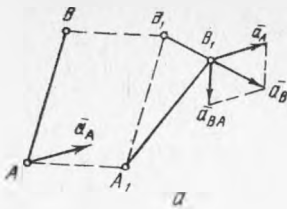
Тезланиш планини тузишда механизм етакчи звеносининг бурчагий тезлиги  $\omega \left[ \frac{\text{рад}}{\text{сек}} \right]$  ёки минутига айланишлар сони  $n \left[ \frac{\text{айл}}{\text{мин}} \right]$  ўзгармас катталиқ деб қабул қилинади:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \text{const.}$$

У вақтда звенонинг бурчагий тезланиш  $\epsilon = \frac{d\omega}{dt} = 0$  бўлиб, у ҳолда  $A$  нуқтанинг уринма тезланиши ҳам нолга тенг бўлади (III. 18- шакл, в):

$$a^t = \epsilon \cdot OA = 0$$

Шундай қилиб, кривошип нуқтасининг тўла тезланиши фақат нормал тезланишдан иборат бўлиб, у  $OA$  га параллел ва  $A$  дан  $O$  га томон йўналган бўлади. Бу нормал тезланиш ёки марказга интилувчи тезланиш дейилади. Демак, етакчи звено нуқтаси битта тезланишга эга экан, уни қуйидагича ҳисоблаймиз:



III. 18-шакл.

$$a_{AO}^n = a_A = \frac{v^2}{L_{OA}} = \omega^2 L_{AO}.$$

Тезланиш масштаби топилган миқдорни ихтиёрий кесмага бўлиб, аниқланади:

$$K_a = \frac{a_A}{\pi a} \left[ \frac{\text{м/сек}^2}{\text{мм}} \right].$$

бунда  $\pi$  — тезланишлар планининг қутби;  $\pi a$  — тезланиш векторини кўрсатадиган ихтиёрий кесма;  $K_a$  — тезланиш масштаби.

### III. 18-§. II класс 2-тартибли Ассур группасининг биринчи модификацияси учун тезланишлар плани

$B$  ва  $D$  нуқталарнинг тезликлари (III. 12-шакл, б га қаранг). Маълум берилган группа барча нуқталарнинг абсолют ва нисбий тезликлари аниқланиб, тезликлар плани тузилади ва уларга асосан берилган группанинг тезланиш плани қурилади.

Юқоридаги теоремаларга асосан  $B$  ва  $D$  нуқталарга нисбатан ҳаракат векторий тенгламалари тузилиб,  $C$  шарнирнинг тезланиши топилди. Улар қуйидагича боғланишдадир:

$$a_C = a_B + a_{CB} = a_B + a_{CB}^n + a_{CB}^t \quad 1\text{-звенога нисбатан};$$

$$a_C = a_D + a_{CD}^n + a_{CD}^t \quad 2\text{-звенога нисбатан}.$$

Тенгламалардаги  $a_{CB}^n$  ва  $a_{CD}^n$  ларни тезлик планидан аниқланган тезликлар векторлари орқали топиш қийин эмас, яъни:

$$a^{n_{CB}} = \frac{v^2_{CB}}{L_{CB}} = \frac{(cb \cdot Kv)^2}{L_{CB}} \left[ \frac{M}{\text{сек}^2} \right];$$

$$a^{n_{CD}} = \frac{v^2_{CD}}{L_{CD}} = \frac{(CD \cdot Kv)^2}{L_{CD}} \left[ \frac{M}{\text{сек}^2} \right].$$

Бу тезланиш нормал тезланиш бўлиб, звенога параллел звено учун қутб деб олинган нуқтага томон йўналади, яъни  $\bar{a}^{n_{CB}}$  тезланиш  $C$  дан  $B$  га томон,  $\bar{a}^{n_{CD}}$  эса  $C$  дан  $D$  га томон йўналган бўлади. Буларнинг вектор кесмалари тезланиш масштаби ёрдамида қўйидагича аниқланади:

$$n_{CB} = \frac{a^{n_{CB}}}{K_a} [MM]; \quad n_{CD} = \frac{a^{n_{CD}}}{K_a} [MM].$$

Уринма тезланишлар ( $\bar{a}^t_{CB}$  ва  $\bar{a}^t_{CD}$ ) звеноларга перпендикуляр йўналишда бўлиб, қийматлари номаълум.

$c$  нуқтанинг абсолют тезланиши билан уринма тезланишлари ( $\bar{a}^t_{CB}$ ,  $\bar{a}^t_{CD}$ ) ни тезланишлар плани тузиб топилади.

Векторий тенгламаларга биноан, текисликда танланган  $\pi$  нуқтадан (III. 12- шакл,  $v$  га қаранг).

$a_B$  тезланиш вектор йўналишида қўйилган  $\pi$  кесманинг  $v$  учидан  $a^{n_{CB}}$  нинг вектор қиймати  $n_{CB}$ ,  $CB$  га параллел  $C$  дан  $B$  га томон йўналишда ўлчаб қўйилади. Шунингдек,  $\pi$  нуқтадан  $\pi d$  кесма ( $a_D$ ) ва унинг  $d$  учидан  $n_{CD}$ ,  $CD$  звенога параллел қилиб,  $C$  дан  $D$  га томон йўналишда олинади. Шундан сўнг, нормал  $n_{CB}$  ва  $n_{CD}$  ларнинг  $v$  ва  $d$  учларидан  $CB$  ва  $CD$  звеноларга перпендикуляр ( $\bar{a}^t_{CB}$ ,  $\bar{a}^t_{CD}$ ) чизиқлар ўтказилади. Бу перпендикулярлар кесишишидан  $C$  нуқта ҳосил бўлади. Топилган  $c$  нуқта қутб  $\pi$  билан туташтирилиб  $a_c$  тезланиш топилади:

$$a_c = \tau c \cdot K_a \left[ \frac{M}{\text{сек}^2} \right].$$

Тезланиш планидаги  $\tau_{CB}$  ва  $\tau_{CD}$  перпендикуляр кесмалар  $K_a$  масштабда  $C$  нуқтанинг  $B$  ва  $D$  атрофида айланишидан ҳосил бўлган уринма тезланишларнинг ҳақиқий катталикларини беради (III. 12- шакл,  $v$  га қаранг).

$a^t_{CB} = \tau_{CB} \cdot K_a$  —  $C$  нуқтанинг  $B$  атрофида айланишидан ҳосил бўлган уринма тезланиши.

$a^t_{CD} = \tau_{CD} \cdot K_a$  —  $C$  нуқтанинг  $D$  атрофида айланишидан ҳосил бўлган уринма тезланиши.

$CB$  ва  $CD$  звеноларнинг бурчагий тезланишлари уларга тегишли уринма тезланишларини ўз радиусларига (звено узунлигига) бўлиш йўли билан топилади.

$$\varepsilon_{CB} = \frac{a^t_{CB}}{L_{CB}}; \quad \varepsilon_{CD} = \frac{a^t_{CD}}{L_{CD}} \left[ \frac{Rad}{\text{сек}^2} \right].$$



Звено бурчагий тезланишининг йўналиши эса нуқтанинг уринма тезланишлар йўналиши билан аниқланади. Масалан,  $C$  нуқтанинг  $B$  га нисбатан айланишидан ҳосил бўлган уринма тезланиш  $a_{CB}^t$   $CB$  га перпендикуляр ҳолда, ўнг томонга йўналганлиги тезланишлар плани ( $\tau_{CB}$ ) дан кўриниб турибди. Шу тезланиш векторини  $C$  нуқтага олиб қўйилиб, сўнгра  $B$  нуқтадан қаралса,  $\epsilon_{CB}$  нинг соат стрелкаси айланиши томон йўналганлиги аниқланади.

Тезланишлар планидаги  $v$  ва  $d$  нуқталар топилган  $c$  нуқта билан туташтирилса, тегишлича  $C$  нуқтанинг  $B$  ва  $D$  нуқталар атрофида айланишидаги тўла нисбий тезланишлари топилади. Тезланишларнинг скаляр қиймати тезланишлар планидаги  $sv$  ва  $cd$  кесмаларни тезланишлар масштабига кўпайтириш йўли билан топилади:

$$a_{CB} = sv \cdot K_a \left[ \frac{m}{\text{сек}^2} \right] - C \text{ нуқтанинг } B \text{ га нисбатан тўла нисбий тезланиши.}$$

$$a_{CD} = cd \cdot K_a \left[ \frac{m}{\text{сек}^2} \right] - C \text{ нуқтани } D \text{ га нисбатан тўла нисбий тезланиши.}$$

### III. 19-§. II класс 2- тартибли Ассур группасининг иккинчи модификацияси учун тезланишлар плани

Группа  $A$  нуқтасининг тезланиши берилган, группага тегишли тезлик плани тузилган (III. 13-шакл,  $b$  га қаранг) ҳамда нуқталар тезликлари ҳисоблаб топилган.  $B$  нуқтанинг тезланиши, унинг  $A$  ва  $X-X$  ўқи билан боғланиш векторий тенгламасидан топилади, яъни:

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^t;$$

$$\bar{a}_B = \bar{a}_x + \bar{a}_{B_x}.$$

Векторий тенгламалардаги  $\bar{a}_A$  ва  $\bar{a}_{BA}^n$  тезланишларнинг векторий қийматлари берилган, шуларга асосланиб тезланиш масштаби танланади:

$$K_a = \frac{a_A}{\tau_a} \left[ \frac{m/\text{сек}^2}{mm} \right];$$

бунда  $\tau_a$  кесма  $a_A$  тезланишнинг ихтиёрий олинган векторий қиймати.

$$a_{BA}^n = \frac{v_{BA}^2}{L_{BA}} \left[ \frac{m}{\text{сек}^2} \right];$$

$a_{BA}^n$  нинг вектор кесмаси масштабдагига кўра тубандагича ҳисобланади:

$$n_{BA} = \frac{a_{BA}^n}{Ka} [мм].$$

Векторий тенгламанинг геометрик кўриниши — тезланишлар плани тузилади.  $B$  нуқта векторий тенгламасининг биринчисига биноан  $n_{BA}$  ни  $\pi a$  вектор кесма учидан  $BA$  га параллел қилиб,  $B$  дан  $A$  га томон йўналтирамиз, сўнгра  $n_{BA}$  нинг учидан унга перпендикуляр қилиб  $a_{BA}^t$  тезланишнинг вектор кесмаси ўтказилади, шу тенгламанинг иккинчисига мувофиқ эса  $\pi$  дан ( $a_x = 0$  бўлгани учун қутбда ётади)  $X-X$  йўналтирувчига параллел чизиқ ўтказилади. Ўтказилган перпендикуляр ва параллел чизиқларнинг кесишишидан  $v$  нуқта ҳосил бўлади. Тезланишлар планида олинган нуқтани қутб билан туташтирувчи  $\pi v$  кесма,  $B$  нуқтанинг абсолют тезланишини беради (III. 13-шакл,  $v$  га қаранг).

$$a_B = \pi b \cdot Ka \left[ \frac{м}{сек^2} \right] \quad - B \text{ нуқтанинг абсолют тезланиши.}$$

$$a_{BA}^t = \pi ba \cdot Ka \left[ \frac{м}{сек^2} \right] \quad - B \text{ нуқтанинг } A \text{ нуқта атрофида айланишидан ҳосил бўлган уринма тезланиши.}$$

$$a_{BA} = ab \cdot Ka \left[ \frac{м}{сек^2} \right] \quad - B \text{ нуқтанинг } A \text{ атрофида айланишидан ҳосил бўлган тўла нисбий тезланиш.}$$

$$\varepsilon_{BA} = \frac{a_{BA}^t}{L_{BA}} \left[ \frac{рад}{сек^2} \right] \quad - B \text{ нуқтанинг } A \text{ атрофида айланишидан ҳосил бўлган бурчагий тезланиш.}$$

### III. 20-§. II класс 2-тартибли Ассур группасининг учинчи модификацияси учун тезланишлар плани

II класс 2-тартибли Ассур группасининг учинчи модификация кулисали группа дейилади. Кулиса 3 тебранма ёки айланма ҳаракат қилса у ҳолда тош 2 нинг умумий тезланиши учта тезланиш йигиндисидан иборат мураккаб ҳаракатда бўлади (III. 14-шаклга қаранг).

Масаланинг берилиш шартидан ва группа барча нуқталарининг тезликлари, тезлик планидан кулисали группа  $A$  ва  $B$  нуқталарининг тезланишлари маълум.

Биринчидан. Тошнинг кулиса билан биргаликда ҳаракати: кўчирма ҳаракатдаги тезланиш  $a_{B3}$ ; кулисага нисбатан илгариланма-сирпанма тезланиш  $a_{E_2B_3}$  ҳамда қўшимча тезланиш ҳисобланган кориолис тезланишлар билан ифодаланади, яъни:

$$\bar{a}_{B_2} = \bar{a}_{B_3} + \bar{a}_{B_2 B_3} + \bar{a}_{кор}. \quad (22)$$

Иккинчи дан. Кулиса ўз навбатида,  $A$  нуқта билан бирга ва унинг атрофида айланма тезланишда ҳаракат қилади. Буларнинг математик ифодаси қуйидагича:

$$\vec{a}_{B_3} = \vec{a}_A + \vec{a}^n_{B_3A} + \vec{a}^t_{B_3A}. \quad (23)$$

(22) ва (23) тенгламалардаги  $a_{B_3}$  ва  $a_A$  ларнинг қийматлари ва вектор йўналишлари маълум.  $a_{B_3B_2}$  тош — кулиса сиртида сирпанма тезланишда бўлиб, у  $AB$  га параллел йўналишда ҳаракатланади. Кориолис тезланиш эса назарий механика қондасига биноан қуйидагича

$$a_{\text{кор}} = 2v_{B_3B_2} \cdot \omega_3.$$

Бу тезланиш уни топган француз олими Гостав Кориолис (1792—1843) номи билан аталади. Тезланишнинг йўналиши эса профессор Н. Е. Жуковский қондаси ёрдамида топилади.

Кориолис тезланишнинг йўналиши, тош нисбий тезлик вектори  $v_{B_3B_2}$  нинг кулиса бурчагий тезлиги  $\omega_3$  йўналишида  $90^\circ$  га бурилган томонида бўлади. Тезланишлар планини тузиш учун (22) ва (23) қўшиб ёзилади, яъни:

$$\vec{a}_{B_3} = \vec{a}_A + \vec{a}^n_{B_3A} + \vec{a}^t_{B_3A} + \vec{a}_{B_3B_2} + \vec{a}_{\text{кор}} \quad (24)$$

Тезланишлар планини тузишда (24) тенгламанинг чап томонидаги  $a_{B_3}$  ўнг томондаги векторларнинг ёпувчи томони эканини назарда тутиш керак (III. 14-шакл,  $d$  га қаранг).

### III. 21-§. Тўрт звеноли шарнирли текис механизмнинг тезланишлар плани

Тўрт звеноли шарнирли механизм II класс 2-тартибли Ассур группасининг биринчи модификацияси етакчи звено ва стойканинг бирикишидан ҳосил бўлиб, унинг звено нуқталари тезланишлар плани III. 12-шакл,  $v$  даги сингари тузилади. Бунинг учун механизм кинематик схемаси маълум масштабда  $K_m$  чизиб олиниб, унинг тезликлар плани ҳам тузилган бўлиши лозим (III. 16-шакл,  $a, b$  ларга қаранг). Механизмнинг тезланишлар планини тузишда етакчи звено (қривошип)нинг тезлиги ўзгармас деб қабул қилинади, яъни:

$$\omega_1 = \frac{\pi n}{30} = \text{const.}$$

Бундай ҳол учун  $B$  нуқтанинг тўла тезланиши фақат нормал тезланишдан иборат  $AB$  га параллел айланиш марказига томон йўналган бўлиб, унинг скаляр қиймати қуйидагича, яъни:

$$a_B = \frac{v_{BA}^2}{L_{BA}} = \omega_1^2 L_{AB} \left[ \frac{M}{\text{сек}_2} \right].$$

$C$  нуқтанинг тезланиши  $B$  ва  $D$  нуқталарнинг тезланишлари билан боғланиш векторий тенгламаларидан фойдаланиб аниқланди, яъни:

$$\bar{a}_C = \bar{a}_B + \bar{a}^n_{CB} + \bar{a}^t_{CB}; \quad (25)$$

$$\bar{a}_C = \bar{a}_D + \bar{a}^n_{CD} + \bar{a}^t_{CD}.$$

Бу векторий тенгламадаги  $a^n_{CB}$  ва  $a^n_{CD}$  ларнинг тезлик векторлари орқали топилиши юқорида кўриб чиқилган эди, яъни:

$$a^n_{CB} = \frac{v^2_B}{L_{CB}} = \frac{(C_B \cdot Kv)^2}{L_{CB}} \left[ \frac{м}{сек^2} \right];$$

$$a^n_{CD} = \frac{v^2_{CD}}{L_{CD}} = \frac{(P_C \cdot Kv)^2}{L_{CD}} \left[ \frac{м}{сек^2} \right].$$

Берилган тезланишларга асосан тезланиш масштаби танлаиб олиниб, тезланишлар плани тузилади. Тезланиш масштабини танлашда етакчи звенонинг тезланиш қийматидан фойдаланиш қулай, чунки тезланишлар плани ўша вектор кесмадан бошланади, тезланиш масштаби қуйидагича:

$$K_a = \frac{a_B}{\tau_B} \left[ \frac{м/сек^2}{мм} \right].$$

Шундан сўнг  $a_{CB}$  ва  $a_{CD}$  ларнинг вектор кесмалари топилади:

$$n_{CB} = \frac{a^n_{CB}}{K_a} [мм]; \quad n_{CD} = \frac{a^n_{CD}}{K_a} [мм].$$

(25) тенгламанинг биринчисига биноан  $n_{CB}$  ни  $пв$  вектор кесма учидан  $CB$  га параллел қилиб,  $C$  дан  $B$  га томон,  $n_{CD}$  ни эса  $d$  нуқтадан ( $a = 0$  бўлгани учун  $\pi$  нуқтада ётади)  $CD$  га параллел қилиб,  $C$  дан  $D$  га томон йўналтирилади. Кейин  $n_{CB}$  ва  $n_{CD}$  нормал кесмаларнинг учидан, шу кесмаларга перпендикуляр чизиқлар ўтказилади. Бу икки перпендикуляр  $c$  нуқтада кесишади.  $пс$  кесма  $K_a$  масштабда  $C$  нуқтанинг абсолют тезланишини,  $\tau_{CB}$  ва  $\tau_{CD}$  кесмалар эса тегишлича  $C$  нуқтанинг  $B$  ва  $D$  атрофида айланишидан ҳосил бўлган уринма тезланишларининг ҳақиқий катталикларини ифодалайди. (III. 16-шакл,  $г$ )  $BC$  ва  $BD$  звеноларининг бурчагий тезланишлари эса қуйидагича:

$$\epsilon_{CB} = \frac{a^t_{CB}}{L_{CB}} = \frac{\tau_{CB} \cdot K_a}{L_{CB}}; \quad \epsilon_{CD} = \frac{a^t_{CD}}{L_{CD}} = \frac{\tau_{CD} \cdot K_a}{L_{CD}} \left[ \frac{рад}{сек} \right].$$

Бурчагий тезланишларнинг йўналиши тегишли уринма тезланишининг йўналишига қараб топилади. Тезланишларнинг ҳақиқий катталиклари тезланишлар планидаги тегишли кесмаларни тезланишлар масштабига кўпайтириш йўли билан топилади:

$a_c = \pi c \cdot K_a$  [м/сек<sup>3</sup>] —  $C$  нуқтанинг абсолют тезланиши;  
 $a_{CB}^n = n_{CB} \cdot K_a$  „ —  $C$  нуқтанинг нормал тезланиши;  
 $a_{CB}^t = \tau_{CB} \cdot K_a$  „ —  $C$  нуқтанинг уринма тезланиши;  
 $a_{CD} = cb \cdot K_a$  „ —  $C$  нуқтанинг  $B$  атрофида айланишидан ҳосил бўлган тўла нисбий тезланиши;  
 $a_{CD}^t = \tau_{cd} \cdot K_a$  „ —  $C$  нуқтанинг  $D$  га нисбатан айланишидан ҳосил бўлган уринма тезланиши.

Ҳисобни соддалаштириш учун баъзан тезланиш масштаби чизма масштабига тенг қилиб олинади, яъни  $lv$  кесма  $AB$  чизма узунлиги билан бир хил олинади ( $lv = AB$ ).

У вақтда тезланиш масштаби қуйидагича, яъни:

$$K_a = \frac{a_B}{\pi b} = \frac{v^2_B}{L_{AB} \cdot \pi B} = \frac{\omega_1^2 L_{AB}}{AB} = \frac{\omega_1^2 \cdot AB \cdot K_M}{AB} = \omega_1^2 K_M = \omega_1 \cdot K_v.$$

Нормал тезланишлар  $a_{CB}^n$  ва  $a_{CD}^n$  қиймати тезлик планидан (III. 16-шакл, б) қуйидагича ҳисобланади, яъни:

$$a_{CB}^n = \frac{v^2_{CB}}{L_{CB}} = \frac{Kv^2 \cdot (bc)^2}{K_M \cdot (CB)} = \frac{\omega_1^2 K_M (bc)^2}{BC} = K_a \frac{(bc)^2}{BC};$$

$$a_{CD}^n = \frac{v^2_{CD}}{L_{CD}} = \frac{Kv^2 \cdot (PC)^2}{K_M \cdot (DC)} = K_a \frac{(PC)^2}{DC}.$$

Бундан уринма тезланиши  $a_{CB}^t$  ва  $a_{CD}^t$  лар қиймати,

$$a_{CB}^t = K_a \cdot \tau_{cb} = \omega_1^2 \cdot K_M \cdot \tau_{cb};$$

$$a_{CD}^t = K_a \cdot \tau_{cd} = \omega_1^2 \cdot K_M \cdot \tau_{cd}.$$

Бинобарин,  $C$  нуқтанинг тўла тезланиши

$$a_c = K_a \cdot \pi \varepsilon = \omega_1^2 \cdot K_M (\pi \varepsilon).$$

Демак,  $BC$  ва  $CD$  звелоларнинг бурчагий тезланишлари:

$$\varepsilon_{CB} = \frac{a_{CB}^t}{L_{CB}} = \frac{\omega_1^2 K_M (\tau_{cb})}{(K_M \cdot (BC))} = \omega_1^2 \frac{(\tau_{cb})}{(BC)};$$

$$\varepsilon_{CD} = \frac{a_{CD}^t}{L_{CD}} = \frac{\omega_1^2 K_M (\tau_{cd})}{K_M (CD)} = \omega_1^2 \frac{(\tau_{cd})}{(CD)}.$$

### III. 22-§. III класс мураккаб механизм учун тезланиш планини тузиш

Бунга кўндаланг раидалаш станогининг 6 звелоли кулисали механизм мисол бўла олади (III. 17-шаклга қаранг).

Механизмнинг тезликлар плани (III. 17-шакл, б га қаранг) тузилган, етакчи звеноси 1 ўзгармас тезликда айланма ҳаракат қилади. Бундай механизмлар тезланишлар планини тузишда кулисали группа тезланишлар планини қуриш усули эсланади. Механизмнинг 2 ва 3 звелолари *тош* деб аталади. Бу звелолар кулиса 3 ва 5 лар билан уч хил тезланиш ҳосил қилади.

Тезланиш плани II класс 2- тартибли группанинг учинчи ва бешинчи модификациялари учун тузилади.

$B$  нуқтанинг тезланиши,

$$a_B = \omega_1^2 \cdot L_{OB} \left[ \frac{M}{\text{сек}^2} \right]$$

тенг бўлиб, 1 ва 2 звеноларга тегишлидир, яъни:

$$a_{B_1} = a_{B_2}.$$

Қуйидагича тезланиш масштаби танланади:

$$K_a = \frac{a_{B_2}}{\pi_{B_2}} \left[ \frac{M}{\text{сек}^2 \cdot \text{мм}} \right].$$

$B_2$  нуқтанинг  $B_3$  ва  $A$  нуқталарга нисбатан боғланиш векторий тенгламаси қуйидаги математикавий ифода кўринишида ёзилади:

$$\bar{a}_{B_2} = \bar{a}_{B_3} + \bar{a}_{B_2 B_3} + a_{B_3 B_2}^{\text{кор}};$$

$$\bar{a}_{B_2} = \bar{a}_A + \bar{a}_{B_3 A}^n + a_{B_3 A}^t.$$

(26) тенгламадаги  $a_A = 0$ .

Тезланиш  $\bar{a}_{B_3 A}^n$  ва  $a_{B_2 B_3}^{\text{кор}}$  лар тезликлар планидан аниқланади.

$$a_{B_3 A}^n = \frac{v_{B_3 A}}{L_{B_3 A}} \left[ \frac{M}{\text{сек}^2} \right]$$

$$a_{B_2 B_3}^{\text{кор}} = 2v_{B_2 B_3} \cdot \omega_3 \left[ \frac{M}{\text{сек}^2} \right].$$

Тезланишларнинг векторий қийматлари  $K_a$  масштаб ёрдамида аниқланиб, сўнгра текисликда ихтиёрий  $\pi$  нуқта танлаб олинади ва юқоридаги тартибда тезланиш плани қурилади (III. 17-шакл,  $v$  га қаранг).

Тезланиш планидаги  $v_3$  нуқтани қутб боши  $\pi$  билан туташтириб, унинг давомида ётган  $c_4$  ни  $AB_3$  га нисбатан пропорция тузиб топилади, яъни:

$$\frac{AB_3}{AC_4} = \frac{\pi b_3}{\pi c_4}; \quad \pi c_4 = \pi b_3 \frac{AC_4}{AB_3} [MM].$$

$\pi c_4$  — кесма  $c_4$  нуқтанинг абсолют тезланишининг векторий қийматидир.  $c_4$  нуқтанинг  $c_5$  ва  $X-X$  ўқларга нисбатан боғланиш векторий тенгламаси қуйидагича ифодаланади:

$$a_{c_4} = a_{c_5} + a_{c_4 c_5} + a_{c_4 c_5}^{\text{кор}}; \quad (27)$$

$$a_{c_5} = a_x + a_{c_5 x}.$$

(27) тенгламадаги  $a_x = 0$ .

Тезланиш  $a_{c_4 c_5}^{\text{кор}}$  эса тезлик планидан топилади:

$$a_{c_1 c_5}^{\text{кор}} = 2v_{c_1 c_5} \omega_4 \left[ \frac{M}{\text{сек}^2} \right].$$

$a_{c_1 c_5}$  ва  $a_{c_5 c_1}$  тезланишларнинг вектор йўналишлари тегишлича  $Y-U$  ва  $X-X$  ўқларига параллел йўналишда бўлади.  $c_5$  нуқтанинг тезланишини топиш учун юқорида тузилган тезланишлар планининг  $c_4$  нуқтасига қўйилган кориолис тезланиш векторининг давомида  $Y-U$  ўқига параллел йўналишда  $a_{c_1 c_5}$  тезланишнинг вектор кесмаси, қутб боши  $\pi$  нуқтадан эса  $X-X$  ўқига параллел йўналишда  $a_{c_5 c_1}$  тезланишнинг вектор кесмаси ўтказилади. Ўтказилган параллелларнинг кесилган нуқтаси  $c_5$  ни ҳосил қилади. Тезланиш планидаги  $\pi_{c_5}$  кесманинг тезланиш масштаби  $K_a$  га кўпайтмаси  $c_5$  нуқтанинг абсолют тезланишини ҳосил қилади:

$$a_{c_5} = \pi_{c_5} \cdot K_a \left[ \frac{M}{\text{сек}^2} \right].$$

Қолган нуқталарнинг тезланишлари ҳам шу йўсинда аниқланади:

$$a_{B_3} = \pi_{B_3} \cdot K_a \left[ \frac{M}{\text{сек}^2} \right] \quad - \quad B \text{ нуқтанинг абсолют тезланиши;}$$

$$a_{c_4} = \pi_{c_4} \cdot K_a \quad , \quad - \quad C_4 \text{ нуқтанинг абсолют тезланиши;}$$

$$a_{B_2 B_3} = n_{B_2 B_3} \cdot K_a \quad , \quad - \quad B_2 \text{ нуқтанинг } B_3 \text{ га нисбатан илгарилама ҳаракатдаги нисбий тезланиши;}$$

$$a_{c_4 c_5} = n_{c_4 c_5} \cdot K_a \quad , \quad - \quad C_4 \text{ нуқтанинг } C_5 \text{ га нисбатан нисбий тезланиши;}$$

$$a_{B_3 A} = \tau_{B_3 A} \cdot K_a \quad , \quad - \quad B_3 \text{ нуқтанинг } A \text{ атрофида айланишидан ҳосил бўлган уринма тезланиши;}$$

$$\varepsilon_{B_3 A} = \frac{a_{B_3 A}^t}{B_3 A} \left[ \frac{\text{Рад}}{\text{сек}} \right] \quad - \quad B_3 \text{ нуқтанинг } A \text{ атрофида айланишидаги бурчагий тезланиши.}$$

Кориолис  $a_{B_3 B_2}^{\text{кор}}$  ва  $a_{c_4 c_5}^{\text{кор}}$  тезланишларнинг вектор йўналиши тезлик  $v_{B_2 B_3}$  ва  $v_{c_4 c_5}$  векторларини тегишлича  $\omega_3$  ва  $\omega_4$  бурчагий тезликлар йўналишида  $90^\circ$  га буриб олинади.

### III. 23- §. Механизмларнинг аналитик-кинематикавий анализи

Биз юқорида механизм кинематикасини анализ қилишнинг икки асосий усулини кўрдик. Бу усуллар механизмнинг кинематик параметрларини график усул билан аниқлашга асосланган бўлиб, олинган натижалар механизм ва машиналар анализини амалда таъминлаши мумкин, лекин жуда аниқ бўлмайди. Механизм параметрларини аниқ билиш талаб этилганда, геометрик параметрларнинг математикавий ҳисобланишига асос-

ланган усул — аналитик-кинематикавий усули қўлланади. Қўп звеноли механизмларда бу боғланиш янада мураккаблашиб бориши натижасида бу усул анчагина ноқулайликлар туғдиради. Бу усул кам звеноли механизмларда қўлланса, кутилган мақсадга эришиш мумкин. Қейинги вақтда механизм ва машиналар параметрларини ҳисоблашда ҳисоблаш машиналари кенг қўламда ишлатилмоқда. Бу эса аналитик-кинематикавий усуллари-нинг асосий бўлган мураккаб математикавий ифодани ечишда қўл келмоқда ва қўп звеноли механизмлар параметрларини ҳисоблашга имкон туғилмоқда.

Қуйида кам звеноли (тўрт звеноли) механизмлар учун аналитик-кинематикавий усулидан фойдаланиш методлари кўрилади:

**А. Кривошип-ползуни механизм.** Ползуннинг сурилишини, тезлигини ва тезланишини топиш талаб этилсин (III. 19-шакл, а). Механизмнинг етакчи звеноси-кривошип ( $AB=r$ ) соат стрелкаси айланишига тескари айланиб, ўнг чекка вазиятдан ( $AB_0$ ) чексиз кичик вақт  $\Delta t$  ичида  $\varphi$  бурчакка айланиб,  $AB$  вазиятга келган бўлсин. У ҳолда, ползун маркази  $C_0$  вазиятдан  $s$  вазиятга кўчади. Механизмнинг  $AB_0C_0$  ва  $ABC$  вазиятларини солиштириб  $CC_0 = X_c$  лигини аниқлаш мумкин.

$$X_c = AC - C_0A = (B_1C - B_1A) - (B_0C_0 - B_0A) \quad (28)$$

Ёки механизм параметрларини  $BC=l$ ;  $AB=r$ ;  $\frac{l}{r} = \lambda$ ;  $\angle \theta_0 a \theta = \varphi$ ;  $\angle ABC = \beta$  лар билан белгилаб, тенглама қуйидагича кўрнишда ёзилади:

$$X_c = \sqrt{l^2 - r^2 \sin^2 \varphi} - r \cos \varphi - l + r \quad (29)$$

ёки

$$X_c = r(\sqrt{\lambda^2 - \sin^2 \varphi} - \cos \varphi - \lambda + 1). \quad (30)$$

Механизм ҳаракатини, шатуннинг горизонтга қиялик бурчаги  $\beta$  орқали ҳисобланса, (29) тенгламада илдиз остидаги қийматни  $l \cos \beta$  билан алмаштирилса (30) тенглама қуйидагича кўринишда бўлади:

$$S = r(\lambda \cos \beta - \cos \varphi - \lambda + 1) \quad (31)$$

бунда  $\angle \beta$  қийшиқ бурчакли учбурчаклик  $ACB$  дан аниқланиши мумкин;  $S$  нуқта  $s$  нинг  $X-X$  бўйлаб ўтган йўли.

$$\sin \beta = \frac{r}{l} \sin(180^\circ - \varphi) = \frac{\sin \varphi}{\lambda} \quad (32)$$

$s$  нуқтанинг  $\varphi$  бурчакка нисбатан ҳолати  $X(\varphi)$  тенглама орқали аниқланади.

$S$  нуқтанинг тезлик ва тезланишлари (31) тенгламадан бир ёки икки марта вақтга нисбатан ҳосила олиш йўли билан топилади, яъни:



$$v_c = \frac{dx_c}{dt}; \quad a_c = \frac{dx_c^2}{dt^2},$$

(32) тенгламадан ҳосила олиш йўли билан шатуннинг бурчагий тезлиги ва бурчагий тезланишларини топиш мумкин, яъни:

$$\omega = \frac{d\beta}{dt}; \quad \varepsilon = \frac{d\beta^2}{dt^2}.$$

Қуйида (31) тенгламадан ҳосила олиб ва бир қанча ихчамлашлар қилиб ползун марказининг аниқланган тезлик ва тезланишлар тенгламаларини ҳамда шатуннинг бурчагий тезланиш тенгламасини келтирамиз:

$$v_c = \omega r \left( \sin \varphi - \frac{r}{l} \sin 2\varphi \right);$$

$$a_c = \omega^2 r \left( \cos \varphi - \frac{r}{l} \cos 2\varphi \right);$$

$$\varepsilon = \omega^2 \beta$$

бунда  $\beta$  ва  $\varphi$  бурчаклар қуйидагича боғланишда бўлади.

$$\beta = \arcsin \varphi \cdot \sin \frac{1}{\lambda}.$$

**Б. синусли механизм.** Бу механизм 3 звеноси тошнинг ҳаракати мураккаб ҳаракат бўлиб, кривошип 2 билан бирга айланма, кулиса 4 билан илгарилама-сирпанма жуфт ташкил қилиб ҳаракатланади. Кулиса ўз навбатида  $X-X$  ўқи бўйлаб илгарилама сирпанма ҳаракатда бўлади (III. 19-шакл, б). Кулиса сиртида олинган ихтиёрӣ  $s$  нуқта вақт ўтиши билан  $s_0$  дан  $s$  га сурилиш кривошипининг  $AB$  вазиятдан  $AB_0$  вазиятга келишга боғлиқ бўлиб, уларнинг  $X$  ўқида олинган қийматларига тенгдир  $S_C = S_B$ . Берилган вазиятдаги  $C$  нуқтанинг ҳаракат қонуни қуйидаги тригонометрик тенгламадан топилиши мумкин.

$$x = AC = AB \cos \varphi + B_1 C \quad (33)$$

Агар (33) тенгламадаги  $AB$ ,  $BC$  ларнинг ўрнига параметрик қийматларни қўйсақ:

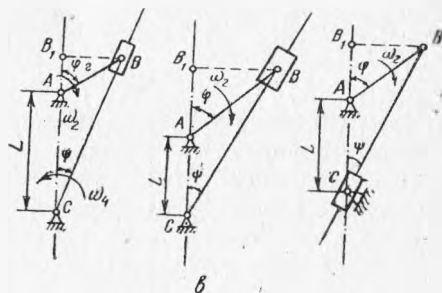
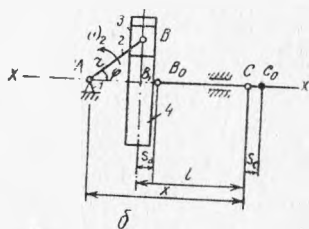
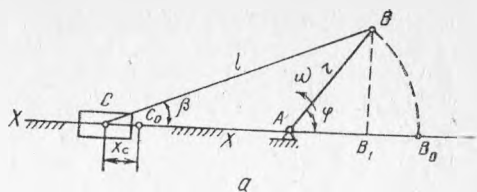
$$x = l + r \cos \varphi + l$$

(34) келиб чиқади. Силжиш бурчаги  $\varphi$  (34) бурчагий тезлик  $\omega$  билан ифодаланиб ва ундан бир марта ҳосила олиниб кулисанинг тезлиги, икки марта ҳосила олиниб эса кулисанинг тезланиши топилади.

$$x = l + r \cos \omega t, \quad (34')$$

бундан

$$v_c = \frac{dx}{dt} = -r \omega \sin \omega t \quad (35)$$



III. 19-шакл.

демак,

$$a_c = \frac{d^2 x}{dt^2} = -r\omega^2 \cos \omega t \quad (36)$$

Хусусий ҳолларда:

Агар  $t=0$  бўлса  $\varphi=0$ ;  $v_c=0$ ;  $a = \omega^2 r = a_{max}$ ;

$\varphi=90^\circ$  бўлганда  $v_c = v_{max} = -r\omega$ ;  $a_c = 0$  бўлади;

$\varphi=180^\circ$  бўлганда эса  $v_c = 0$ ;  $a_c = \omega^2 r = a_{max}$ .

**В. кулисали механизм.** Кулисали механизмда кулисанинг ҳаракати тебранма ёки айланма бўлиши мумкин, баъзан кулиса тебранувчи ползун вазифасини ҳам ўтайди (III. 19-шакл, в). Кулисали механизм етакланувчи звено (кулиса)сининг салт ҳаракат (қайтма ҳаракат) даври жуда кичик бўлиши талаб этилганда қўлланилади ва бу механизм ёрдамида етакланувчи звено катта ўзгарувчан тезлик олиши мумкин. (Механизмнинг ҳаракат нотекислиги  $\delta=2,5$  гача боради.)

Механизмнинг тебранувчан ползунли, кулисали ва айланма кулисали бўлишидан қатъи назар аналитикавий ҳисоб бир хил бўлади. Бу ҳисобда кривошипнинг берилган вазияти учун ( $\varphi = \omega t$ ) кулисанинг тебраниш бурчаги, тезлиги ва тезланиши топилади. Учбурчаклик  $BB_1A$  ва  $BB_1C$  лардан кулисанинг тебраниш бурчаги топилади, яъни:

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{r \sin\varphi}{r \cos\beta + L}$$

ёки  $\frac{L}{r} = \lambda$  эканини эътиборга олсак:  $\operatorname{tg}\psi = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi + \lambda}$  (37)

(37) тенгламадан мураккаб функция тарзида ҳосила олсак,

$$\frac{1}{\cos^2\psi} \cdot \frac{d\psi}{dt} = \frac{\cos\varphi(\cos\varphi + \lambda) + \sin^2\varphi d\varphi}{(\cos\varphi + \lambda)^2 dt}$$

Бундан кулисанинг бурчагий тезлиги қуйидагича бўлади:

$$\omega_4 = \frac{d\psi}{dt} = \cos^2\psi \frac{\cos^2\varphi + \lambda \cos\varphi + \sin^2\varphi}{(\cos\varphi + \lambda)^2} \cdot \omega_2 = \cos^2\psi \frac{1 + \lambda \cos\varphi}{(\cos\varphi + \lambda)^2} \cdot \omega_2 \quad (38)$$

Тригонометриядан маълум,

$$\cos^2\psi = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2\psi}; \quad (39)$$

$\operatorname{tg}\psi$  нинг қийматини (37) формуладан (39) га қўйсак, яъни

$$\begin{aligned} \cos^2\psi &= \frac{1}{1 + \frac{\sin^2\varphi}{(\cos\varphi + \lambda)^2}} = \frac{(\cos\varphi + \lambda)^2}{(\cos\varphi + \lambda)^2 + \sin^2\varphi} = \frac{(\cos\varphi + \lambda)^2}{\cos^2\varphi + 2\lambda \cos\varphi + \lambda^2 + \sin^2\varphi} = \\ &= \frac{(\cos\varphi + \lambda)^2}{1 + 2\lambda \cos\varphi + \lambda^2}; \end{aligned}$$

$\cos\varphi$  нинг қийматини (38) тенгламага қўйиб, кулиса бурчагий тезлигининг кривошип айланиш бурчагига ҳамда механизм ўлчамларига боғлиқ бўлган формуласи чиқарилади, яъни:

$$\omega_4 = \frac{(\cos\varphi + \lambda)^2}{1 + 2\lambda \cos\varphi + \lambda^2} \cdot \frac{1 + \lambda \cos\varphi}{(\cos\varphi + \lambda)^2} \cdot \omega_2 = \frac{1 + \lambda \cos\varphi}{1 + 2\lambda \cos\varphi + \lambda^2} \omega_2; \quad (40)$$

(40) тенгламадан  $\omega_2 = \text{const}$  деб, бир марта ҳосила олиб кулисанинг бурчагий тезланиш тенгламаси чиқарилади.

$$\varepsilon = \omega_2^2 \frac{(-\lambda \sin\varphi)(1 + 2\lambda \cos\varphi + \lambda^2) + 2\lambda \sin\varphi(1 + \lambda \cos\varphi)}{(1 + 2\lambda \cos\varphi + \lambda^2)^2} = \omega_2^2 \frac{\lambda \sin\varphi(1 - \lambda)^2}{(1 + 2\lambda \cos\varphi + \lambda^2)^2}$$

Кулисали механизм ҳаракати таянчлар оралиғининг кривошип ўлчамлари нисбатига  $\lambda = \frac{L}{r}$  боғлиқ бўлиб, у қиймат бирдан катта ёки кичик бўлиши мумкин ( $1 < \lambda < 1$ ). Агар  $\lambda > 1$  бўлса, тебранма ҳаракатли  $\lambda < 1$  бўлса, айланма ҳаракатли кулисали механизм бўлади.

Г. Тўрт звеноли шарнирли механизм. Шарнирли механизмнинг звено ўлчамлари ( $r, R, l, L$ ) берилган бўлиб, кривошипнинг горизонтал  $AD$  ўқига нисбатан  $\varphi$  бурчакка силжиши натижасида коромислода ҳосил бўладиган тезлик ва тезланишларнинг механизм параметрлари билан боғланиш тенгламасини чиқарамиз. Коромислонинг ( $CD$ ) бурчагий силжиши қуйидаги бурчаклар билан характерланади, яъни

$$\psi = \psi_1 + \psi_2. \quad (41)$$

$\psi_1$  ва  $\psi_2$  лар механизмнинг берилган вазиятидан тўғри бурчакли учбурчаклик  $B_1BD$  ва  $B_1BA$  ёрдамида топилиши мумкин (III. 20-шакл).

$$\operatorname{tg} \psi_1 = \frac{B_1B}{B_1D} = \frac{r \sin \varphi}{L - r \cos \varphi} = \frac{\sin \varphi}{\frac{L}{r} - \cos \varphi}. \quad (42)$$

Қийшиқ бурчакли учбурчаклик  $BCD$  ва  $BAD$  лардан,

$$l^2_r = R^2 + b^2 - 2Rb \cos \psi_2; \quad (43)$$

$$b^2 = r^2 + L^2 - 2rL \cos \varphi, \quad (44)$$

бундан

$$\cos \psi_2 = \frac{R^2 + b^2 + l^2_r}{2Rb} = \frac{R^2 + r^2 + L^2 - 2rL \cos \varphi - l^2_r}{2R \sqrt{r^2 + L^2 - 2rL \cos \varphi}}; \quad (45)$$

(45) формуладаги  $R, r, L, l$  ларни ўлчамсиз қийматлар билан алмаштирсак, яъни:

$$\frac{R}{r} = \rho; \quad \frac{L}{r} = \Delta; \quad \frac{l}{r} = \lambda$$

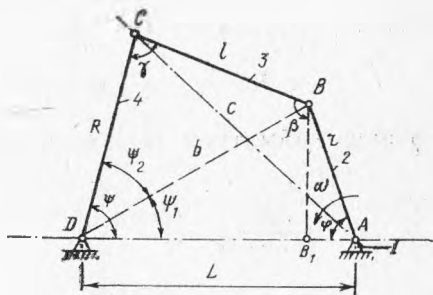
қуйидаги тенглама чиқади.

$$\cos \psi_2 = \frac{\rho^2 - \lambda^2 + 1 + \Delta^2 - 2\Delta \cos \varphi}{2\rho \sqrt{1 + \Delta^2 - 2\Delta \cos \varphi}} \quad (46)$$

(42) ва (46) тенгламаларни (41) тенгламага қўйсак, коромисло бурчагий силжиши  $\psi$  нинг бурчак  $\varphi$  га нисбатан функционал боғланиши чиқарилади, яъни:

$$\psi = \arctan \frac{\sin \varphi}{\Delta - \cos \varphi} + \arccos \frac{\rho^2 - \lambda^2 + 1 + \Delta^2 + 2\Delta \cos \varphi}{2\rho \sqrt{1 + \Delta^2 - 2\Delta \cos \varphi}} \quad (47)$$

(47) тенгламадан ҳосила олиш йўли билан коромислонинг бурчагий тезлиги ва тезланишлари тенгламаларини келтириб чиқариш мумкин.



III 20-шакл:  
1 кривошип; 2 ва 4 шатун; 3 коромисло;  
5 ползун.

### III бобни такрорлаш учун саволлар

1. Кинематикавий схема нима?
2. Механизм масштаби қандай танланади?
3. Кривошип-ползули ва тўрт звеноли шарнирли механизмларнинг чап ва ўнг четки вазиятларини кинематикавий схемада топиб кўрсатинг?
4. Звено нуқтасининг траекториясини яшаш тартиби.
5. Тезлик ва тезланиш диаграммаларини тузиш методлари.
6. Кривошип-ползули механизмнинг оний айланиш марказларини тузилган чизмада кўрсатинг.
7. Тўрт звеноли шарнирли механизмнинг оний айланиш марказларини чизмадан кўрсатинг.
8. 7- пунктдаги механизм — шатуннинг оғирлик марказини, тезлигининг қийматини ва йўналишини оний айланиш маркази ёрдамида аниқланг?
9. Нисбий ва абсолют тезлик нима?
10. Ассур группаларининг тезлик плани қандай тартибда тузилади?
11. Тезлик планидан фойдаланиб звено бурчагий тезлик йўналиши топилсин.
12. Ассур группаларининг тезланиш плани қандай тартибда тузилади?
13. Мураккаб ҳаракатдаги звено нуқтаси нормал тезланишининг йўналиши кўрсатилсин.
14. Тезланиш планидан фойдаланиб звено бурчагий тезланиши топилсин.
15. Кориолис тезланиш йўналишини таърифлаб беринг.

#### Текисликда ҳаракатланувчи механизмлар кинематикаси (III боб)га оид масалалар

III. 1- масала. Берилган 6 звеноли шарнирли механизм (III. 16-шакл,  $\alpha$  га қаранг) масштабда чизилсин ва 9- вазияти топилсин (чап чекка вазият, нолинчи деб олинади)  $\omega = 20 \text{ сек}^{-2}$ ;  $L_{AB} = 0,1 \text{ м}$ ;  $l_{BC} = 0,3 \text{ м}$ ;  $l_{DC} = 0,2 \text{ м}$ ;

$$l_{CE} = 0,1 \text{ м}; \quad l_{EF} = 0,2; \quad L_{AB} = 0,3 \text{ м};$$

Ечиш. 1. Механизм чизиладиган қоғоз сатҳига қараб масштаб танланади:

$$K_M = \frac{L_{BC}}{BC} = \frac{0,3}{75} = 0,004 \left[ \frac{\text{м}}{\text{мм}} \right];$$

$$BC = 75 \text{ [мм]}$$

деб қабул қилдик.

2. Топилган масштаб ёрдамида механизм қолган звеноларининг узунлиги ва таянч оралиқларининг масштаб катталиклари топилади.

$$AB = \frac{L_{AB}}{K_M} = \frac{0,1}{0,004} = 25 \text{ [мм]} \text{— кривошипнинг масштаб катталиги,}$$

яъни қоғозга чизиладиган узунлиги;

$$DC = \frac{l_{DC}}{K_M} = \frac{0,2}{0,004} = 50 \text{ [мм]} \text{— коромислоннинг масштаб катталиги;}$$

$$EF = \frac{l_{EF}}{K_M} = 50 \text{ [мм]} \text{— шатуннинг масштаб катталиги;}$$

$$AD = \frac{L_{AD}}{K_M} = 75 \text{ [мм]} \text{— таянчлар оралиғининг масштаб катталиги;}$$

$$CE = \frac{l_{CE}}{K_M} = 25 \text{ [мм]} \text{— CE оралиғининг масштаб катталиги.}$$

3. Қорғоз сиртида кривошип ва коромислонинг айланиш марказлари  $A$  ва  $D$  нуқталар танлаб олинади. Бу нуқталардан радиуси кривошип  $AB$  ва коромисло  $CD$  ўлчамларда айланалар чизиб, кривошип айланасида ихтиёрий нуқта  $B$  ни танлангани ва ўлчагични шатун  $BC$  га тенг катталиқда очиб,  $CD$ -радиус билан чизилган айланада  $C$  нуқта топиб олинади. Топилган нуқталарни туташтирилади, сўнгра коромислода  $CE$  кесмада  $E$  нуқта танлаб олинб,  $EF$  кесмада (шатун узунлиги) ўлчагич ёрдамида  $X-X$  ўқида ползуннинг вазияти  $F$  нуқта топилади. Шундай қилиб, механизмнинг масштабда чизилган схемаси аниқланади.

4. Бошланғич (ноль) вазият топилади.

$AC$  ўнг =  $AB + BC$  — ўнг чекка вазият.

$AC$  чап =  $BC - AB$  — чап чекка вазият.

5. Чап чекка вазиятни бошланғич (ноль) вазият деб олиб, етакчи звенони  $AB$  нинг айлана траекториясини 12 та тенг бўлакка бўлинади, сўнгра механизмнинг тузилиш тартибда 9-вазиятида механизм чизилади (II. 16-шакл,  $в$ ).

III. 2-масала. II. 11-шаклда берилган механизмлар масштабда қурилсин ва берилган вазияти топилсин (бунда механизм 24 вазиятда қурилиши кўзда тутилади).

III. 3-масала. 6 звеноли шарнирли текис механизм (II. 16-шакл,  $в$  га қарап) звено нуқталарининг траекториялари тузилсин.

Ўчиш. Механизм чап чекка вазиятида, етакчи звено  $B$  нуқтасининг айлана шаклдаги траекторияси тенг 12 га бўлинади. Айланада топилган нуқталардан  $BC$  нинг узунлиги циркуль ёрдамида  $B$  нуқтадан бошлаб қўйилади. Коромисло  $C$  нуқтасининг ярим айлана траекториясида ёйлар чизиб  $C$  нуқтанинг вазиятлари тартиби топилади. Топилган бир номли  $B$  ва  $C$  лар туташтирилиб ва уларни тегишлича айланиш маркази билан бирлаштириб  $ABCD$  группа звенолар вазиятлари топилади. Сўнгра  $CD$  звенонинг вазиятида циркуль ёрдамида  $E$  нуқтанинг 12 та ҳолати топилади.  $E$  нуқтанинг ҳар бир вазиятидан ( $E_1, E_2, E_3, \dots$ )  $EF$  катталиқда циркуль ёрдамида  $X-X$  ўқида ёйлар чизиб ползун  $F$  нинг 12 та ҳолати аниқланади. Бир номли  $E$  ва  $F$  ларни туташтириб, шатун  $EF$  нинг вазиятларини топилади (III. 21-шакл).

III. 4-масала. II. 11-шаклда берилган механизмлар звенолари нуқталарининг траекториялари тузилсин.

III. 5-масала. II. 11-шаклда берилган механизмларнинг  $B$  нуқталари учун йўл диаграммалари тузилсин.

III. 6-масала. 6-звеноли шарнирли механизм ползунининг  $F$  йўл диаграммаси тузилсин (II. 16-шакл,  $а$  га қарап).

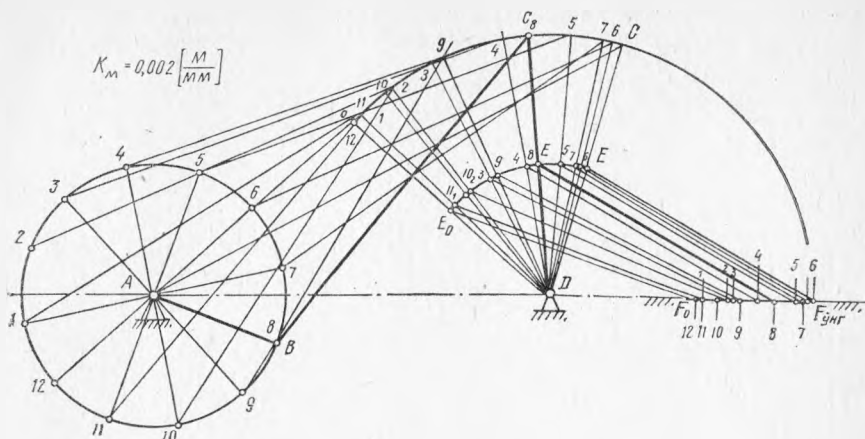
Ўчиш.  $F$  нуқтанинг ўтган йўли, кривошипнинг тўла айланиш даврида, бир марта чап ва ўнг чекка вазиятга бориб келишидир (III. 21-шакл). Бу ўтилган йўл вазиятлараро  $X-X$  ўқида бўлиб, уни циркуль ёрдамида ўлчаб жадвал тузилади (2-жадвалга қарап). Сўнгра йўл масштаби танлаб олинади

$$K_s = \frac{S_{max}}{U_{max}} = \frac{FF_B \cdot K_M}{U_{max}} = \frac{0,082}{82} = 0,001 \left[ \frac{м}{мм} \right]$$

диаграмманин оординаталари ( $Y_1, Y_2, Y_3, \dots$ ) ни топамиз (булар жадвалнинг бешинчи устунига киритилган). Топилган оординаталарга биноан йўл графиги қурилади. Бунинг учун  $SOt$  координата ўқлари олинб, ўқнинг абсцисса томонига вақт —  $t$  маълум масштабда қўйилиб, у ҳам тенг 12 та бўлакка бўлинади.

Вақт масштаби:

$$K_t = \frac{t}{l} = \frac{60}{nzm} = \frac{2\pi}{\omega zm} = \frac{6,28}{20 \cdot 12 \cdot 10} = 0,00262 \left[ \frac{сек}{мм} \right]$$



$$K_m = 0,002 \left[ \frac{M}{MM} \right]$$

III. 21-шакл.

бунда

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \left[ \frac{1}{\text{сек}} \right]; \quad n = \frac{30 \omega}{\pi} \left[ \frac{\text{айл}}{\text{мин}} \right].$$

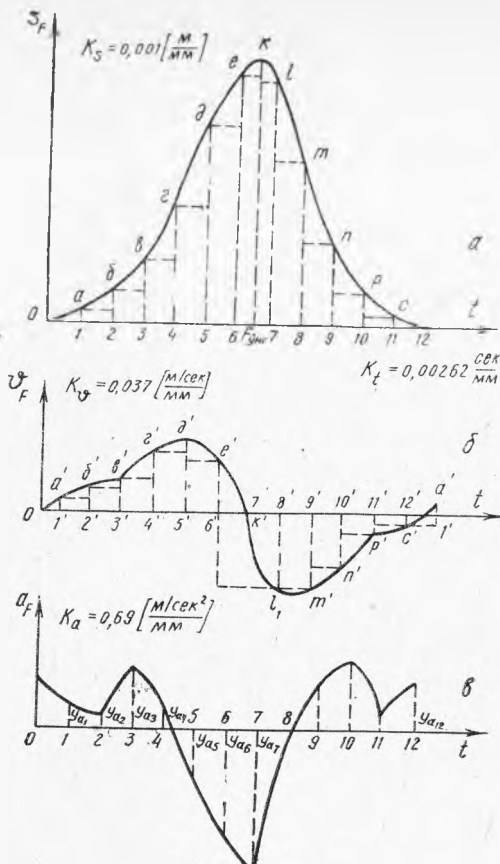
бу ерда  $z = 12$  — вазиятлар сони.

$m = 10$  [мм] — вазиятлар оралиғи (графикда).

Ҳисоб  $U_1, U_2, U_3, \dots$  лар ўз ординаталарига ўлчаб қўйилди ва топилган нуқталар туташтирилса, йўл  $[S F = f(t)]$  диаграммаси ҳосил бўлади (III. 22-шакл, а).

III. 2-жадвал

Етақчи эвено вазиятлари	Нуқтанинг вазиятлар аро ўтган йўли, мм	Нуқтанинг умумий ўтган йўли, S		Йўл диа- граммаси- нинг орди- натаси У(мм)	Эслатма
		мм	М		
1	2	3	4	5	6
0—1	2	2	0,004	4	$S = F_0 F_2 \cdot K_m = 6 \cdot 0,02 = 0,012 [M]$ $V_6 = \frac{S_6}{K_s} = \frac{0,082}{0,001} = 82 [MM]$
1—2	4	6	0,012	12	
2—3	5	11	0,022	22	
3—4	10	21	0,042	42	
4—5	12	33	0,066	66	
5—6	8	41	0,082	82	
6—Fўнг	2	43	0,086	86	
Fўнг—7	—4	39	0,078	78	
7—8	—12	27	0,054	54	
8—9	—13	14	0,028	28	
9—10	—9	5	0,01	10	
10—11	—3	2	0,044	4	
11—12	—2	0	0	0	



III. 22-шакл.

Йўл диаграммасининг масштаби, яъни:

$$K_S = 0,001 \left[ \frac{M}{MM} \right].$$

Вақт масштаби, яъни:

$$K_t = 0,00262 \left[ \frac{сек}{MM} \right].$$

III. 7-масала. II. 16-шакл, а да келтирилган 6 звеноли механизм ползуниң тезлик ва тезлиниң графиклари, йўл диаграммалари ёрдамида. III. 22-шакл, а графикавий ҳосила олиш усули билан чизилсин.

Е ч и ш. 1. Тезлик графикини чизиш. Ординаталар орттириш усули билан дифференцияланади. Бунинг учун берилган йўл графикининг механизм вазиятларини кўрсатувчи эгри чизиқда  $a, b, в, г, д, е, к, \dots$ , нуқталардан қўшни ордината билан кесингунча абсцисса ўқиға параллел чизиқлар ўтказилади. Натижада ординаталар фарқи — вазиятлараро ўтилган йўл олинади. Вазиятларни ўтиш учун кетган вақт ўзгармас бўлиб, у маълум масштабда ўртача тезликни беради.



Тезлик масштаби қуйидагича танланади, яъни:

$$K_v = \frac{K_s}{K_t \cdot \Delta x \cdot c} = \frac{0,001}{0,00262 \cdot 10 \cdot 1} = 0,037 \left[ \frac{m'сек}{m.m} \right].$$

Юқоридагилар моҳиятига асосан ўртача тезлик топилади:

$$\begin{aligned} v_{ур1} &= 1 \cdot a \cdot K_v = 4 \cdot 0,0037 = 0,148 \left[ \frac{m}{сек} \right] \\ v_{ур2} &= (2b - 1a) K_v = 8 \cdot 0,0037 = 0,286 \left[ \frac{m}{сек} \right] \\ v_{ур3} &= (3b - 2b) K_v = 10 \cdot 0,037 = 0,37 \left[ \frac{m}{сек} \right] \\ v_{ур4} &= (4c - 3b) K_v = 20 \cdot 0,037 = 0,74 \rightarrow \\ v_{ур5} &= (5d - 4c) K_v = 24 \cdot 0,037 = 0,888 \rightarrow \\ v_{ур6} &= (6e - 5c) K_v = 16 \cdot 0,037 = 0,592 \rightarrow \\ v_{ур7} &= (F_{yнг} - 6e^n) 2K_v = 4 \cdot 2 \cdot 0,037 = 0,286 \rightarrow \\ v_{ур8} &= (7l - F_{yнг} \cdot K) 2K_v = 8 \cdot 2 \cdot 0,037 = 0,592 \rightarrow \\ v_{ур9} &= (8m - 7l) K_v = -24 \cdot 0,037 = -0,888 \rightarrow \\ v_{ур10} &= (9n - 8m) K_v = 26 \cdot 0,037 = 0,962 \rightarrow \\ v_{ур11} &= (10p - 9n) K_v = 18 \cdot 0,037 = -0,656 \rightarrow \\ v_{ур12} &= (11c - 10p) K_v = -6 \cdot 0,037 = -0,222 \rightarrow \\ v_{ур12} &= 11c \cdot K_v = -4 \cdot 0,037 = -0,148 \rightarrow \end{aligned}$$

Йўл графиги тагига, қурилиши керак бўлган тезлик графигининг координата ўқлари чизилиб, унинг абсцисса ўқига йўл графигининг вазиятлари ўртасидан перпендикулярлар тушириб, топилган тезликнинг ординаталари (ординаталар фарқи) ўлчаб қўйилади. Шундан сўнг топилган нуқталар ўзаро туташтирилиб, ўртача тезликнинг графиги ҳосил қилинади (III. 22-шакл, б).

**2. Тезланиш графигини чизиш.** Бунинг учун тезлик графигидаги  $a', b', v', z', d', e', k', l', m', n', p'$  ва  $c'$  нуқталаридан қўшни ордината чизиқлари билан туташгунга қадар абсцисса ўқига параллел чизиқлар ўтказилади ва вазиятларора ординаталар орттирмаси (фарқи) топилиб, уни тезлик графигининг остида чизилган координата ўқининг абсцисса ўқига вазиятлар ўртасидан туширилган перпендикулярларга ўлчаб қўйилади. Бунда тезланиш масштаби қуйидагича, яъни:

$$K_c = \frac{K_v}{K_t \cdot m \cdot c} = \frac{K_v}{K_t \cdot \Delta x \cdot c} = \frac{0,037}{0,00262 \cdot 10 \cdot 2} = 0,69 \left( \frac{m/сек^2}{m.m} \right).$$

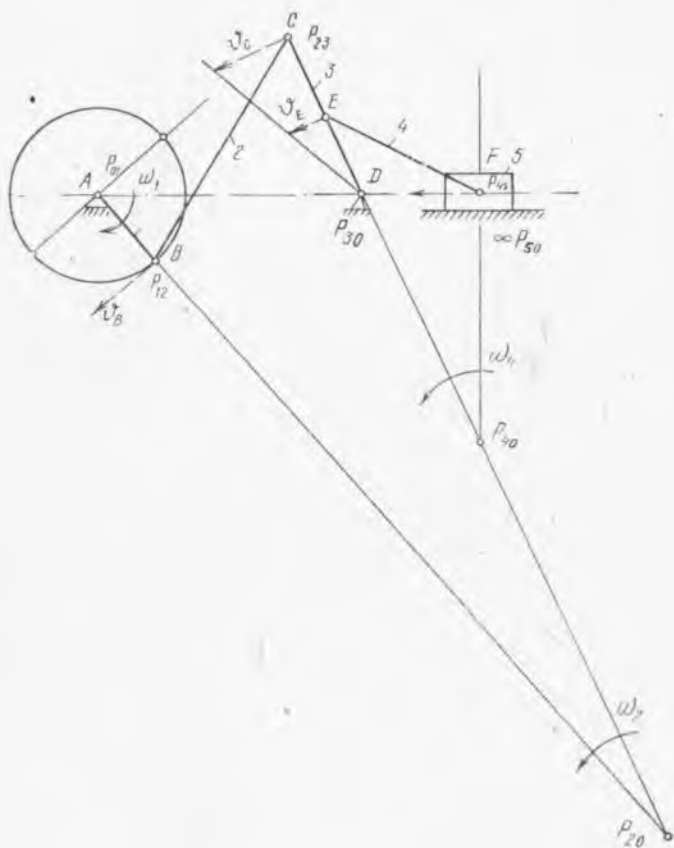
Бунда  $C=2$  деб қабул қилинади. Тезланиш графигидан (III. 22-шакл, в) вазиятлар тезланиши аниқланади:

$$\begin{aligned} a_1 &= Ya_1 Ka = 8 \cdot 0,69 = 5,52 \left[ \frac{m}{сек^2} \right] & a_7 &= Ya_7 Ka = 46 \cdot 0,69 = 31,7 \left[ \frac{m}{сек^2} \right] \\ a_2 &= Ya_2 Ka = 4 \cdot 0,69 = 2,76 \rightarrow & a_8 &= Ya_8 Ka = -4 \cdot 0,69 = -2,76 \rightarrow \\ a_3 &= Ya_3 Ka = 20 \cdot 0,69 = 13,8 \rightarrow & a_9 &= Ya_9 Ka = 16 \cdot 0,69 = 11 \rightarrow \\ a_4 &= Ya_4 Ka = 16 \cdot 0,69 = 4,575 \rightarrow & a_{10} &= Ya_{10} Ka = 23 \cdot 0,69 = 15,85 \rightarrow \\ a_5 &= Ya_5 Ka = -16 \cdot 0,69 = 11 \rightarrow & a_{11} &= Ya_{11} Ka = 65 \cdot 0,69 = 4,575 \rightarrow \\ a_6 &= Ya_6 Ka = -46 \cdot 0,69 = 22,7 \rightarrow & a_{12} &= Ya_{12} Ka = 16 \cdot 0,69 = 11 \rightarrow \end{aligned}$$

III. 8-масала. II. 11-шаклда берилган III. 5-масалага биноан йўл графиги чизилган, механизмларнинг  $B$  нуқталари учун тезлик ва тезланиш графикари ватарлар ва уринмалар усули билан дифференциаллаб тузилсин.

III. 9-масала. Олти звеноли механизмнинг бирор вазияти учун (III. 21-шаклда кўрсатилган) оний айланиш марказлари топилсин ва 5 звено  $F$  нуқтаси учун 9-вазиятнинг тезлиги аниқланиб, III. 7-масаладаги тезлик қиймати билан солиштириб кўрилсин.

**Ечиш.** Оний айланиш марказлари сонининг звенолар сони билан боғланишидан оний айланиш марказлари сони топилади:



III. 23-шакл:

1 кривошип; 2 ва 4 шатун; 3 коромисло; 5 ползун.

$$K = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{6(6-1)}{2} = 15$$

15 та оний айланиш маркази бор экан. Ползуннинг тезлигини топиш учун 2 звенони пойдевор  $O$  га нисбатан оний айланиш марказини топиш кифоя (III. 23-шакл).

$ED$  ни туташтирувчи чизиқ давомининг  $F$  дан чиққан перпендикуляр билан кесишган нуқтасида оний айланиш марказ бўлади  $P_{40}$ .

$F$  нуқтанинг тезлиги

$$v_F = (P_{40} \cdot F) \omega_4 = 70 \cdot 0,004 \cdot 2 = 0,56,$$

бу ерда  $\omega_4=4$  звенонинг бурчагйй тезлиги бўлиб, у 2 звенонинг пойдеворга нисбатан оний айланиш маркази  $P_{20}$  ёрдамида топилади:

$$v_B = \omega_1 AB = \omega_2 AP_{20}; \quad \omega_2 = \omega_1 \frac{AB}{AP_{20}} = \frac{25 \cdot 0,004}{250 \cdot 0,004} \cdot 20 = 2;$$

$$V_C = \omega_2 CP_{20} = \omega_1; \quad \frac{AB}{AP_{20}} CP_{20} = 2(260 \cdot 0,004) = 2,08 \left[ \frac{м}{сек} \right];$$

$$\omega_4 = \frac{V_C}{CP_{20}} = \frac{2,08}{1,04} = 2 \left[ \frac{1}{сек} \right]$$

III. 10-масала. III. 4-масалага биноан тузилган механизмнинг чекка вазиятидан бошлаб 3 та вазияти учун механизм  $B$  нуқтасининг тезлиги оний айланиш маркази орқали топилин ва III. 8-масаладаги тезликнинг қиймати билан солиштирилсин.

III. 11-масала. III. 21 шаклда топилган 6 звеноли механизмнинг бирор вазияти учун тезлик ва тезланиш плани чизилсин. Ползуннинг тезлиги III. 7-ва III. 9-масалаларда топилган қийматлар билан солиштирилсин.

Ечиш. II. 16-шакл,  $a$  даги механизмнинг бирор вазиятини ўз масштабида чизилади (масалан, 5-вазят III. 24-шакл,  $a$ ). Механизм масштаби қуйидагича, яъни:  $K_M = 0,004 \left[ \frac{м}{мм} \right]$ .

1. Тезлик плани тузилади. Бунинг учун етакчи звено  $B$  нуқтасининг тезлиги топилади.

$$v_B = \omega_1 \cdot AB = 20 \cdot 0,1 = 2 \left[ \frac{м}{сек} \right].$$

Тезлик план масштаби тапланади.  $K_v = \frac{V_B}{P_b} = \frac{2}{50} = 0,04 \left[ \frac{м/сек}{мм} \right]$ .

$C$  нуқтанинг тезлигини топиш учун қуйидаги векторий тенглама тузиб, у ечилади:

$$\vec{v}_C = \vec{v}_B + \vec{v}_{CB};$$

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

Тенгламадаги  $v_D = 0$  бўлади. Демак, (1) тенглама қуйидаги кўринишни олади, яъни:

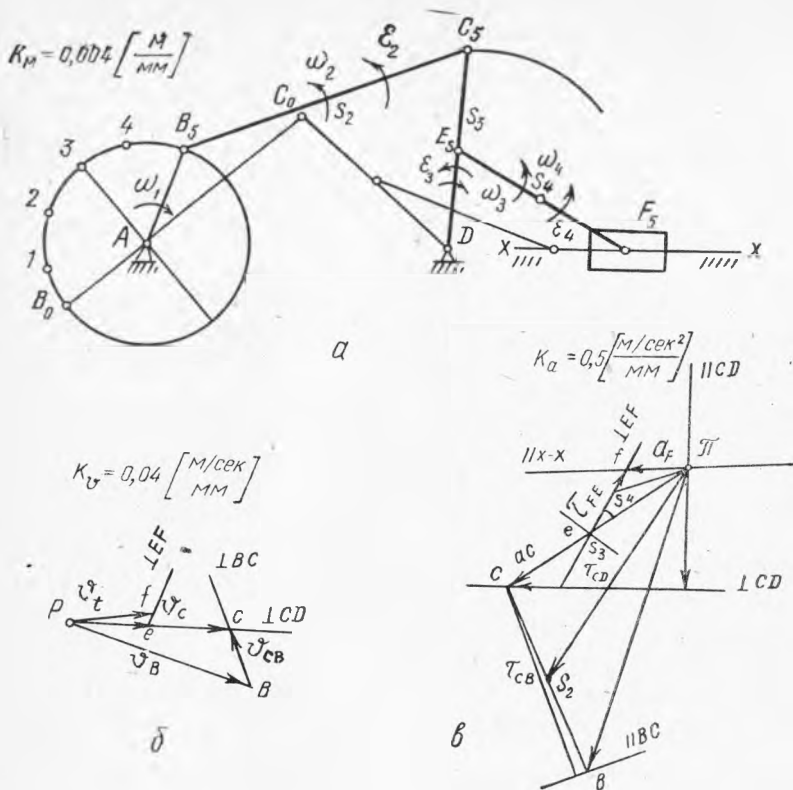
$$\vec{v}_{CD} = \vec{v}_B + \vec{v}_{CB}$$

Бундан  $v_{CB}$  —  $C$  нуқтанинг  $B$  нуқта атрофида айланишидан ҳосил бўлган нисбий тезлик бўлиб,  $BC$  звенога перпендикуляр йўналишда бўлади;  $v_{CB}$  —  $C$  нуқтанинг  $D$  нуқта атрофида айланишдан ҳосил бўлган тезлик,  $CD$  звенога перпендикуляр йўналишда қутб  $P$  дан қўйилади.  $E$  нуқтанинг тезлиги қуйидаги нисбатдан топилади:

$$\frac{DE}{DC} = \frac{Pe}{Pc} \cdot Pe = \frac{DE}{DC} \cdot Pc = \frac{0,1}{0,2} \cdot 44 = 22 [мм]$$

$Pe$  вектор кесма  $E$  нуқтанинг абсолют тезлигини беради.

$$V_E = Pe \cdot K_v = 0,88 \left[ \frac{м}{сек} \right]$$



III. 24-шакл.

Қуйида векторий тенглама тузилиб  $F$  нуктанинг тезлиги топилади:

$$\vec{v}_F = \vec{v}_E + \vec{v}_{FE}$$

$$v_F \parallel x-x$$

(3) тенгламада  $v_{EF}$ — $F$  нуктанинг  $E$  нукта атрофида айланишидан ҳосил бўлган нисбий тезлик бўлиб,  $F E$  звенога перпендикуляр йўналишда бўлади.  $v_F$ — $F$  нуктанинг  $X-X$  ўқи бўйлаб йўналишдаги тезлиги. Тезлик планидан звено нукталари чизигий тезликлари аниқланади (III. 24-шакл, б).

$$v_C = P_c \cdot K_v = 44 \cdot 0,04 = 1,76 \text{ м/сек}$$

$$v_{CB} = CB \cdot K_v = 14 \cdot 0,04 = 0,56 \text{ м/сек}$$

$$v_{FE} = f_e \cdot K_v = 3 \cdot 0,04 = 0,12 \text{ м/сек}$$

$$v_E = P_c \cdot K_v = 22 \cdot 0,04 = 0,88 \text{ м/сек}$$

$$v_F = P_f \cdot K_v = 23 \cdot 0,04 = 0,92 \text{ м/сек}$$

Тезлик  $v_F = 0,92$  м/сек ни график усулда топилган тезлик билан солиштирилса бу тезликлар ўзаро яқин эканлиги  $v_F = 0,888$  м/сек аниқланади. Тезликлар фарқи  $0,032$  график усулида йўл қўйилган хато натижасидир, чунки унда ўртача қиймат олинган эди.

Звено бурчагини тезликлари эса қуйидагича:

$$\omega_2 = \frac{v_{CB}}{CB} = \frac{0,56}{0,3} = 1,87^1/\text{сек};$$

$$\omega_3 = \frac{v_c}{CD} = \frac{1,76}{0,2} = 8,8 \text{ /сек};$$

$$\omega_4 = \frac{v_{FE}}{EF} = \frac{0,12}{0,2} = \frac{0,12}{0,2} = 0,6 \text{ /сек}.$$

2. Механизмнинг тезланиш плани тузилади: а) етакчи звено  $B$  нуқтасининг чизикли тезланиши топилади;

$$a_B = \frac{v_B^2}{AB} = \frac{4}{0,1} = 40 \left[ \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \right];$$

б) бунда  $AB$  тезланиш масштаби топилади:

$$K_a = \frac{a_B}{\pi b} = \frac{40}{80} = 0,5 \left[ \frac{\text{м/сек}^2}{\text{мм}} \right];$$

в) бинобарин  $C$  нуқта учун векторий тенглама тузилади:

$$\bar{a}_c = \bar{a}_B + \bar{a}^n_{CB} + \bar{a}^t_{CB};$$

$$a_c = a_D + a^n_{CD} + a^t_{CD};$$

бунда

$$a_D = 0.$$

$$a^n_{CB} = \frac{v_{CB}^2}{CB} = \frac{0,56^2}{0,3} = 1,05 \left[ \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \right];$$

$$a^n_{CD} = \frac{v_{CD}^2}{CD} = \frac{1,76^2}{0,2} = 15,5 \left[ \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \right].$$

Нормал тезланишларнинг векторий узунликлари топилади:

$$n_{CB} = \frac{a^n_{CB}}{K_a} = \frac{1,05}{0,5} = 2,1 \text{ [мм]};$$

$$n_{CD} = \frac{a^n_{CD}}{K_a} = \frac{1,55}{0,5} = 31 \text{ [мм]};$$

г)  $CD$  звенодаги  $E$  нуқта тезланишининг вектор кесмаси қуйидаги пропорция орқали топилади.

$$\frac{DE}{CD} = \frac{\pi e}{\pi c}; \quad \pi e = \frac{DE}{DC} \cdot \pi c.$$

Тезланиши эса

$$a_E = \pi e \cdot K_a.$$

д)  $F$  нуқтанинг тезланиш векторий тенгламаси ёзилади:

$$\bar{a}_F = \bar{a}_E + \bar{a}^n_{FE} + \bar{a}^t_{FE};$$

$$a_F = x - x.$$

Тенгламада нормал тезланиш тубандагича:

$$a^n_{FE} = \frac{v_{FE}^2}{FE} = \frac{0,12}{0,2} = 0,072 \left[ \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \right];$$

унинг вектор узунлиги эса:

$$n_{FE} = \frac{a_{FE}^n}{Ka} = \frac{0,072}{0,5} = 0,144 \text{ [мм]}.$$

Тезланиш планидан қуйидаги нуқталарнинг тезланишлари топилади (III. 24-шакл, в):

$$\begin{aligned} a_{CB}^t &= \tau_{CB} \cdot Ka = 51 \cdot 0,5 = 25,5 \text{ м/сек} & a_F &= \pi_f \cdot Ka = 16 \cdot 0,5 = 8 \text{ м/сек} \\ a_{CD}^t &= \tau_{CD} \cdot Ka = 45 \cdot 0,5 = 22,5 \text{ м/сек} & a_{FE}^t &= \tau_{FE} \cdot Ka = 16 \cdot 0,5 = 8 \text{ м/сек} \\ a_C &= \pi_c \cdot Ka = 54 \cdot 0,5 = 27 \text{ м/сек} & a_{s_2} &= \pi_{s_2} \cdot Ka = 64 \cdot 0,5 = 32 \text{ м/сек}^2 \\ a_E &= \pi_e \cdot Ka = 27,8 \cdot 0,5 = 13,5 \text{ м/сек} & a_{s_3} &= \pi_{s_3} \cdot Ka = 28 \cdot 0,5 = 14 \text{ м/сек} \\ & & a_{s_4} &= \pi_{s_4} \cdot Ka = 20 \cdot 0,5 = 10 \text{ м/сек} \end{aligned}$$

звено бурчагий тезланишлари эса:

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{CB}^t}{CB} = \frac{25,5}{0,3} = 85 \text{ }^1/\text{сек}^2;$$

$$\varepsilon_3 = \frac{a_{CD}^t}{CD} = \frac{22,5}{0,2} = 112,5 \text{ }^1/\text{сек}^2;$$

$$\varepsilon_4 = \frac{a_{FE}^t}{EF} = \frac{8}{0,2} = 40 \text{ }^1/\text{сек}^2 \text{ тенг бўлади.}$$

#### IV Б О Б

### КУЛАЧОКЛИ МЕХАНИЗМЛАР

Кулачокли механизмларнинг ишлаш принципи ва ишлатилиш жараёни билан I. 2-§ да танишган эдик. Бу механизм асосан учта звенодан ташкил топган бўлиб, улар кулачок, турткич ва стойкадир. Айланма ҳаракат қилувчи, ён сирти *мураккаб шаклли звено кулачок* дейилади.

Кулачок билан турткич олий кинематикавий жуфт ташкил қилиб бирикади. Таркибида олий кинематикавий жуфт бўлган механизм *кулачокли механизм* дейилади. Кулачокли механизмлар текисликка нисбатан ҳаракатланишига қараб, иккига бўлинади:

1. Текис кулачокли механизмлар.
2. Фазовий кулачокли механизмлар.

Текис кулачокли механизмда кулачок билан турткич бир текисликда ёки бир-бирига параллел текисликда ҳаракатланса, фазовий кулачокли механизмларда звенолар бир-бирига параллел бўлмаган текисликларда ҳаракат қилади. Тикув машинасидаги игнани кўтариб туширадиган механизм фазовий кулачокли механизмдир.

Механизм звеноларининг олий кинематикавий жуфт ташкил қилиб бириккан сиртлари сезиларли даражада ейилади. Бундай ейилиши мойланмаган сиртда янада кўп бўлиб, тезда механизмни ишдан чиқаради. Ейилишни камайтириш мақсадида учли турткичнинг учи ролик, пластинка шаклида ёки бошқа кўринишда ясалади (I. 7-шаклга қаранг). Шаклда силлиқ эгри чизиқли сиртга эга бўлган ҳар хил мураккаб шаклли кулачоклар кўрсатилган. У R радиусли доира шаклида ҳам бўлиши мум-

кин, бунда айланиш маркази, доира марказида ётмайди, эксцентрик масофа ташкил қилиб, айланма ҳаракат қиладиган вал билан бирикади. Бундай кўринишдаги механизм *эксцентрик кулачокли механизм* дейилади (I. 9-шакл).

Кулачокли механизмда асосан, кулачок етакчи звено вазифасини бажаради. Баъзан турткич ҳам етакчи звено бўлиши мумкин. Қайси звено етакчи бўлишидан қатъи назар, кулачокли механизмларнинг кинематикавий анализи ва синтези бир хил бўлади. Қуйида кулачоги етакчи, турткичи етакланувчи звено бўлган, техникада кўп учрайдиган кулачокли механизмларнинг кинематикавий анализи ва лойиҳаси билан таништирилади.

#### IV. 1-§. Кулачокли механизмнинг кинематикавий анализи

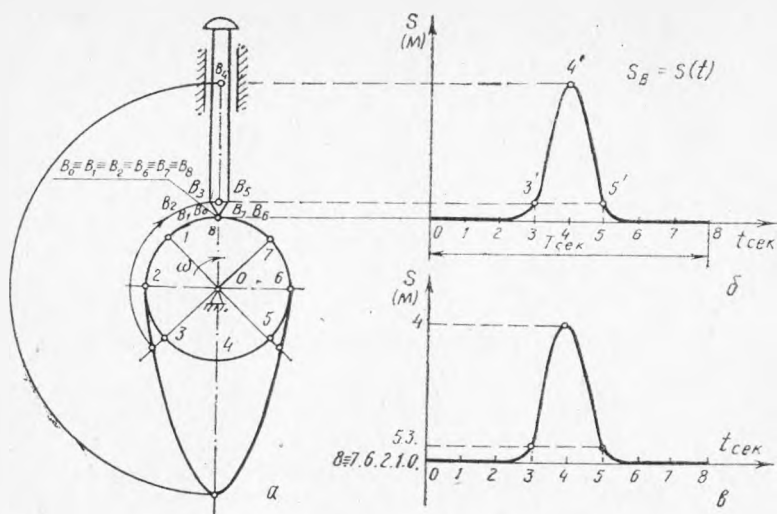
Кулачокли механизмнинг кинематикавий анализида кулачокнинг доимий айланиш даврида турткич нуқтасининг ўтган йўли, тезлиги ва тезланиши аниқланади.

Ўтилган йўл, тезлик ва тезланишлар кулачокли механизмда кўпиңча графикавий йўл билан топиледи, чунки бу усул аналитикавий усулга нисбатан анча осон бўлиб, бунда хато унча катта бўлмайди ва у техникавий ҳисобни қаноатлантиради.

#### IV. 2-§. Турткичи ўткир учли аксиал текис кулачокли механизмнинг анализи

Бунинг учун механизмнинг кинематикавий схемаси масштабда кулачокнинг минимал радиуси турткичга теккан нуқтадаги вазияти чизиб олинади (IV. 1-шакл). Сўнгра кулачок ўзгармас ( $\omega = \text{const}$ ) бурчагий тезликда айлантирилса, турткич ўз ўқи бўйлаб вертикал йўналишда илгарилама-қайтар ҳаракатда бўлади. Шуни эътиборга олиб, кулачок профили бир хил катталикдаги бир нечта тенг бўлакка бўлинади. Агар кулачокнинг айланиш марказидан ихтиёрий минимал  $r$  радиусли айлана чизиб, айланани бир нечта (4, 8, 12, 16,...) тенг бўлакка бўлинса, кулачокни бир хил катталикдаги бир неча тенг бурчакка бўлган бўлади. Сўнгра кулачокни айланиш йўналишида секин-аста бўлинган бурчакка бурсак, турткичнинг  $B_0$  нуқтаси  $B_1$  ҳолатга кўтарилганини кўрамиз, кейинги бурчакка бурганимизда эса  $B_2$  вазиятга келади. Шу тариқа кулачок тўла айланганда турткич ҳам бир марта юқорига чиқиб (энг узоқ нуқтага) сўнгра ўз ўрнига қайтади. Турткич  $B$  нуқтасининг сурилишини топиш учун кулачокнинг айланиш марказида чизилган ихтиёрий айлананинг бўлувчи радиус-чизиқлари кулачок профили билан кесишгунча давом эттирамиз. Сўнгра топилган (1, 2, 3 ...) нуқталарни кулачокнинг айланиш маркази орқали циркуль ёрдамида турткич ўқига айлантириб келтирилади. Турткичнинг ўқи устидаги топилган бу нуқталар  $B$  нуқтанинг вазиятларини кўрсатади.

$B$  нуқтанинг йўл диаграммасини чизиш учун  $Sot$  координата ўқларини олиб  $ot$  томонни (абсциссалар ўқини) кулачок профили бўлинган бўлақлар сонига тенг бўлакка бўламиз. Сўнгра



IV. 1-шакл.

ординаталар ўқи  $OS$  га турткич ўқидаги  $B$  нуқтанинг  $B_0, B_1, B_2, \dots, B_6$  вазиятларини кўрсатувчи  $(B_0B_1), (B_0B_2), \dots$  кесмалар координаталар бошидан бошлаб ўлчаб қўйилади. Агар шу ўлчаб қўйилган нуқталар  $(B_1, B_2, B_3, \dots)$  ни абсциссалар ўқидан чиққан ўз вазиятларини кўрсатувчи перпендикулярга проекцияланса ва топилган нуқталар равои эгри чизиқ билан туташтирилса, йўл диаграммаси ҳосил бўлади (IV. 1-шакл).

Диаграмма чизишининг осон йўли қуйидагича: турткич билан кулачокнинг минимал радиусда теккан нуқтаси  $B_0$  дан турткич ўқиға перпендикуляр ўтказиб, шу чизиқда координаталар боши  $O$  танлаб олинади ва турткич ўқиға параллел равишда  $OS$  ординаталар ўқи, кейин унга перпендикуляр қилиб абсциссалар ўқи ўтказилади. Шундан сўнг турткич ўқи устидаги  $B$  нуқтанинг вазиятларини ординаталар ўқиға ўлчаб қўймасдан, проекциялаб бориш мумкин (IV. 1-шакл, б).

Йўл диаграммаси чизилгандан сўнг, тезлик ва тезланишлар графиги ҳосила олиш йўли билан чизилади.

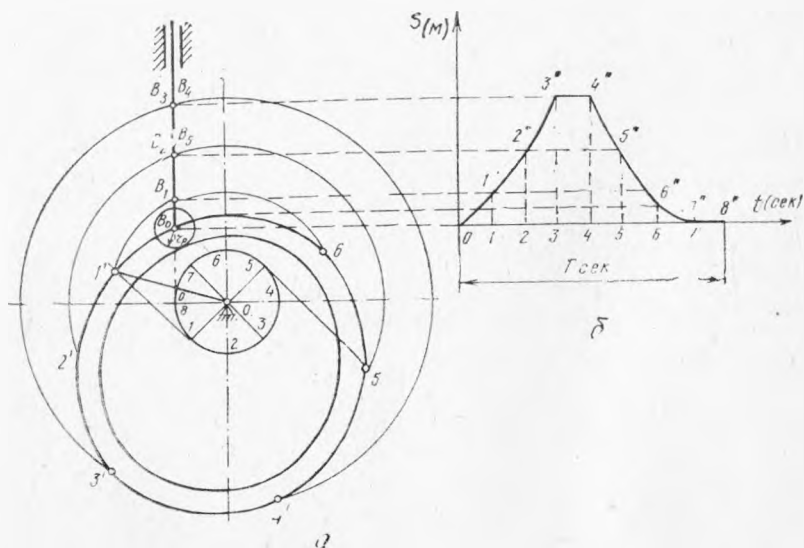
#### IV. 3-§. Турткичи роликли дезаксиал текис кулачокли механизмнинг анализи

Бундай механизм турткичининг йўл диаграммасини чизиш учун кулачок айланиш марказидан дезаксиал  $e$  масофада ёрдамчи айлана чизиб олишади. Сўнгра кулачокни ўзгармас ( $\omega = \text{const}$ ) бурчагий тезликда айлантирилса, турткич роликнинг эркин айланиши натижасида кам қаршилиқ билан ёрдамчи айланага ўтказилган уринма бўйлаб сирпанма-илгариланма ҳаракат қилади (IV. 2-шакл, а). Бунда ролик маркази ( $B$  нуқта) кулачок профилидан роликнинг радиуси ( $r_{\text{ролик}}$ ) ча масофада бўлади.



Турткич кулачокдан ҳаракат олиши учун ролик ҳамма вақт кулачок профилига бир хил босимда тегиб туриши керак.  $B$  нуқтанинг кулачок профилидан ҳамма вақт бир хил узоқликда туриши эътиборга олинса, кулачок профилини ролик радиусича катталаштириб, турткичи ўткир учли кулачокли механизм ҳосил қилиши мумкин. У ҳолда турткичнинг  $B$  нуқтаси кулачокнинг назарий профили сиртида сурилади. Назарий профиль кулачокнинг иш сиртидан бир хил ( $r_{рол}$ ) узоқликда жойлашган эквидистант эгри чизиқдир. Кулачок марказидан ўтказилган ёрдамчи айланани бир неча тенг бўлакка бўлиб, бўлиш нуқталарида айланага уринмалар ўтказилади. Уринмаларнинг кулачок назарий профили билан кесишган нуқталари белгилаб олиниб, циркуль ёрдамида уларни кулачокнинг айланиш маркази орқали турткич ўқиغا олиб қўйилади. Турткич ўқида топилган  $B_1, B_2, B_3, \dots$  нуқталар турткичнинг ҳаракат траекториясини кўрсатади.

Иўл диаграммасини чизиш учун турткичнинг учи ( $B_0$  нуқта) дан турткич ўқиға перпендикуляр қилиб абсциссалар ўқи ўтказилади. Координаталар бошини ихтиёрый равишда (чизмага қараб) абсциссалар ўқининг устида олинган  $O$  нуқтадан ординаталар ўқи ўтказиб белгиланади. Сўнгра турткич ўқидаги  $B_1, B_2, B_3, \dots$  нуқталар (вазиятлар)ни диаграмманинг ординаталар ўқиға, ниҳоят, абсциссадан чиқарилган вазиятлар ордината ўқларига проекциялаб келтириб, бир неча нуқталар ҳосил қилинади ва уларни равои эгри чизиқ билан туташтирилиб, вақтга нисбатан иўл диаграммаси [ $S_B = f(t)$ ] олинади (IV. 2-шакл, б).

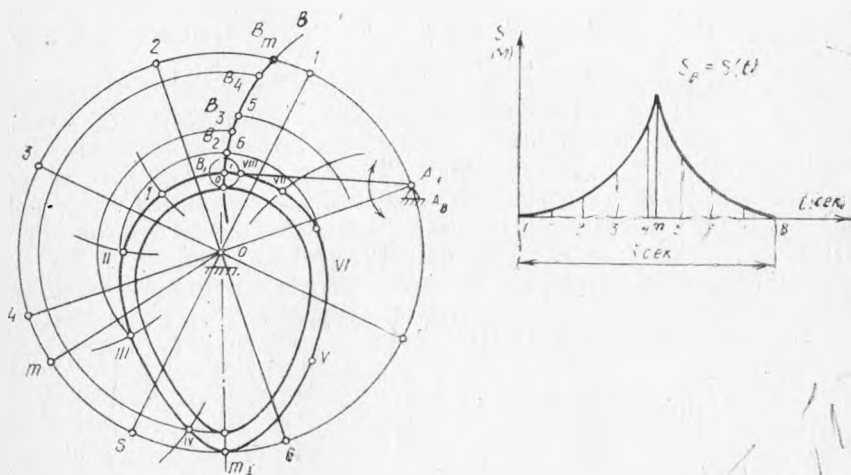


IV. 2-шакл.

#### IV. 4-§. Турткичи роликли тебранма ҳаракат қиладиган текис кулачокли механизм

Бундай механизмларда кулачокнинг тўла айланиши натижа-сида турткич узунлигига тенг бўлган радиусда чизилган (IV. 3-шакл) ёй бўйлаб бир марта бориб келади (тебранади).

Турткич учи ( $B$  нуқта) нинг тебранишда ўтган йўли, тезлиги ва тезланишини топиш учун қайтар ҳаракат методидан фойда-ланилади. Фараз қилайлик кулачок қўзғалмас бўлиб, турткич кулачок атрофида айлансин. Бунда кулачокнинг айланиш мар-кази билан турткичнинг тебраниш марказини туташтирувчи  $OA$  чизиқ айланиш радиуси бўлади.



IV. 3-шакл.

$OA$  радиус ёрдамида чизилган айлана ёрдамчи айлана бў-либ, уни бир нечта бўлақларга бўлинади. Масалан: 8, 12, 24, ... Сўнгра кулачок профилини ролик радиусигача катталаштириб, эквидистант эгри чизиқли кулачокнинг назарий профили чизи-лади.

Турткичнинг айланиш маркази ( $A$  нуқта) ни кулачокнинг ай-ланишига тескари йўналишида фикран секин-аста айлантриб, кулачокнинг назарий профили сиртида  $B$  нуқтанинг вазиятларни I, II, III, ... белгиланади. Бу вазиятлар  $AB$  радиуслар билан ёр-дамчи айланада 1, 2, 3, 4,  $m$ , ... нуқталарни марказ қилиб, чи-зилган ёйларнинг эквидистант эгри чизиқ билан кесишган нуқ-таларидир.

Кулачокнинг назарий профили сиртида олинган I, II, III, IV,  $m$ , ... нуқталар кулачокнинг айланиш маркази атрофида, цир-



куль ёрдамида турткич узунлигида чизилган  $BB$  ёйга кўчириб келтирилади.  $BB$  ёй устида олинган  $B_0, B_1, B_2, B_3, B_4, B_m, \dots$  нуқталар  $B$  нуқтанинг вазиятларини кўрсатади. Йўл диаграммасини чизиш учун ёй бўйлаб ўтилган йўл  $B_0, B_1, B_2, B_3, B_4, B_m, \dots$  кесмалар тегишли ординаталарга қўйилиб, сўнгра равои туташтирилади.

#### IV. 5-§. Кулачокли механизмни кинематикавий лойиҳалаш

Кулачокли механизмни лойиҳалаш — берилган ҳаракат қонунининг бажарилишини таъминлай оладиган кулачок профиллини тузишдир.

Лойиҳалаш икки хил бўлиши мумкин:

1. Кинематикавий лойиҳалаш.

2. Динамикавий лойиҳалаш.

Кулачокли механизмни кинематикавий лойиҳалашда, асосан, стакланувчи звенонинг ҳаракат қонуни йўл, тезлик ёки тезланиш диаграммаси тарзида ва кулачокнинг минимал радиуси, турткич ва кулачок айланиш ўқи оралиғи (агар дезаксиал механизм бўлса) берилган бўлади. Бу усулда кулачокли механизм графикавий лойиҳаланади ва машинасозликда техникавий ҳисобларда кенг қўлланилади. Тезюрар ва аниқлиги юқори кулачокли механизмлар динамикавий усулда лойиҳаланади. Қўйида графикавий лойиҳалаш методи билан таништирилади.

#### VI. 6-§. Турткичли ўткир учли аксиал кулачокли механизмларни лойиҳалаш

Бунинг учун стакланувчи звенонинг йўл диаграммаси (графи) ( $S - t$ ) ва кулачокнинг энг кичик радиуси ( $r_{min}$ ) берилган.

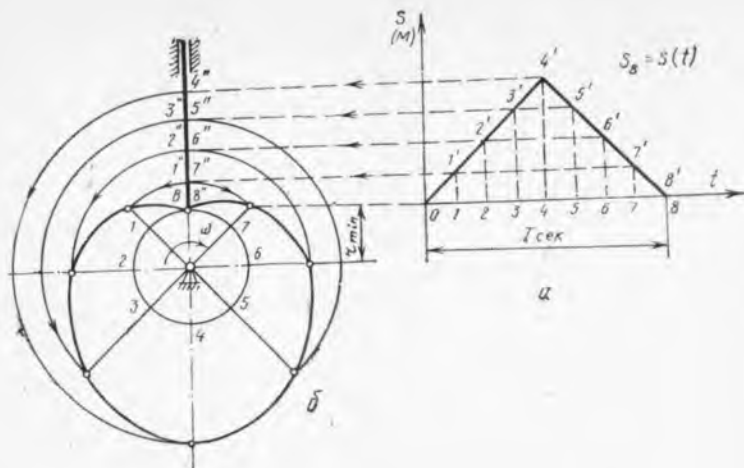
Кулачокли механизм қўйидаги тартибда лойиҳаланади:

1. Текисликда кулачокнинг ихтиёрий айланиш ўқи танлаб олинади ва минимал радиусли ёрдамчи айлана чизилади.

2. Ёрдамчи айлана сиртида турткичнинг кулачок билан олий кинематикавий жуфт ташкил қилиб бириккан нуқтаси  $B$  ни белгилаб олиб, шу нуқтада айланага уринма ўтказилади, берилган йўл диаграммаси шу уринма устида чизилади (IV. 4-шакл, а). Уринма йўл диаграммасининг абсциссалар ўқи бўлиб ҳисобланади.

3. Йўл диаграммасининг абсциссасини (ҳаракат даври) ва ёрдамчи айланани бир хил тенг бўлақларга бўлинади (масалан, 8 бўлақка).

4. Диаграмманинг абсциссалар ўқида олинган нуқталаридан ординаталар ўқига параллел чизиқлар ўтказиб, вазиятларга тўғри келадиган диаграмма эгри чизигининг нуқталари  $1', 2', 3', \dots$  ни топиб ва уларни турткич ўқи ( $1'', 2'', 3'', \dots$ ) га ҳамда



IV. 4- шакл.

ёрдамчи айлананинг тегишли радиус векторларининг давомига проекциялаб, сўнгра ўзаро туташтирилса, изланаётган кулачокнинг профили ҳосил бўлади (IV. 4- шакл, б).

#### IV. 7- §. Турткичи роликли дезаксиал кулачокли механизмни лойиҳалаш

Дезаксиал кулачокли механизмларни лойиҳалашда ҳаракат қонуни, кулачокнинг минимал радиуси, ролик радиуси ва дезаксиал оралиқ  $l$  берилган бўлиши керак. Агар ҳаракат қонуни тезланиш ёки тезлик диаграммалари кўринишида берилган бўлса, уни интеграллаш йўли билан йўл графиги  $S - t$  ни келтириб чиқариш лозим.

Бундай механизм қуйидаги тартибда лойиҳаланади. (IV. 5- шакл).

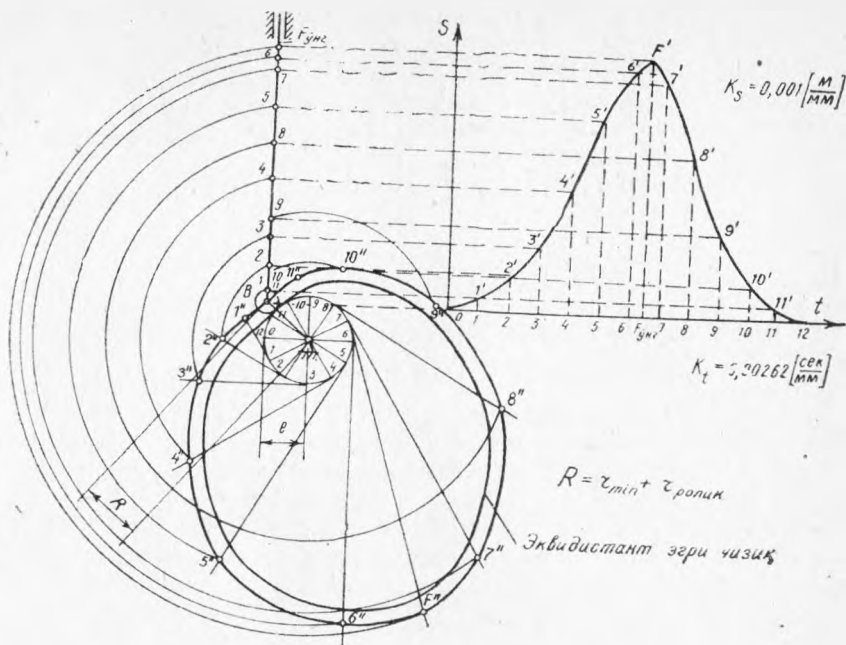
1. Йўл графигининг абсциссалар ўқи давомида турткич роликнинг маркази  $B$  танлаб олинади.

2. Ролик маркази  $B$  ва дезаксиал оралиқ  $e$  дан турткич ва кулачок ўқлари диаграмма ординатасига параллел қилиб ўтказилади.

3. Ролик марказидан ролик ва кулачокнинг минимал радиуслари йиғиндисига тенг радиус ( $r_{min} + r_{ролик} = R$ ) ли ёй чизилади. Ёйнинг кулачок ўқи билан кесишган нуқтаси кулачокнинг айланиш ўқи бўлади.

4. Кулачокнинг айланиш ўқи  $O$  дан дезаксиал оралиқ қийматига тенг бўлган  $e$  радиус билан ёрдамчи айлана чизилади.

5. Ёрдамчи айлана ва йўл графигининг абсцисса ўқлари бир хил тенг (масалан, 12) бўлакларга бўлинади.



IV. 5-шакл.

6. Айлананинг бўлиниш нуқталарига уринмалар ўтказамиз.

7. График абсциссадан чиққан перпендикулярларнинг диаграмма эгри чизиги билан туташган нуқталарни турткич ўқига проекциялаймиз ва топилган нуқталарни тегишли уринмаларга кулачокнинг ўқи атрофида айлантириб келтирамиз. Натижада уринмаларда кулачок профилига тегишли нуқталар ҳосил бўлади. Уларни ўзаро туташтириб кулачокнинг назарий профилини топамиз.

8. Кулачокнинг назарий профили ичига роликнинг радиуси  $r_{ролик}$  узунлигида эквидистант эгри чизик чизилса, изланаётган кулачокнинг профили топилган бўлади (IV. 5-шакл).

#### IV. 8-§. Кулачокли механизмларнинг камчиликлари

Юқорида айтиб ўтганимиздек, кулачокли механизм ёрдамида етакланувчи звенонинг олдиндан белгиланган исталган ҳаракат қонунини олиш мумкинлиги унинг ҳар қандай бошқа механизмлардан афзаллигини кўрсатувчи белгидир. Шу билан бир қаторда бу механизмларнинг камчиликлари ҳам бор.

1. Таркибида олий кинематикавий жуфт борлиги ва уни мойлаб туриш қийинлиги звено сиртларининг тез ейилишига сабаб бўлади.

2. Етакчи ва етакланувчи звеноларнинг доимий жуфт ҳосил қилиб туриши учун ташқаридан қўшимча куч қўйилиши талаб этилади. Бу куч таъсирида жуфтнинг сиртларида қўшимча босим вужудга келади ва ҳаракатлантирувчи кучнинг маълум қисми уни энгишга сарфланади. Натижада механизмнинг фойдаланувчи коэффициентлари (ф. и. к.) пасаяди.

3. Мураккаб профилли кулачок ясаш бирмунча қийин.

#### IV бобни такрорлаш учун саволлар

1. Кулачокли механизмлар бошқа механизмларга нисбатан қандай афзалликларга эга?

2. Кулачокли механизмлар нима сабабдан автомат машиналарда кенг қўлланилади?

3. Қандай звено кулачок дейилади?

4. Эксцентрик кулачокни чизиб кўрсатинг.

5. Кулачокли механизмда олий кинематикавий жуфт ҳосил бўладиган нуқтани кўрсатинг.

6. Кулачокли механизмларнинг хилларини ва уларнинг бир-биридан фарқини кўрсатинг.

7. Кулачокли механизмнинг нормал ишлашини таъминловчи босим кучини схемада кўрсатинг.

8. Кулачокли механизм кинематикавий анализи тартиби.

9. Кулачокли механизм лойиҳалаш тартиби.

#### Кулачокли механизмлар боб (IV) га оид масалалар

IV. 1-масала. II. 16-шакл, *a* да кўрсатилган механизм *F* нуқтасининг ҳаракат қонуини (III. 6-масала, III. 22-шакл, *a* га қаранг) қанбатлантирадиган роликли дезаксиал кулачокли механизм лойиҳалансин. Кулачокнинг минимал радиуси  $r_{min} = 20$  мм, дезаксиал оралиғи  $e = 20$  мм ва роликнинг радиуси  $r_{рол} = 10$  мм.

**Ечиш.** Текисликда дезаксиал оралиқ *e* да иккита вертикал параллел чизиқ олиб, уларнинг бири устида турткич ролигининг маркази (*B* нуқта) танланади, сўнгра *B* нуқтадан горизонтал чизиқ чизилиб, унда берилган йўл диаграммаси (III. 6-масалага қаранг) чизилади. *B* нуқтадан  $(r_{min} + r_{рол}) = R$  радиус билан ўтказилган ёйнинг иккинчи вертикал параллел чизиқ билан кесилган нуқтасида кулачокнинг айланиш маркази бўлади (IV. 5-шакл).

Кулачок марказидан  $r = e$  радиусли ёрдамчи айлана чизиб, йўл диаграммасининг абсциссаси қанча бўлакка (масалан, 12) бўлинса бу айлана ҳам ўшанча тенг бўлакка (12 бўлакка) бўлинади. Сўнгра айлананинг ҳар бир бўлиниш нуқталаридан *B* нуқта томон уринмалар ўтказилади.

Кулачокнинг изланаётган профилини топиш учун йўл диаграммасининг абсциссалар ўқидан чиққан перпендикуляр билан кесилган нуқталари (*I'*, *2'*, *3'*, ..., *11'*) ни турткич ўқи (*1*, *2*, *3*, ... *11*) га ва ниҳоят, турткичнинг вазиятларини кўрсатувчи бу нуқталарни уринмаларга проекциялаб, бир қанча нуқталар (*1''*, *2''*, *3''*, ..., *11''*) топилади. Уринмада топишган нуқталарни ўзаро туташтирсак, кулачокнинг назарий профили ҳосил бўлади, бу профилининг ичига ролик радиуси билан эквидистант эгри чизиқ чизиб, кулачокнинг иш профили топилади.

IV. 2-масала. II. 11-шаклда берилган механизм *B* нуқтасининг ҳаракат қонуини (йўл диаграммасини, III. 5-масала) қаноатлантирадиган роликли аксиал кулачокли механизм лойиҳалансин. Кулачокнинг минимал радиуси  $r_{min} = 25$  мм, роликнинг радиуси  $r_{рол} = 10$  мм.

## ИККИНЧИ ҚИСМ

# МАШИНА ВА МЕХАНИЗМЛАР ДИНАМИКАСИ ВА УНИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТЕКШИРИШ

### V БОБ

## МАШИНА ВА МЕХАНИЗМЛАР ДИНАМИКАСИ

### V. 1-§. Машина ва механизмлар динамикасининг асосий масалалари ва ҳаракат тенгламаси

Машина ва механизмларнинг динамикавий хоссаларини ўрганиш улар қисмларининг чидамлилигини ошириш, сарфланадиган металлни ва ҳаракатга келтириш учун сарфланадиган энергияни тежаш, энг муҳими — машиналарнинг иш унумини ошириш методларини яратишдир. Бунинг учун механизм звеноларига таъсир қиладиган кучларнинг катталигини, характерини ва кинематикавий жуфтлардаги звеноларнинг бир-бирига босимини аниқлаш зарур. Механизм звеноларига таъсир қиладиган куч технологик процессга сарф қилинадиган қувватга, механизмнинг тузилиш схемасига ва ҳаракат тезлигига қараб аниқланади. Звеноларга таъсир қиладиган кучларни билган ҳолда етакчи звенога қўйилган бутун механизм системаси кучининг ўрнини босадиган келтирилган куч  $P_k$  ни ёки келтирилган момент  $M_k$  ни топиш мумкин.

Келтирилган моментни ёки келтирилган кучни технологик процессга боғлиқ ҳолда машина ёки механизм учун берилган технологик процессни бажара оладиган қувватга ва тезликка эга бўлган электрик двигатель танлаш мумкин. Машинага таъсир этадиган барча кучлар асосан қуйидагича 6 та группага бўлинади.

1. Механизмни ҳаракатлантирувчи кучлар  $P_{хк}$  ёки моментлар  $M_{хк}$ . Уларнинг йўналиши тезлик йўналишида бўлиб, бажарган иши ҳамма вақт мусбат деб олинади. Масалан, ички ёнув двигателида цилиндр ичидаги газ босими поршенни сурувчи, яъни машинани ҳаракатга келтирувчи куч бўлиб, унинг ўзгариш қонуни  $P(S)$  ни индикатор диаграммада кўриш мумкин. Бу кучнинг мусбат қийматли қуввати газнинг кенгайиш даврида бўлиб:

$$N_{хк} = P_{хк} v = P \cdot v \frac{\pi d^3}{4} \text{ ватт,}$$

бу ерда  $v$  — поршеннинг газ кенгайиш давридаги тезлиги;

$d$  — поршеннинг диаметри;

$P$  — босим.

Индикатор диаграмма экспериментал йўл билан ёки ҳисоблаш йўли билан чизилган бўлиши мумкин.

2. **Механизмга таъсир қиладиган фойдали қаршилиқ кучлари  $P_{\phi_k}$  ёки моментлари  $M_{\phi_k}$ .** Машина технологик процессини бажариш даврида қаршилиқка учрайди. Масалан: металл ёки ёғоч кесиш станокларида кесиш операцияси маълум куч сарф қилишни тақозо қилади, яъни қаршилиқ кўрсатади. Бу қаршилиқни енгиш учун сарф бўладиган куч ёки момент тегишлича *фойдали куч ёки фойдали момент* деб аталади.

Машина ва механизмнинг вазифаси ана шу технологик процессни бажариш ёки фойдали қаршилиқни енгишдир. Машина технологик процессини анализ (таҳлил) қилиш фойдали куч ( $P_{\phi_k}$ ) ни ёки фойдали момент ( $M_{\phi_k}$ ) ни йўл ( $S$ ) га, тезлик ( $v$ ) га, баъзан тезланиш ( $a$ ) га нисбатан топишдир.

3. **Машина ёки механизм таркибидаги звеноларнинг оғирлик кучлари  $G$ .** Баъзан звенонинг оғирлиги кинематикавий жуфтларга катта таъсир кўрсатади.

Машинанинг горизонтал текисликка нисбатан ҳаракат қилувчи қисмларининг оғирлик марказлари ўзгарганда оғирлик кучларининг бажарган ишлари ҳам ўзгариб боради. Звено оралиқ кучларининг йўналиши механизмни ҳаракатга келтирувчи куч йўналишига мос келса, мусбат иш, тескари келганда эса манфий иш бажарилади.

4. **Машина ва механизмнинг ҳаракати вақтида ҳосил бўладиган зарарли қаршилиқ кучлари ( $P_{иқ}$  ёки  $M_{иқ}$ ).** Бу қаршилиқ кучлари машина ҳаракати даврида кинематикавий жуфтлар оралиғида ҳосил бўладиган ишқаланиш кучлари ва ишқаланиш куч моментлари ёки звенога таъсир қилувчи ташқи муҳит (масалан, ҳаво, сув ва ҳ. к. лар) кучларидир. Бу кучларнинг йўналиши ҳаракат йўналишига тескари бўлиб, бажарган иш манфийдир.

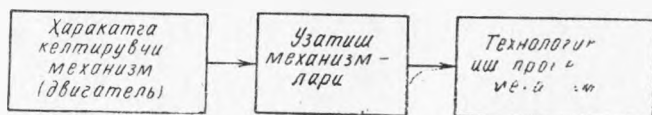
Ишқаланиш кучлари ёки моментлари фрикцион узатмаларда ҳаракатлантирувчи куч бўлиб, унинг бажарган иши мусбат бўлади.

5. **Машина ва механизмларнинг звенолари деформацияланиши натижасида пайдо бўладиган эластик куч  $P_{эқ}$  ёки момент  $M_{эқ}$ .** Бу кучлар баъзан энергияни ўзига олиб, сўнгра уни машинани ҳаракатлантиришга сарфлайди. Бунга пружинанинг бажарган иши мисол бўлиши мумкин.

6. **Машина звеноларининг эгри чизиғий ва ўзгарувчан тезликдаги ҳаракатлари вақтида ҳосил бўладиган инерция кучлари ва инерция куч моментлари.** Машина қисмлари ўзгарувчан тезлик билан эгри чизиғий ҳаракат қилса, унинг звеноларида инерция кучлари ҳосил бўлиб, тезликларнинг ўзгириши катта бўлганда бу кучлар янада ортади. Тезлик ўзгармас бўлганда илгарилама ҳаракатда инерция кучи бўлмайди. Тез ишлайдиган машиналарда инерция кучларини ҳисобга олиш динамикавий ҳисобларнинг асосий масаласи ҳисобланади.



Машина ҳаракатини ҳаракатга келтирувчи механизмдан технологик процессни бажарувчи механизмга узатиш схемасига машина агрегати дейилади (V. 1-шакл).



$$N_{\text{х.к}} = M_{\text{х.к}} \omega_{\text{с}} \quad N_{\text{и.к}} = [\sum P_{\text{и.к}} v_i + \sum M_{\text{и.к}} \omega_i] \quad N_{\text{с.к}} = \lambda_{\text{с.к}} \lambda_{\text{с.к}} \lambda_{\text{с.к}} \\ = [\sum P_{\text{с.к}} v_i + \sum M_{\text{с.к}} \omega_i + \sum P_{\text{и.к}} v_i + \sum M_{\text{и.к}} \omega_i]$$

V. 1-шакл.

Юқорида келтирилган схема (V. 1-шакл) га кўра ҳаракатга келтирувчи кучларнинг машина агрегати учун математикавий қувват ифодаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$N_{\text{х.к}} = N_{\text{ф.к}} + N_{\text{и.к}} + N_G + N_{\text{э.к}} + N_{\text{ин.к}}$$

бу ерда  $N_{\text{ф.к}}$  — фойдали ишга сарф бўладиган қувват;

$N_{\text{и.к}}$  — ишқаланиш кучига сарфланадиган қувват;

$N_G$  — оғирлик кучига сарфланадиган қувват;

$N_{\text{э.к}}$  — эластиклик кучига сарфланадиган қувват;

$N_{\text{ин.к}}$  — инерция кучига сарфланадиган қувват.

## V. 2-§. Машина агрегатининг ҳаракат тенгламаси

Машинанинг ҳаракат тенгламаси, нуқталар системаси кинетик энергиянинг ўзгариш қонуллари ёрдамида ифодалангани мумкин. Кинетик энергиянинг ўзгариш қонуни физикада назарий механикадан маълум, бунинг таърифи қуйидагича. *Бирор вақт ичида моддий нуқта кинетик энергиясининг ўзгариши шу вақт ичида нуқтага қўйилган кучларнинг бажарган ишлари йиғиндисига тенг, яъни:*

$$\sum_{i=1}^n E_i - \sum E_0 = \sum \frac{m_i v_1^2}{2} - \sum \frac{m_i v_0^2}{2} = \sum A_i; \quad (1)$$

бунда  $E_0$  — бошланғич кинетик энергия;

$E$  — кинетик энергия;

$E_i$  — охириги кинетик энергия;

$m_i$  — нуқтанинг массаси;

$v_0$  — нуқтанинг бошланғич тезлиги;

$v_i$  — нуқтанинг охириги тезлиги;

$\sum_{i=1}^n A_i$  — моддий нуқталар системасига қўйилган кучлар ишининг йиғиндиси. У қуйидагича ифодалапади:

$$\sum_{i=1}^n A_i = A_{xk} - A_{ф.к} - A_{з.к} + A_G + A_{э.к}$$

Бундан (1) тенглама қуйидаги кўринишни олади:

$$\sum_{i=1}^n \frac{m_i v_1^2}{2} - \sum \frac{m_i v_1^2}{2} = A_{x.к} - A_{ф.к} + A_G \pm A_{э.к} - A_{з.к}.$$

$A_{x.к}$  — ҳаракатлантирувчи кучнинг бажарган иши бўлиб, ҳаракат берувчи механизмнинг ишлаш принципига қараб аниқланади;

$A_{ф.к}$  — фойдали қаршилик кучининг бажарган иши, у ҳаракатлантирувчи кучга тесқари йўналишдадир;

$A_{з.к}$  — зарарли қаршилик кучининг бажарган иши;

$A_G$  — оғирлик кучининг бажарган иши;

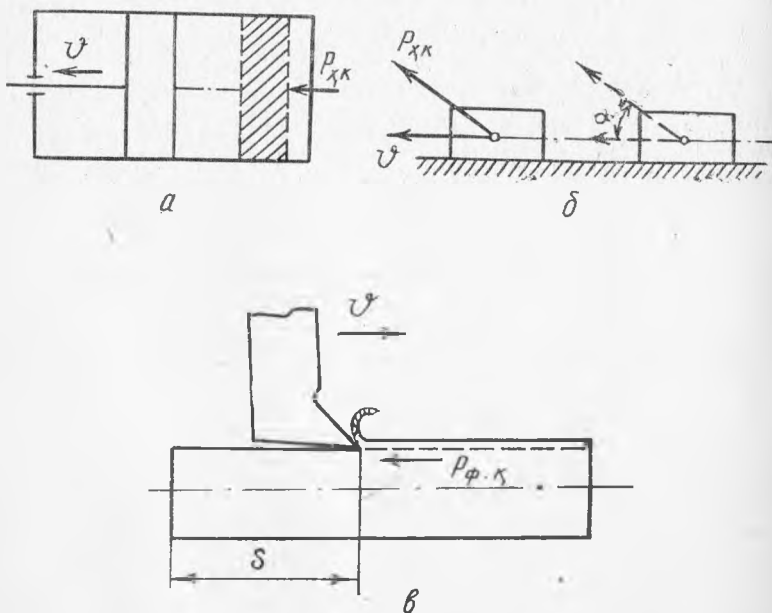
$A_{э.к}$  — эластик деформация кучининг бажарган иши.

Масалан, ички ёнув двигателининг поршени бажарган иш бутун машинани ишга солади. Бу иш поршеннинг қандай босим кучи билан вақтга нисбатан сурилиш масофасига боғлиқ (V. 2-шакл, а ва б)

$$A_{xk} = P_{xk} \cdot S \cos \alpha$$

ёки

$$A_{xk} = P_{xk} \cdot S \cos \alpha.$$



V. 2-шакл.

Ҳаракатлантирувчи кучнинг йўналиши ҳаракат йўналиши билан бир хил ( $\alpha=0$ ) бўлса, у ҳолда кучнинг бажарган иши максимал қийматга эга бўлади (V. 2-шакл, а), яъни:

$$A_{x,k} = P_{x,k} \cdot S.$$

Фойдали қаршилик кучини енгиш машиналарда технологик иш бажариш демакдир. Масалан, металл қирқиниш стапогида технологик иш процесси металлни кескич ёрдамида қирқинишдир: Бу технологик процесда бажарилган иш кескичнинг металл қаршилигини енгиб ўтган йўли билан аниқланади (V. 2-шакл, в):

$$A_{ф.к} = P_{ф.к} \cdot S \cos(\overset{\wedge}{PS}) = -P_{ф.к} \cdot S,$$

чунки

$$\cos(\overset{\wedge}{PS}) = 180^\circ = -1.$$

$A_G$  нинг бажарган иши машина звеноларининг оғирлигига боғлиқ бўлиб, агар звено пастга қараб ҳаракатланса ҳаракатлантирувчи куч, аксинча, юқорига қараб ҳаракатланса қаршилик кучи вазифасини бажаради. Унинг математикавий ифодаси қуйидагича бўлади:

$$A_G = \pm G \cdot h.$$

$A_{э,к}$  нинг бажарган иши, машинанинг ҳаракат тенгламасида звенолар қаттиқ деб қаралади. Звеноларнинг эластик деформацияланишини аниқлаш методлари билан машина ва механизмлар параметрларини экспериментал текшириш бобида таништирилади. (2) тенгламага машинанинг иш ҳолатидаги ҳаракат тенгламаси деб аталади.

Агар машина қисмларининг ҳаракати даврий бўлса,  $A_G$  ва  $A_{э,к}$  ларни ҳисобга олмаса ҳам бўлади. У ҳолда (2) тенглама қуйидагича ёзилади:

$$\sum_{i=1}^n \frac{m_i v_i^2}{2} - \sum_{i=1}^n \frac{m_i v_0^2}{2} = A_{x,k} - A_{ф,к} - A_{з,к}. \quad (3)$$

(3) тенглама таҳлил қилиниб, ҳар қандай машина ҳаракатида уч асосий давр (V. 3-шакл) борлиги аниқланади. Улар қуйидагича:

1. Машинани юргизиш даври —  $t_1$ .
2. Машинанинг барқарор юриш даври —  $t_2$ .
3. Машинанинг тўхташ даври —  $t_3$ .

Қуйида ҳар бир давр билан алоҳида-алоҳида танишиб чиқилади.

1. Машина юргизилиш даврида унинг бошланғич тезлиги нолга тенг ( $v_0=0$ ); кинетик энергияси ҳам ноль; ( $\sum \frac{m_i v_0^2}{2} = 0$ ) бўлганлигидан (3) тенглама қуйидаги шаклга келади:

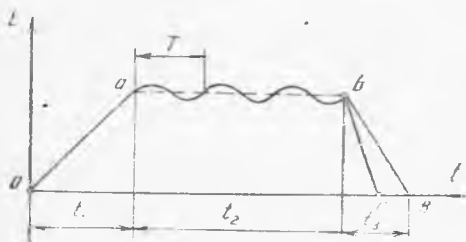
$$\sum_{i=1}^n \frac{m_i v_i^2}{2} = A_{x,k} - A_{ф,к} - A_{з,к},$$

бундан

$$A_{x,к} = A_{ф,к} + A_{з,к} + \Sigma \frac{miv_1^2}{2}. \quad (4)$$

Бундан шундай хулоса чиқариш мумкин: (4) тенглама машинани юргизувчи кучнинг ишидир, шу иш фойдали ва зарарли қаршилик кучлари бажарган ишларнинг йиғиндисидан каттадир, чунки бу ишнинг маълум қисми машинани ҳаракатлантирувчи қисмларининг нормал тезликка эришувини таъминлашида, инерция кучини енгиш учун сарфланади. Буни V. 3-шаклдаги *Оа* графикдан тушуниш мумкин.

**2. Машинанинг барқарор юриш даври.** V. 3-шаклдаги графикнинг *аб* тўғри чизикли қисми, машина барқарор юриш даврине ифодалайди. Машинанинг барқарор ҳаракатида тезлик ўзгармас, яъни  $v_1 = v_0 = v$  бўлиб, кинетик энергиясининг ортимаси ҳам нолга тенг.



V. 3-шакл.

У ҳолда (3) тенглама қуйидаги кўринишни олади:

$$A_{x,к} - A_{ф,к} - A_{з,к} = 0, \quad (5)$$

бундан

$$A_{x,к} = A_{ф,к} + A_{з,к}.$$

(5) формуладан шундай хулоса чиқариш мумкин, машинанинг барқарор ҳаракати даврида ҳаракатлантирувчи кучларнинг иши фойдали ва зарарли қаршилик кучлари ишларининг йиғиндисига тенг бўлади. Буни V. 3-шаклдаги графикнинг *ав* горизонтал тўғри чизигида тасвирланган синусоида эгрилигининг *T* бир давр ичидаги ўзгаришидан кўриш мумкин.

**3. Машинанинг тўхташ даври.** Тўхташ даврида машинанинг охириги тезлиги нолга тенг ( $v_1 = 0$ ). Натижада (3) тенглама қуйидаги кўринишда ифодаланади:

$$-\Sigma \frac{miv_0^2}{2} = A_{x,к} - A_{ф,к} - A_{з,к}.$$

Бунда

$$A_{x,к} > A_{ф,к} + A_{з,к}.$$

Машинанинг тўхташ учун  $A_{x,к} = 0$  ва  $A_{ф,к} = 0$  бўлиши керак, яъни:

$$A_{з.к} = \sum_{l=1}^n \frac{m^l v_0^2}{2} \quad (6)$$

(6) тенгламадан кинетик энергия, ҳаракат даврида тўпланган кинетик энергия бўлиб, тўхташ даврида зарарли қаршилиқлар кучининг бажарган ишини енгиш учун сарфланади. Бунда сунъий равишда зарарли қаршилиқни кўпайтириб, машинанинг тўхташ вақтини қисқартириш мумкин. Машинанинг бош валларига махсус тормозлар ўрнатиш йўли билан бу масала ҳал қилинади. Масалан, автомобилни тўхтатиш учун, аввал двигателъ ҳаракати кардан валидан ажратилади, сўнгра тормоз бериб, автомобиль тўхтатилади.

Буни V. 3- шаклдаги графикнинг  $vB$  ва  $vC$  қия сўнувчи чизиқларида кўриш мумкин.  $BC$  кесма сунъий тормозлаш натижасида машинанинг тўхташ вақти қисқарганлигини кўрсатади.

### V. 3- §. Механизм звеноларидаги инерция кучлари

Инерция кучи машина ва механизм звеноларига бутун узунлик бўйича тақсимланган кучлар қаторига кириб, қисмлари тезликларининг ўзгариши — тезланишга тўғри пропорционал равишда ўсади. Унинг математикавий ифодаси қуйидагича бўлади, яъни:

$$P_u \varepsilon = m a_s; \quad (1)$$

$$M_u = J_s \varepsilon, \quad (2)$$

бунда  $m$  — звено массаси;

$a_s$  — звено оғирлик марказининг тезланиши;

$J_s$  — звенонинг оғирлик марказига нисбатан инерция моменти.

Бу куч таъсирида машина қисмлари ҳар хил йўналишда тебраниши (буралиш, эгилиш), пойдевор ва раманинг титраши, машинани тезда ишдан чиқариши мумкин. Механизм деталларининг мустаҳкамлиги шу инерция кучининг ва инерция куч моментларининг тўғри ҳисобга олинишига боғлиқ бўлади.

*Инерция кучи ва инерция кучининг моменти деб, тезланиш билан ҳаракатланувчи звенонинг ҳаракатлантирувчи звенога кўрсатган қўшимча таъсир кучига айтилади.*

Агар механизмнинг бирор звеноси ўзгармас тезлик (тезланиш ноль бўлса) билан ҳаракат қилса, шу звенода инерция кучи нолга тенг бўлади. Тенгламаларнинг ўнг томонидаги милус ишоралар, инерция  $P_{и.к}$  кучи ва инерция куч моментлари  $M_{и.к}$ ) нинг тезланиш йўналишларига тескари йўналишда эканликларини кўрсатади. Инерция кучининг қўшни звеноларга таъсирини аниқлашда, инерция кучи звенонинг оғирлик марказига қўйилган деб қаралади.  $v$  тезлик ва  $a$  тезланиш билан тўғри чизигий (илгариланма) ҳаракат қилаётган звенонинг инерция кучини топайлик (V. 4- шакл, а).

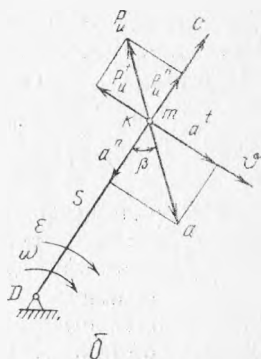
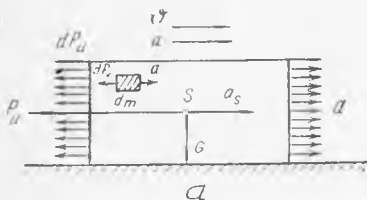
Ҳаракатдаги звенонинг ҳамма нуқталари бир хил траектория бўйича ҳаракат қилса, бундай ҳаракат тўғри чизигий ҳаракат дейилади. Бир хил траекторияларга эга бўлган нуқталарнинг тезлик ва тезланишлари ҳам бир-бирига тенг бўлади. Агар звенонинг элементар  $dm$  массасининг инерция кучини ҳисобласак, у қуйидагича бўлади:

$$dP_u = -d \cdot m \cdot a$$

$a = a_s$  эканлигини ҳисобга олиб ва звенони бир жинсли деб қараб, (2) тенгламани звено массаси бўйича интегралласак, оғирлик марказига қўйилган инерция кучининг тенг таъсир этувчиси топилади.

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

бу ерда  $P_{и.к}$  — инерция кучини бундан буён  $P_u$  деб қабул қиламиз.



V. 4- шакл.

Агар звено (жисм нуқтаси) ҳаракати ўзгарувчан эгри чизикли бўлса, у ҳолда тезланиш иккита, нормал ва тангенциал тезланишлардан иборат бўлиши назарий механикадан маълум. Масалан, тебранма ҳаракат қилаётган звенонинг (коромисло) ихтиёрий масофа  $\rho$  даги  $K$  нуқтада олинган масса  $m$  ни кўрайлик (V. 4- шакл, б). У ҳолда масса  $m$  икки тезланишга эга бўлади. Буларнинг биринчиси  $\rho$  радиус бўйлаб эгрилик маркази  $D$  нуқтага қараб йўналган нормал тезланишдир, унинг скаляр миқдори қуйидагича аниқланади, яъни:

$$a^n = \frac{v^2}{\rho} = \omega^2 \rho. \quad (3)$$

Иккинчиси эса эгрилик радиуси  $\rho$  га перпендикуляр йўналишдаги уринма тезланишдир, унинг скаляр миқдори қуйидагича:

$$a^t = \rho \epsilon$$

$\epsilon$  — звенонинг бурчагый тезланиши  $a^n$  ва  $a^t$  топилгандан сўнг тўлиқ тезланишнинг скаляр миқдорини ва унинг вектор йўналиши аниқланади.

$$a = \sqrt{(a^n)^2 + (a^t)^2} = \rho \sqrt{\omega^4 + \epsilon^2}$$

унинг йўналиши  $\beta$  бурчак орқали топилади, яъни:

$$\frac{a^t}{a^n} = \frac{\rho \epsilon}{\rho \omega^4} = \frac{\epsilon}{\omega^2} = tg \beta,$$

$a^n$  ва  $a^t$  тезланишлар ўз навбатида тезланиш йўналишига қарама-қарши йўналган, нормал ( $P_u^n$ ) ва уринма ( $P_u^t$ ) инерция кучларини беради. Уларнинг скаляр миқдорлари қуйидагича, яъни:

$$\begin{aligned} P_u^n &= -ma^n; \\ P_u^t &= -ma^t. \end{aligned}$$

Тўлиқ инерция кучи тўлиқ тезланишга қарама-қарши йўналишда бўлиб, унинг скаляр миқдори тубандагича:

$$\begin{aligned} P_u &= \sqrt{(P_u^n)^2 + (P_u^t)^2} = \sqrt{(ma^n)^2 + (ma^t)^2} = \\ &= \sqrt{m^2[(a^n)^2 + (a^t)^2]} = ma. \end{aligned}$$

#### V. 4-§. Айланма ҳаракатдаги звенонинг инерция кучи

Ўзгарувчан бурчагый тезликда қўзғалмас ўқ атрофида айланаётган жисмнинг (V. 5-шакл,  $a$ ) инерция куч моментиши, инерция кучини ва инерция кучи қўйилган нуқтасини топиш талаб этилсин. Унинг айланиш тезлиги  $\omega$ , тезланиши  $\epsilon$  бўлсин. Бундай жисмда айланиш ўқидан  $\rho$  масофада ажратилган элементар  $dm$  масса тезланишининг нормал ва уринма бўлиши юқорида кўрилди, яъни:

$$\begin{aligned} a_i^n &= \omega^2 \rho, \\ a_i^t &= \epsilon \rho. \end{aligned}$$

Нормал ва уринма чизигий тезланишлар ўз навбатида  $dP_u^n$  — нормал ва  $dP_u^t$  — уринма инерция кучларни ҳосил қилади;

$$\begin{aligned} dP_u^n &= -a_i^n \cdot dm_i; \\ dP_u^t &= -a_i^t \cdot dm_i, \end{aligned}$$

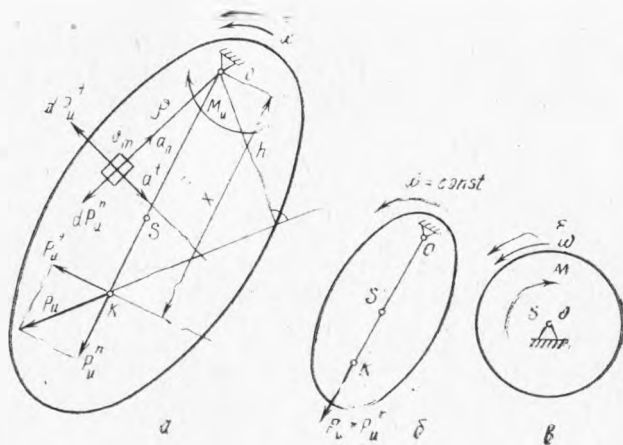
шунингдек, жисм сиртида ажратилган барча элементар масса-лар ўз инерция кучларига эга бўлиб, улар тегишлича нормал ва уринма тезланишларга қарама-қарши йўналишда бўлади. Тенг-

ламани интеграллаб инерция кучларининг тенг таъсир этувчилари топилиши мумкин.

$$P_u^n = - \int_m a_i^n \cdot dm_i = - \int_m \omega^2 \rho dm_i = - \omega^2 \int_m \rho dm_i.$$

$$P_u^t = - \int_m a_i^t \cdot dm_i = - \int_m \varepsilon dm_i = - \varepsilon \int_m \rho dm_i.$$

Тенгламадаги  $\int_m \rho dm_i$  ифода жисмнинг айланиш ўқиغا нисбатан статикавий моменти бўлиб, унинг ечими назарий механикадан маълум, яъни:



V. 5-шакл.

$$\int_m \rho dm_i = I_{OS} m.$$

бу ерда  $I_{OS}$  — айланиш ўқи  $O$  билан оғирлик маркази  $S$  орасидаги масофа.

Демак, тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$P_u^n = - \omega^2 I_{OS} \cdot m = - a_s^n m;$$

$$P_u^t = - \varepsilon I_{OS} \cdot m = - a_s^t m.$$

Уринма инерция кучларининг тенг таъсир этувчи  $P_u^t = \int_m dP_u^t$

нинг айланиш ўқи  $O$  га нисбатан олинган моменти, инерция кучи моментини беради. Унинг математикавий ифодаси қуйидагича:

$$M_u = \int dP_u^t \rho = \varepsilon \int \rho^2 dm$$

бинобарин,

$$\int \rho^2 dm = I_0$$

бу ерда  $M_{u\kappa} = M_u$  — инерция кучи моменти;

$I_0$  — звонинг айланиш ўқиға нисбатан инерция моменти.



бундан жисмнинг айланиш ўқиға нисбатан инерция моменти топилади.

$$M_u = -\varepsilon I_o. \quad (5)$$

Инерция кучлари қўйилган нуқтасини топишда *биринчидан* элементар инерция кучларнинг тенг таъсир этувчисидан айланиш ўқи  $O$  га нисбатан момент олинади, яъни:

$$\Sigma M_o = \int dP_u^t \rho = \varepsilon \int \rho^2 dm = M_u. \quad (6)$$

*Иккинчидан* инерция кучларининг тенг таъсир этувчи  $P_u^t$  ва  $P_u^n$  лари айланиш ўқи  $O$  билан оғирлик маркази  $S$  ни туташтирувчи  $OS$  кесманинг давомида ( $X$  масофада) ётувчи  $K$  нуқтага қўйилган деб фараз қилинади. Бу кучларнинг моменти элементар инерция кучлардан олинган моментлар йиғиндисига тенг бўлади.

$$M_u = P_u \cdot x \quad (7)$$

(6) ва (7) нфодаларни тенгласак,

$$P_u^t x = -\varepsilon \int_m \rho^2 dm$$

ёки

$$- \varepsilon I_{os} m x = \varepsilon \int_m \rho^2 dm. \quad (8)$$

Бунда инерция кучларининг тенг таъсир этувчилари қўйилган  $K$  нуқтанинг айланиш ўқи билан ташкил қилган оралиғи  $X$  ни топиш мумкин.

$$x = \frac{\varepsilon \int \rho^2 dm}{\varepsilon I_{os} m} = \frac{I_o}{I_{os} m}.$$

Инерция кучи қўйилган  $K$  нуқта *зарб маркази* деб аталади. Зарб маркази ҳамма вақт оғирлик марказидан пастда, оғирлик марказининг айланиш ўқи билан туташиб чизигида ётади. Зарб марказига қўйилган тўлиқ инерция кучи, нормал ва уринма инерция кучларининг геометрик йиғиндиси кўришишида олинади:

$$P_u = \sqrt{(P_u^t)^2 + (P_u^n)^2},$$

Тўлиқ инерция кучини билган ҳолда инерция куч моментини топиш учун  $P_u$  ни айланиш ўқиға, назарий механика курсидан маълум бўлган қондага биноан олиб қўйиш кифоя ёки  $P_u$  кучидан айланиш ўқи  $O$  га нисбатан момент олиш керак (V. 5-шакл, а).

$$M_u = P_u \cdot h,$$

бу ерда  $h$  — айланиш ўқидан  $P_u$  — куч таъсир чизигига туширилган перпендикуляр. Қўйида инерция кучи ва унинг момент-

лари тезлик ва оғирлик марказга боғлиқ эканлигини кўрсатувчи хусусий ҳоллар билан таништириб чиқилади.

1. Бирор жисм ўзгармас бурчагий  $\omega$  тезлик билан  $O$  ўқ атрофида айланаётган бўлсин (V. 5-шакл, б). У ҳолда

$$\omega = \text{const}, \quad \varepsilon = 0, \quad M_u = 0, \quad P_u^t = 0.$$

Бунда фақат битта нормал инерция кучи пайдо бўлиб, унинг қиймати тўлиқ инерция кучига тенг.

$$P_u = P_u^n = -\omega^2 I_{Os} \cdot m.$$

2. Агар звенонинг айланиш ўқи оғирлик марказида бўлиб, у ўзгарувчан тезлик билан айланса (V. 5-шакл, в), у ҳолда:

$$P_u^t = 0; \quad P_u^n = 0$$

бўлиб, бунда фақат инерция кучининг моменти қолади.

$$M_u = -J_S \varepsilon.$$

3. Агар звенонинг оғирлик маркази айланиш ўқида бўлиб, ўзгармас бурчагий тезлигида айланса, у ҳолда:

$$P_u^n = 0; \quad P_u^t = 0; \quad M_u = 0.$$

#### V. 5-§. Мураккаб текис ҳаракат қилувчи звенонинг инерция кучи ва инерция кучининг моменти

Мураккаб текис ҳаракат қилувчи бирор звенони кўриб чиқайлик, масалан, кривошип-ползунли механизм шатунининг ҳаракати (V. 6-шакл, а). АВ шатун А ва В нуқталарнинг тезланишлари маълум (V. 6-шакл, б). Шатуннинг инерция кучи, унинг йўналиши ва қўйилган нуқтасини топиш талаб этилсин. Шатуннинг оғирлик марказини  $S$  деб белгиланиб, звенонинг тезланиш плани тузилади (V. 6-шакл, в). Шатуннинг ҳаракати мураккаб бўлиб, шатун оғирлик марказининг  $a_S$  тезланиши А нуқтага нисбатан айланма тезланишдан  $a_{SA}$  ҳамда А билан бирга илгарилама тезланиш  $a_A$  дан иборат бўлади, яъни:

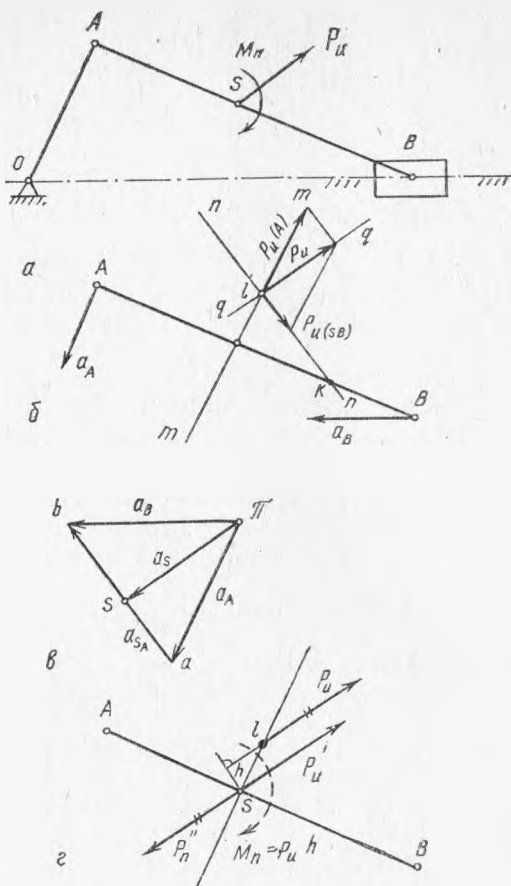
$$\bar{a}_S = \bar{a}_A + \bar{a}_{SA}.$$

Тенгламадаги тезланишлар ўз навбатида инерция кучларини келтириб чиқаради.

$$\bar{P}_u(s) = \bar{P}_u(A) + \bar{P}_u(sA);$$

бунда  $P_u(s)$ — оғирлик маркази  $S$  га қўйилган инерция кучи тўлиқ инерция кучи.

$P_u(A)$ —  $S$  — нуқтанинг А билан бирга ҳаракатланишидан ҳосил бўлган илгарилама инерция кучи.



V. 6-шакл.

$P_{u(SA)}$  —  $S$  — нуқтанинг  $A$  атрофда айланишидан ҳосил бўлган инерция кучи.

Илгариларда инерция кучи  $P_{u(A)} = -ma(A)$  га тенг бўлиб, теъдиланиш планидаги  $pa$  вектор кесмага параллел, шатуннинг оғирлик марказидан ўтган  $pa // m - m$  чизигида ётади. Айланма инерция кучи эса шатуннинг зарб маркази  $K$  нуқтадан ўтган  $as // n - n$  чизигида ётади, яъни (V. 6-шакл, б).

$$P_{u(SA)} = -ma_{sA}$$

Зарб маркази  $K$  нуқта шатуннинг  $S_B$  оралиғида бўлади; у қуйидаги ифодадан топилади:

$$l_{AK} = x = \frac{J_A}{l_{AS} \cdot m},$$

бунда

$$J_A = J_S + ml^2_{AS},$$

$$I_{AK} = \frac{J_S + ml^2_{AS}}{ml_{AS}} = \frac{J_S}{ml_{AS}} + l_{AS},$$

демак,

$$l_{AK} = l_{AS} + l_{SK}.$$

$P_u(A)$  ва  $iP_u(SA)$  инерция кучлари таъсир чизиқларининг кесишишидан  $l$  нуқта топилади. Тўлиқ инерция кучи шу  $l$  нуқтадан ўтиши керак. Тўлиқ инерция кучи қуйидагича аниқланади.

$$P_u = P_u(A) + P_u(SA) = -(ma_A + ma_{SA}) = -m(\bar{a}_A + \bar{a}_{SA})$$

ёки

$P_u = -ma_s$  бўлиб, тўлиқ инерция кучи  $\pi S$  га параллел  $l$  нуқтадан ўтган  $q-q$  чизиғида ётади. (V. 6-шакл, б).

$$\pi S // q - q$$

Шундай қилиб,  $P_u$  кучи қўйилган нуқта ва унинг таъсир йўналиши аниқланди. Юқорида баён этилган инерция кучни топши усулига *график усул* дейилади.

Инерция кучининг қўйилган нуқтаси звено устида бўлмаганлиги сабабли масалани ечишда, яъни инерция кучининг звено шарнирларига таъсирини топишда анча қийинчилик туғдиради.

Масалани ишлашнинг энг қулай усули, **топилган**  $P_u$  инерция кучини шатуннинг оғирлик марказига келтириб олишдир. Буни назарий механика курсида кўриб ўтилган қонунларга асосан, моментлар усули билан келтириш мумкин. Бунинг учун шатун оғирлик маркази  $S$  га миқдори  $P_a$  га тенг бўлган ва унга қарама-қарши йўналган куч қўйилади (V. 6-шакл, г).

$$(P'_u \cdot P''_u) \propto 0$$

$P''_u$  билан  $P_u$  кучлар  $h$  елкали жуфт кучни ташкил қилади. Унинг моменти:

$$M_u = P_u h = -J_S \varepsilon$$

бўлиб,  $S$  нуқтада эса яна  $P'_u = P_u$  инерция кучи қолади.

Бу инерция кучининг скаляр қиймати:

$$P''_u = P_u = -ma_s.$$

Шундай қилиб,  $l$  нуқтадаги  $P_u$  кучнинг ўрнига шу кучга эквивалент бўлган, оғирлик марказига қўйилган тезланишларга тескари йўналишдаги  $P_u$  куч ва  $M_u$  моментини олдик (V. 6-шакл, г).

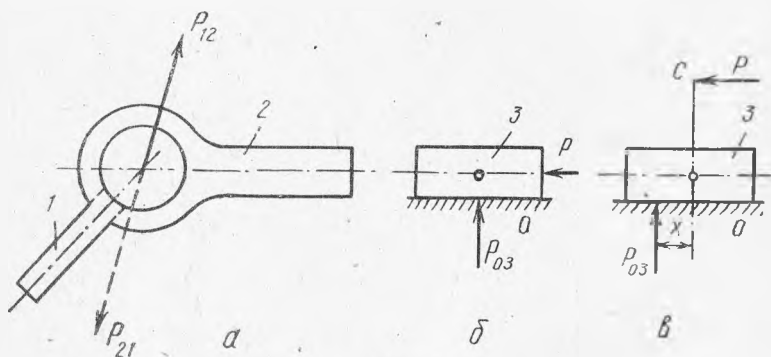
$$P_u = -ma_s; \quad M_u = -I_s \cdot \varepsilon$$

Звенода ҳосил бўладиган инерция куч ва инерция куч моментларини аналитик усул билан ҳам ҳисоблаб топилиши мумкин. Бунинг учун тегишли звенонинг чизигий ва бурчагий тезланишлари аналитик усул билан аниқланиб, сўнгра массасига кўпайтириш кифоя.

### V. 6-§. Қуйи кинематикавий жуфтли текис механизмнинг куч ҳисоби

Қуйи кинематикавий жуфтли текис механизм звенолари ўзаро фақат айланма ёки сирпанма кинематикавий жуфт ҳосил қилиб бирикади.

Механизмлар кинематикасининг аналiziда (I боб) маълумки, звенолар кинематикавий жуфт ташкил қилиб бирикиши натижасида боғланиш содир бўлади. Шу боғланиш маълум куч таъсирида бўлиб, у боғланиш кучи ёки реакция кучи деб аталади. Реакция кучи  $P$  ҳарфи билан белгиланиб, унинг остига олдин таъсир қилувчи звенонинг номи, сўнгра таъсирини қабул қилувчи звенонинг номи ёзилади (V. 7-шакл).



V. 7-шакл.

Масалан,  $P_{12}$ — 1 звенонинг 2 звенога таъсир кучи,  
 $P_{21}$ — 2 звенонинг 1 звенога таъсир кучи.

Айланма ҳаракатли кинематикавий жуфтда реакция кучларининг таъсир чизиқлари ҳамма вақт ҳам шарнир марказидан ўтади. Куч ҳисобида унинг қиймати ва таъсир йўналиши топилади (V. 7-шакл, а).

Сирпанма ҳаракатли кинематикавий жуфтда реакция кучи, звено 3 нинг йўналтирувчи  $O$  га теккан сиртида, сиртга перпендикуляр йўналишда бўлиб, лекин куч ҳисобида эса унинг на қиймати ва на таъсир нуқтаси маълум бўлади (V. 7-шакл, б, в, бунда номаълумлар:  $p_{03}$  ва  $X$ ).

Механизм кинематикавий жуфтларидаги реакция кучларни топиш учун аввал механизм структура группаларга бўлинади (1 бобга қаранг). Бу группалар Ассур группаларидир. Сўнгра Ассур группаларининг механизм учун, энг охиригиларидан бошлаб секин-аста олдинги группаларга ва ниҳоят етакчи звенонинг куч ҳисобига келинади. Бунда олдинги топилган реакция кучларни кейинги ва ниҳоят етакчи звеного келтирилган реакция кучи бўлиб таъсир этади.

Ассур группасини етакчи ва бошқа (стойка) звенолардан ажратилганда унинг шарнирларига ажратилган группанинг таъсир кучи (реакция) қўйилади. Бу кучларнинг миқдори ва йўналиши номаълум бўлиб, улар шарнир марказидан ўтган бўлади.

Номаълум кучлар иккита ташкил этувчи, нормал ва уринма кучларга ажратилади (V. 8-шакл).

$$\bar{P}_{12} = \bar{P}_{12}^n + \bar{P}_{12}^t;$$

$$\bar{P}_{03} = \bar{P}_{03}^n + \bar{P}_{03}^t.$$

Тенгламалардаги  $P_{03}^n$  — АВ звено ўқи бўйлаб,  $P_{03}^n$  эса СВ звено ўқи бўйлаб йўналган  $P_{12}^t$  ва  $P_{03}^t$  лар АВ ва ВС звено ўқларига перпендикуляр йўналишда бўлади.

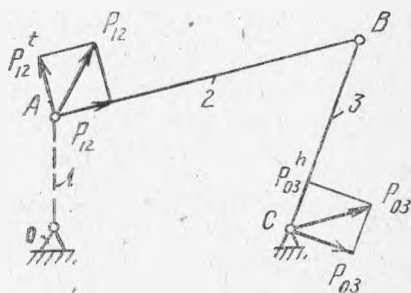
Механизмга таъсир этадиган кучлар статикавий ва динамикавий усуллар билан ҳисобланиши мумкин.

Статикавий усул билан ҳисоблашда звеноларнинг оғирлик кучлари ва қўйилган бошқа кучлар ҳисобга олиниб, у фақат секин ҳаракатланувчи механизмларда фойдаланиши мумкин. Динамикавий усул билан ҳисоблашда шу кучларга звеноларнинг тезланиш билан ҳаракатланишидан ҳосил бўладиган инерция кучлари ҳам қўшилади.

Механизмларнинг динамикавий куч ҳисобида, Даламбер принципидан фойдаланилади. Бу принцип қуйидагича таърифланади:

*Звеноларга таъсир қилаётган ҳамма кучларга (реакция кучи, таъсир қилаётган куч, берилган куч ва бошқалар) звенолар ҳаракатидан ҳосил бўлган инерция кучлари қўшилса, шу онди система кучларидан звено мувозанатда бўлади.*

Таърифга биноан динамикавий куч таъсиридаги система маълум бир онда статикавий системага айланар экан, у системага кинетостатикавий усул дейилади. Бунинг математикавий ифодаси қуйидагича ёзилади:



V. 8-шакл.

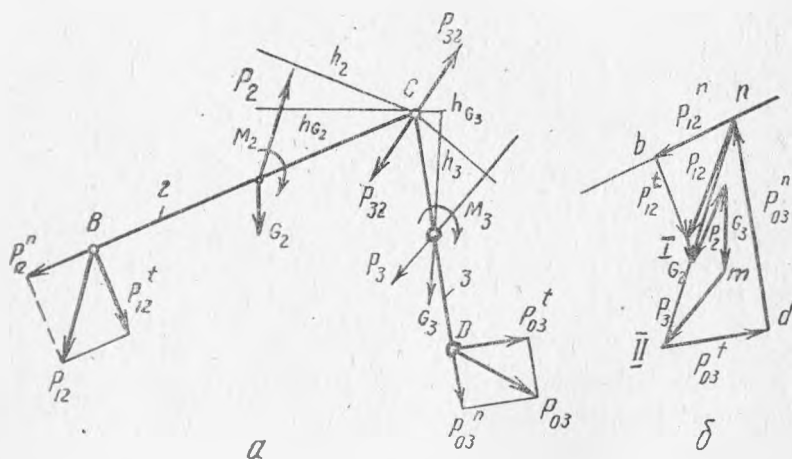
1, 2 ва 3 қўзғалувчи звенолар; 0 таянч.

$$\sum_{i=1}^n P = \sum_{i=1}^n P_i + \Sigma P_u = 0.$$

II класс 2-тартибли Ассур группаларининг куч ҳисоби (кинетостатика) техникада ишлатиладиган механизмлар асосан II класс 2-тартибли Ассур группаларининг кетма-кет улиниши натижасида яратилади. Масалан, кўндаланг-рандалаш станогининг столини сурувчи механизм 4 звеноли шарнирли механизм бўлиб, у II класс 2-тартибли Ассур группасининг биринчи модификациясидан, кривошип-ползунли механизм эса иккинчи модификациясидан, кўндаланг рандалаш станогининг рандалаш механизми учинчи модификациясидан ташкил топган.

Қуйида II класс 2-тартибли Ассур группаларидан — бир нечтасининг куч ҳисоби билан таништирилади.

**Биринчи модификация.** V. 9-шакл, а да берилган биринчи модификация Ассур группасининг 2 ва 3 звеноларига масса  $m_2, m_3$  лар, куч  $P_2, P_3$  лар ҳамда момент  $M_2, M_3$  лар таъсир этади. Шу куч ва моментлар таъсиридан B, C ва D шарнирлардаги реакция кучлари топилсин.



V. 9-шакл.

B ва D нуқталарда группа етакчи ва қўзғалмас звенодан (шарнирларда) ажратилган (V. 8-шаклга қаранг). Шу кинематикавий жуфтларда ташлаб юборилган звеноларнинг таъсирларини реакция кучлари билан алмаштирамиз. B нуқтага I звенонинг 2 звенога таъсир кучи  $P_{12}$  ни D нуқтага эса стойканинг 3 звенога таъсир кучи  $P_{03}$  ни келтириб қўямиз. C шарнирда 2 звенонинг 3 звенога таъсири  $P_{23}$  орқали белгилаб олинади.

$$P_{23} = -P_{32}$$

В ва D шарнирлардаги реакция кучлари ( $P_{12}$  ва  $P_{03}$ ) ни нормал ва уринма ташкил этувчи кучларга ажратилади:

$$\begin{aligned}\bar{P}_{12} &= \bar{P}_{12}^n + \bar{P}_{12}^t \\ P_{03} &= P_{03}^n + P_{03}^t\end{aligned}$$

Шундан сўнг, гурппадаги 2 ва 3 звенолар ўзларига таъсир этаётган кучлар ва моментлар таъсирида, ҳозирги онда, мувозанатда деб қаралиб, звенолардан алоҳида-алоҳида шарнир маркази С га нисбатан момент олинади.

$$\sum_{i=1}^n M_c(i) = 0$$

Бундан фойдаланиб уринма реакция кучлари топилади. Бу тенглама 2 звено учун қуйидаги кўринишни олади:

$$\sum M_c(2) = -P_{12}^t l_{BC} + M_2 + P_2 h_2 = 0;$$

бундан

$$P_{12}^t = \frac{M_2 + P_2 h_2}{l_{CB}};$$

3 звено учун эса:

$$\sum M_c(3) = -P_{03}^t l_{CD} + M_3 + P_3 h_3 = 0$$

$$P_{03}^t = \frac{M_3 + P_3 h_3}{l_{CD}}$$

Тенгламадаги  $l_{BC}$ ,  $l_{CD}$   $h_2$  ва  $h_3$  лар тегишлича кучларнинг момент елкалари бўлиб, механизм масштабида ҳисобга олинади. Масалан:

$$l_{BC} \equiv BC \cdot K_m [M],$$

бу ерда  $BC$  — 2 звенонинг чизмадаги узунлиги [мм.].

$P_{12}^t$  ва  $P_{03}^t$  ларнинг қийматлари мусбат ишора билан чиқса йўналиш тўғри олинади, манфий чиқса реакция кучи йўналишлари аксинча олинади.  $P_{12}^n$  ва  $P_{03}^n$  нормалларнинг қийматларини ва аниқ йўналишларини топиш учун гурппага таъсир этаётган кучларнинг мувозанат шarti қуйидагича ифодаланади:

$$\sum_{i=1}^n P = P_{12}^n + P_{12}^t + P_3 + P_2 + P_{03} + P_{03}^n = 0$$

Тенгламанинг геометрик чизмаси  $K_p$  масштабида ясалиб, кучлар плани деб аталади. Кучлар плани тенгламада кўрсатилган кетма-кетликда  $P_{12}^t$  дан бошланади. Кейин  $P_{12}^n$  ва  $P_{03}^n$  лар  $P_{12}^t$  дан олдин ва  $P_{03}^t$  дан сўнг  $BC$  ва  $CD$  га параллел равишда нор-



мал чизиқлар ўтказилади ( $\epsilon$  ва  $d$  нуқталар V. 9-шакл, б). Нормаллар кесишган нуқтаси ҳосил қилган нормал  $P_{12}^n$  ва  $P_{03}^n$  ларни беради (V. 9-шакл, б). Улар куч планидаги вектор кесмаларни куч масштаби  $K_p$  га кўпайтирилиб қийматлари топилади.

$$P_{12}^n = bn \cdot K_p; \quad P_{03}^n = dn \cdot K_p \quad [H]$$

Куч планидаги  $P_{12}^n$ ,  $P_{12}^t$  ни геометрик қўшиб, ажратилган биринчи звенонинг иккинчисига таъсир реакция кучининг умумий қиймати ва таъсир йўналиши топилиши мумкин:

$$\bar{P}_{12} = \bar{P}_{12}^n + \bar{P}_{12}^t$$

Куч планидан

$$P_{12} = nI \cdot K_p \quad [H].$$

Шу тартибда  $P_{03}^t$  ва  $P_{03}^n$  ларнинг ҳам умумий қиймати ва таъсир йўналиши топилади:

$$\bar{P}_{03} = \bar{P}_{03}^n + \bar{P}_{03}^t.$$

Куч планидан эса

$$P_{03} = nII \cdot K_p \quad [H].$$

С шарнирдаги реакция кучи ( $P_{23} = -P_{32}$ ), куч планидан ҳар бир звено учун алоҳида олинган куч векторий тенгламасига биноан аниқланади ( $mn$  — кесма, V. 9-шакл):

$$\Sigma P_3 = \bar{P}_3 + P_{03} + P_{23} = 0.$$

**Иккинчи модификация.** Бунда 2 звенога, ҳаракат натижа-сида ҳосил бўлган инерция кучи  $P_{u_2}$  ва инерция кучи моменти  $M_{u_2}$ , 3 звенога эса  $P_{u_3}$  инерция кучи таъсир этади.  $P$  кучи 3 звенога қўйилган фойдали кучдир.  $m_2$  ва  $m_3$  лар эса звеноларнинг массалари.

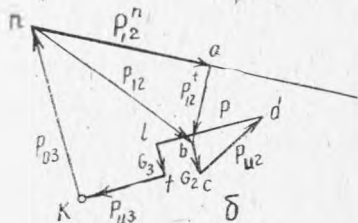
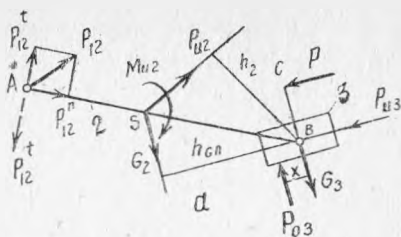
Етакчи звенодан  $A$  шарнирда ва қўзғалмас звено (йўналтирувчи) дан Ассур группаси ажратилади. Қўзғалувчи ва қўзғалмас звенолардан ажралган шарнир ва сиртларидан олиб ташланган звенолар таъсири  $P_{12}$  ва  $P_{03}$  лар билан белгиланади. Уларни  $P_{12}^n$  нормал ва  $P_{12}^t$  уринма тузувчиларга ажратамиз.  $P_{03}$  реакция кучининг йўналиши  $X-X$  ўқиға перпендикуляр бўлиб, қўйилган нуқтаси ( $X$  — масофа)  $P_{03}$  нинг қиймати аниқлангандан сўнг топилади (V. 10-шакл). 2 ва 3 звеноларнинг бириктирувчи шарнир марказига нисбатан 2 звенодаги кучлар моментларининг йиғиндиси олиниб, у нолга тенглади:

$$\sum_{l=1}^n M_{B(P_l)} = P_{12}^t AB + P_{u_2} h_2 + M_{u_2} = 0$$

Тенгламадан номаълум,  
 $P_{12}^t$  топилади:

$$P_{12}^t = \frac{-P_{u2}h_2 - M_{u2}}{AB};$$

$P_{12}^t$  — нинг қийматига манфий деб қаралиб, вектор йўналиши ўзгартирилади. Сўнгра гурпуага таъсир этувчи кучларнинг мувозанатлик шартидан фойдаланиб  $P_{12}^n$  ва  $P_{03}$  лар топилади. Бунинг учун қуйидаги тенглама тузилади:



V. 10- шакл.

$$\sum_{i=1}^n \bar{P}_i = \bar{P}_{12}^n + \bar{P}_{12}^t + \bar{G}_2 + \bar{P}_{u2} + \bar{P} + \bar{G}_3 + \bar{P}_{u3} + \bar{P}_{03} = 0.$$

Бунга асосан кучлар плани  $K_p$  масштабда қурилади. Уларга тегишли вектор кесмалар қуйидагича топилади:

$$\bar{ab} = \frac{P_{12}^t}{K_p} [\text{мм}] - P_{12}^t \text{ кучининг вектор қиймати};$$

$$cd = \frac{P_{u2}}{K_p} [\text{мм}] - P_{u2} \text{ инерция кучининг вектор қиймати};$$

$$de = \frac{P}{K_{pe}} [\text{мм}] - P \text{ кучининг вектор қиймати};$$

$$\bar{jk} = \frac{P_{u3}}{K_p} [\text{мм}] - P_{u3} \text{ инерция кучининг вектор қиймати}.$$

Ихтиёрний  $a$  нуқтадан  $av$  кесма  $P_{12}^t$  га,  $v$  дан эса  $vd$  ни  $P_{u2}$  га,  $d$  дан  $de$  ни  $P$  кучига,  $e$  дан  $ek$  кесма  $P_{u3}$  инерция кучига параллел равишда ўтказилади. Очиқ кўпбурчакликнинг  $a$  ва  $k$  нуқталаридан тегишлича  $P_{12}^n$  ни  $AB$  га параллел,  $P_{03}$  ни  $X-X$  ўқига перпендикуляр қилиб ўтказилади, уларнинг кеснишган нуқтаси  $n$  ни беради. Шундай қилиб,  $avdekpn$  ёпиқ контурдан иборат кучлар плани ҳосил қилинди (V. 10- шакл, б). Ундан:

$P_{12}^n = na \cdot Kp [H]$  —  $A$  нуқтадаги нормал куч;  
 $P_{03} = kn \cdot Kp [H]$  ←  $X-X$  йўналитирувчиинг ползунга таъсир кучи;  
 $P_{12} = nb \cdot Kp [H]$  —  $A$  нуқтадаги тўла реакция кучи.

$B$  нуқтадаги реакция кучи ( $P_{23} = P_{32}$ ) лари топилади. Бунинг учун 2 звенога тегишли кучларнинг куч мувозанат тенгламаси ёзилади.

$$P_{12} + P_{u2} + P_{32} + G_2 = 0$$

демак,

$$P_{32} = nd \cdot Kp [H] — 3 \text{ звенонинг } 2 \text{ звенога таъсир кучи.}$$

Агар куч мувозанат тенгламаси 3 звено учун қўйидагича ёзилса:

$$\bar{P}_{03} + \bar{P}_{u3} + \bar{P} + \bar{P}_{23} + \bar{G}_3 = 0,$$

юқоридаги кучлар планидан:

$$P_{23} = dn \cdot Kp \text{ келиб чиқади.}$$

Демак,  $B$  шарниридаги реакция кучлар ўзаро тенг ва қарама-қарши йўналишда бўлади:

$$\bar{P}_{23} = -\bar{P}_{32}$$

$P_{03}$  реакция кучининг қўйилган нуқтасини топиш учун 3 звенонинг мувозанат ҳолати кўрилади. Бунинг учун  $B$  нуқтага нисбатан момент олиниб, у нолга тенгланади:

$$\sum_{i=1}^2 M_B = -P \cdot BC + P_{03}x = 0,$$

бундан:

$$x = \frac{P \cdot BC}{P_{03}} [\text{мм}].$$

Топилган  $x$  масофа  $P_{03}$  реакция кучи қўйилган нуқтани кўрсатади.

**Учинчи модификация:** V. 11-шакл, *a* да берилган кулисали механизм группаларга ажратилса, учинчи модификация Ассур группаси ҳосил бўлади (V. 11-шакл, *b*). Бу группага таъсир этаётган кучлар  $P$ ,  $P_{u3}$  момент  $M_{u3}$  ва звенолар массаси  $m_2$ ,  $m_3$  бўлсин.  $A$  ва  $B$  кинематикавий жуфтларда, шу кучлар ва момент таъсиридан ҳосил бўлган реакция кучлари топилади. Булар  $P_{34} = P_{43}$  ва  $P_{03}$  дир. Масалани ечиш учун  $P_{03}$  реакция кучини иккита ташкил этувчиларга  $P_{03}^n$  ва  $P_{03}^t$  га ажратамиз, сўнгра 3 звенога таъсир этувчи кучларнинг  $A$  га нисбатан моментларнинг мувозанатлик шарти тузилади; яъни:

$$\sum_{i=1}^n M_{A(Pi)} = P_{03}^t AB - Pu_3 h_1 + Ph_2 + Mu_3 = 0,$$

бундан

$$P_{03}^t = \frac{Pu_3 h_1 + Ph_2 + Mu_3}{AB} [H]$$

3 звенога таъсир қилувчи кучларнинг мувозанатлик шартини қуйидагича:

$$\sum_{i=1}^n \bar{P}_i = \bar{P}_{03}^n + \bar{P}_{03}^t + \bar{P}_{n3} + \bar{P} + \bar{P}_{23} + \bar{G}_2 + \bar{G}_3 = 0;$$

бу ерда  $G_2$  ва  $G_3$  лар звеноларнинг оғирликлари.

Тенгламага биноан куч плани  $Kp$  масштабда қурилиб,  $P_{03}^n$  ва  $B_{23}$  лар топилади. Бунинг учун ихтиёрый  $a$  нуқтадан тегишли вектор кесмалар, звенога таъсир этувчи кучларга параллел қилиб ўтказилади, сўнгра очиқ контурнинг боши  $a$  ва охири  $l$  нуқтасидан  $AB$  ва  $NN$  ларга  $P_{03}^n$  ва  $P_{23}$  лар параллел қилиб ўтказилиб, ёпиқ контур ҳосил қилинади (V. 11-шакл, в), бунда  $P_{03} = \overline{af} \cdot Kp [H]$  стойканинг 3 звенога таъсир кучи  $P_{23} = \overline{lf} \cdot Kp [H]$  — 2 звенонинг 3 звенога таъсир кучи.

Тошнинг (2 звено) мувозанат шартини текширилиб, етакчи звенонинг тошга таъсир кучи топилади (V. 11-шакл, г).

$$\sum_{i=1}^n \bar{P}_i = \bar{P}_{32} + \bar{P}_{12} + \bar{G}_2 = 0$$

Бунда  $P_{12}$  реакция кучининг йўналиши ҳам, қиймати ҳам номаълумдир. Куч планини  $Kp$  масштабида чизилади (V. 11-шакл, д). V. 11-шакл, д дан қуйидаги топилади:

$$P_{12} = ac \cdot Kp [H].$$

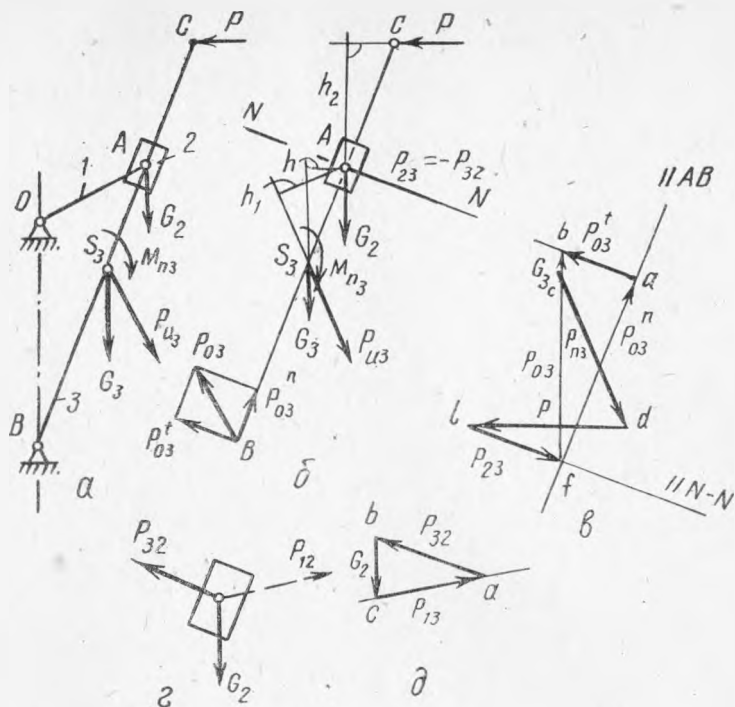
—1 звенонинг 2 звенога таъсир кучи.

Юқоридаги мисолларда кинематикавий жуфтлардаги реакция кучларнинг топилиш усуллари билан таништирилди. Топилган  $P_{12}$  реакция кучлари эса етакчи 1 звенонинг 2 звенога таъсир кучи бўлиб, таъсир акс таъсир вужудга келтиришидан, 2 звено ҳам 1 звенога миқдор жиҳатидан  $P_{12}$  га тенг, йўналиши тескари бўлган куч билан таъсир этади:

$$P_{21} = -P_{12}.$$

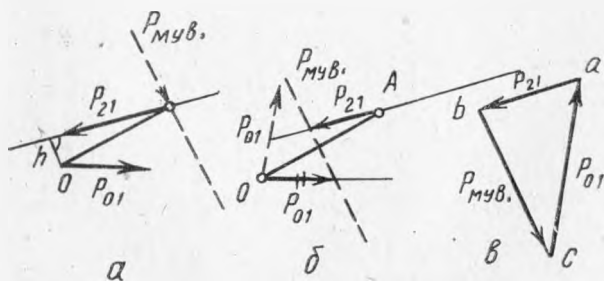
Аниқланган  $P_{21} = -P_{12}$  кучи етакчи звенога қўйилган, яъни етакланувчи звеноларнинг таъсирини алмаштирувчи, келтирилган кучдир.

**Етакчи звенонинг куч ҳисоби.** V. 12-шакл,  $a$  ва  $b$  ларда берилган етакчи звено  $OA$  ва унга таъсир қилувчи  $P_{12} = -P_{21}$  куч



V.11-шакл.

берилган. Етакчи звенонинг кучлар ҳисобида асосан звенони мувозанатловчи куч билан, шарнир  $O$  даги реакция кучининг топилиши талаб этилади. Мувозанатловчи куч йўналишининг таъсир чизиги берилган бўлади. Мувозанатловчи куч ёки унинг momenti механизмни ҳаракатга келтирувчи кучдир. Бу куч топилагач, механизмни ҳаракатга келтирувчи электрик двигателъ ёки узатиш механизмлари танланади. Бунинг учун етакчи 1 звенонинг мувозанатлик шarti моментлари тенгламаси тузилади (V. 12- шакл, a):



V. 12-шакл.

$$\Sigma M_O(P_i) = -P_{21} \cdot h + P_{\text{мув.}} \cdot OA = 0;$$

$$P_{\text{мув.}} = \frac{P_{21} h}{OA} \text{ [Н]}.$$

Мувозанатловчи кучнинг momenti ва қуввати қуйидаги тенгламалардан топилади, яъни:

$$M_{\text{мув.}} = P_{\text{мув.}} \cdot L_{OA};$$

$$N_{\text{мув.}} = M_{\text{мув.}} \cdot \theta = P_{\text{мув.}} \cdot \nu$$

ёки

$$M_{\text{мув.}} = 7162000 \frac{N}{n} \text{ [Н} \cdot \text{мм]} \text{ дан } N_{\text{мув.}} = \frac{M_{\text{мув.}} \cdot n}{7162000}$$

бу ерда 7162000 — қувватнинг момент бирлигига айлантирилиш коэффициенти

$M_{\text{мув}}$  — мувозанатловчи момент [Н·мм];

$n$  — етакловчи звенонинг айланиш сони,  $\left[ \frac{\text{айл}}{\text{мин}} \right]$

мувозанатловчи куч топилгандан кейин,  $O$  нуқтадаги реакция кучи, кучлар плани орқали аниқланади. Бунинг учун куч векторий тенгламаси тузилади:

$$\sum_{i=1}^3 P_i = P_{21} + P_{\text{мув.}} + P_{01} = 0.$$

Сўнгра кучлар плани масштаб бўйича тузилади (V. 12-шакл, в)  $P_{01} = acKp$  [Н] — қўзгалмас звено  $O$  нинг  $I$  звенога таъсир кучи топилади.

Аниқланган  $P_{01} = -P_{10}$  куч эса машина ва механизм пойдеворларига таъсир қилаётган куч бўлиб, улар механизмлар мустаҳкамлигини ҳисоблашда аҳамияти катта.

#### V бобни такрорлаш учун саволлар

1. Машина ва механизмларга таъсир қиладиган динамикавий кучнинг келиб чиқиш сабаблари нимада?
2. Машинага таъсир қиладиган кучларни айтиб беринг?
3. Инерция кучи ва инерция кучи momenti нима, қандай йўналишда бўлади ва нима учун топилади?
4. Динамикавий ҳисобни статикавий ҳисоб усули билан бажарилиш принциплари таърифлансин.
5. Кинематикавий жуфтлар реакция кучларини топишнинг аҳамияти нимада?
6. Қуйи кинематикавий жуфтларда (айланма, сирпанма) реакция кучларининг йўналиши қандай бўлади?
7. Механизм куч ҳисоби тартибини айтиб беринг.

8. Етакчи звенонинг куч ҳисобига кура, механизмни ҳаракатга келтирвчи электрик двигателъ танлаш мумкинми?

Машина ва механизмлар динамикаси (V боб) га оид масалалар

V. 1-масала. II. 16-шакл, *a* да берилган 6 звеноли механизмнинг 5-вазияти учун куч ҳисоби бажарилиб, етакчи звенонинг мувозанатловчи моменти топилин. Механизм 5-вазиятининг тезланиш плани ва тезланиш қийматлари (III. 11-масаладан) маълум.

Коромисло ва шатунларнинг оғирлик маркази:  $S_1, S_2, S_3$ ; оралиқлари:  $BS_2=0,15$  [м],  $CB=0,1$  [м],  $ES_4=0,1$  [м]; звенолар массаси:  $m_2=3$  кг,  $m_3=2,5$  кг,  $m_4=2$  кг,  $m_5=3,5$  кг. Звенонинг оғирлик марказига нисбатан инерция моментлари:

$$J_S = 45 \cdot 10^{-3} \text{кг} \cdot \text{м}^2; \quad J_{S_3} = 40 \cdot 10^{-3} \text{кг} \cdot \text{м}^2; \quad J_{S_4} = 35 \cdot 10^{-3} \text{кг} \cdot \text{м}^2$$

ҳам берилган. Ползунга  $X-X$  ўқи бўйлаб йўналишда таъсир қилувчи фойдали қаршилик кучи  $P=500$  [н] бўлин.

Ечиш. а) 2, 3, 4 ва 5 звеноларга таъсир қиладиган инерция кучлари ва инерция кучи моментлари тезланиш планидан фойдаланиб ҳисобланади (III. 24-шакл, *a, б* ва *б* га қаранг).

2 звенонинг инерция кучи, яъни:

$$P_{u_2} = -mas_2 = -3 \cdot 32 = -96 \text{ [Н]};$$

3 звенонинг инерция кучи, яъни:

$$P_{u_3} = -m_3 a_{S_3} = 2,5 \cdot 14 = -35 \text{ [Н]};$$

4 звенонинг инерция кучи, яъни:

$$P_{u_4} = -m_4 a_{S_4} = -2 \cdot 10 = -20 \text{ [Н]};$$

5 звенонинг инерция кучи, яъни:

$$P_{u_5} = -m_5 a_{S_5} = -3,5 \cdot 8 = -28 \text{ [Н]};$$

2, 3 ва 4 звеноларнинг инерция куч моментлари топилади. 2 звенонинг инерция куч momenti:

$$M_{u_2} = -J_{S_2} \varepsilon_2 = -45 \cdot 10^{-3} \cdot 85 = 3,85 \text{ [Н} \cdot \text{м]};$$

3 звенонинг инерция куч momenti:

$$M_{u_3} = -J_{S_3} \varepsilon_3 = -40 \cdot 10^{-3} \cdot 112,5 = -4,5 \text{ [Н} \cdot \text{м]};$$

4 звенонинг инерция куч momenti:

$$M_{u_4} = J_{S_4} \varepsilon_4 = -35 \cdot 10^{-3} \cdot 40 = -1,5 \text{ [Н} \cdot \text{м]}.$$

III. 24-шакл, *a* даги 6 звеноли механизмни структура группаларига ажратиб ҳисоб сўнгги группадан бошланади (V. 13-шакл, *б*).

б) 4 ва 5 звеноларнинг бир учи  $E$  шарнирда 3 звенодан, иккинчи учи  $O$  нуқтада стойкадан ажралса, II класс 2-тартибли группа ҳосил бўлади, унинг мувозанатлик шarti йўналтирвчи  $O$  ва шарнир  $E$  га қўйилган реакция кучлари ( $P_{34}$  ва  $P_{05}$ ) натижаси билан қаноатлантирилади.  $P_{34}$  реакция кучи нормал  $P_{34}^n$  ва уринма  $P_{34}^t$  тузувчи кучларга ажратилиб,  $F$  нуқтага нисбатан момент олинади:

$$\sum_{i=1}^3 M_{P_i} = P_{34}^t \cdot L_{EF} + M_{u_4} + P_{u_4} \cdot L_{H1} = 0,$$

бундан

$$P_{31}^t = \frac{M_{v1} - P_{31}L_{h1}}{LEF} = \frac{-1,4 - 20(L_{h1} \cdot K_M)}{0,2} = \frac{-1,4 - 20 \cdot 0,076}{0,2} = -1,46 \text{ [H]}.$$

Уринма  $P_{31}^t$  кучнинг ишораси минус (-1,46) бўлгани учун у тескари йўналишида бўлади.

Кучларнинг векторий тенгламаси ёзилиб, қолган номаълум кучлар топилади.

$$\sum_{i=1}^5 P_i = P_{31}^n + P_{34}^t + P_{34}^n + P + P_{05} = 0$$

Ушбу тенгламага биноан маълум  $K_p$  — масштабда тузилган куч кўпбурчаклигидан (V. 13-шакл,  $\delta$ )  $P_{34}^n$ ,  $P_{05}$  реакция кучлари аниқланади. Бунинг учун куч масштаби тубайдагича танланиши мумкин:

$$K_p \frac{P}{l} = \frac{500}{100} = 5 \frac{H}{\text{мм}}$$

$E$  шарнирдаги тула реакция кучи қўйидаги тенгламадан топилади.

$$P_{31}^t = P_{34}^n + P_{34}^t$$

Уларнинг скаляр қийматлари:

$$P_{31}^n = md \cdot K_p = 111 \cdot 5 = 555 \text{ (H)};$$

$$P_{34} = ld \cdot K_p = 112 \cdot 5 = 560 \text{ (H)};$$

$$P_{05} = jd \cdot K_p = 53 \cdot 5 = 265 \text{ (H)}.$$

в) 2 ва 3 звенодан ташкил топган II класс 1- тартибли группа текширилади (V. 13-шакл,  $\epsilon$ ). Бу группага звеноларнинг инерция кучларидан ташқари қўшни звенолардан ажратилган  $B$ ,  $D$  ва  $E$  шарнирлардаги реакция кучлари ҳам қўйилади.  $E$  шарнирда 4 ва 5 звеноларнинг 3 звенога таъсири  $P_{43} = -P_{34}$  нинг қиймати юқорида аниқланган куч кўпбурчаклигидан  $E$  нуктага келтириб қўйилади ва  $C$  нуктага нисбатан 2 ва 3 звенолардаги кучлардан алоҳида-алоҳида момент олинади.

2 звенодаги кучлар momenti:

$$\sum M_{C_2} = -P_{12}l_{BC} + Mu_2 + Pu_3h_2 = 0,$$

бундан

$$P_{12}^t = \frac{Mu_2 + Pu_3h_2}{BC} = \frac{3,85 + 96(h_2 \cdot K_M)}{BC} = \frac{3,85 + 96(23 \cdot 0,004)}{0,3} = 42,3 \text{ [H]};$$

3 звенодаги кучлар momenti

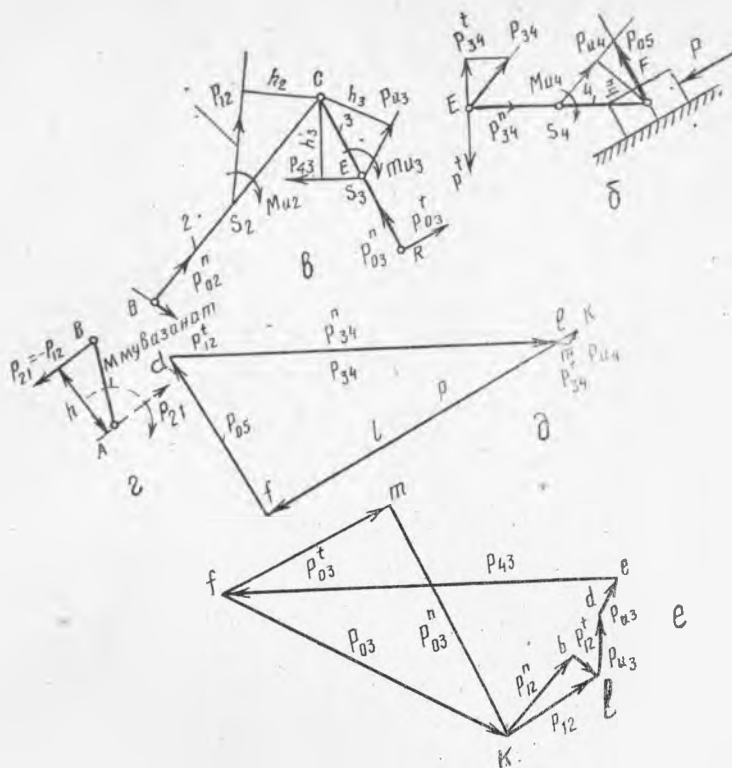
$$\sum M_{C_3} = -P_{03}^t CD + Mu_3 + P_{13} \cdot h_{13} - Pu_3 \cdot h_3 = 0;$$

бундан

$$P_{03}^t = \frac{Mu_3 + P_{13}h_{13} - Pu_3h_3}{CD} = 263,5 \text{ [H]};$$

қолган номаълум кучлар топилиши учун умумий куч векторий тенгламаси тузилиб, унинг куч кўпбурчаклиги тузилади (V. 13-шакл,  $\epsilon$ ):





V. 13-шакл.

$$\sum_{i=1}^7 \bar{P}_i^t (z=3) = \bar{P}_{12}^n + \bar{P}_{12}^t + \bar{P}_{u_2} + \bar{P}_{u_3} + \bar{P}_{43} + \bar{P}_{03}^t + \bar{P}_{03}^n = 0$$

Куч қўпбурчаклигидан  $P_{12}^n$ ,  $P_{03}^n$  ва  $P_{12}$ ,  $P_{03}$  лар умумий қийматининг векторий тенгламалари тубандагича ифодаланади:

$$\bar{P}_{13} = \bar{P}_{12}^n + \bar{P}_{12}^t;$$

$$\bar{P}_{03} = \bar{P}_{03}^n + \bar{P}_{03}^t.$$

Куч қўпбурчаклигидан  $P_{12}$  ва  $P_{03}$  ларнинг скаляр қийматлари аниқланади:

$$P_{12} = K_p l K = 5 \cdot 31 = 155 \text{ [H]};$$

$$P_{03} = K_p K f = 5 \cdot 90 = 450 \text{ [H]}.$$

г) Етакчи звенонинг куч ҳособи (V. 13-шакл, з). Аввал топилган  $P_{12}$  реакция кучи — 1 звенонинг 2 звенога таъсир кучи етакчи звенонинг B нуқта-сига  $P_{21} = -P_{12}$  кўринишда келтириб қўйилади. Етакчи звенога  $P_{21}$  кучдан ташқари мувозанатловчи момент ҳам таъсир қилиши ва уларнинг ўзаро му-возанатланиши эътиборга олиниб, A нуқтага нисбатан момент тенгламаси тузилади:

$$\sum_{i=1}^2 M_A = -P_{21}h + M_{\text{мув.}} = 0.$$

Бунда мувозанатловчи момент, яъни:

$$M_{\text{мув.}} = P_{21}h = 155 \cdot 0,092 = 14,26 \text{ [Н.м].}$$

Етакчи звенога пойдеворнинг таъсир кучи  $P_{01}$  куч векторий тенгламаси орқали топилди:

$$\sum_{i=1} \bar{P}_i = P_{21} + P_{01} = 0;$$

бундан  $P_{21} = -P_{01}$  чиқади.  $P_{01}$  кучи  $P_{21}$  га қиймат жиҳатдан тенг, йўналиши эса қарама-қарши экан.

демак,  $P_{01} = 155 \text{ [Н].}$

Механизм етакчи звеносининг пойдеворга таъсири.

$$P_{10} = 155 \text{ [Н].}$$

## VI БОБ

### МАШИНА ҲАРАКАТИДАГИ БАЪЗИ БИР ҚУШИМЧА КУЧЛАР

#### VI. 1-§. Машина ва механизмларни мувозанатлаш

Тезликнинг ўзгариши натижасида тезланишлар ҳосил бўлади, бу эса звеноларда қўшимча кучлар, яъни инерция кучи ва инерция кучи моментлари ҳосил қилади ва улар машина рамаси ҳамда пойдеворга катта куч билан таъсир этади. Машина ва механизм ҳаракатини мувозанатлаш натижасида шу қўшимча кучлар минимумга келтирилади ёки нолга тенглаштирилади.

Машина ва механизмларнинг кинетостатикавий ҳисобидан маълумки, инерция кучлари ва уларнинг моментлари звенонинг ҳар бир вазияти учун маълум қийматга ва йўналишга эга бўлиб, етакчи звенонинг тўла бир айланиб чиқиши даврида рама ва пойдеворга катта тебранма куч тарзида таъсир қилади. Бу кучлар ўз навбатида таянч подшипникларни, валларни тезда ишдан чиқаради ва айрим ҳолларда хавфли ҳодисаларга ҳам олиб келади.

Рама ва пойдеворларнинг сезиларли тебраниши айланма ҳаракат қилувчи шкив, тишли гилдирак, муфта ва бошқаларнинг айланиш ўқи оғирлик марказидан ўтмай қолганда, шунингдек, оғирлик марказлари координаталарининг ўзгариши натижасида ҳам содир бўлади.

Назарий ва экспериментал методлар билан тебраниш сопи ва шаклини аниқлаш, мажбурий тебранишни ва унинг тўғрилигини таҳлил (анализ) қилиш, резонанс бўлган ҳолда унинг тебраниш амплитудасини камайтириш чорасини кўриш, иш тезлигини сақлаш учун фойдали тадбирларни топиш ва тебранишнинг хавфли чегарасини аниқлаш ва унга тегишли чора кўриш,

рама пойдеворига босимни камайтириш тадбирларини топиш машина ва механизм ҳаракатини мувозанатлашнинг мақсади-дир.

### VI. 2-§. Машина пойдеворига таъсир қилувчи куч

Пойдеворга таъсир қилувчи куч машина ва механизм ҳаракати вақтида ҳосил бўлган инерция кучлари ҳамда звеноларнинг огирликларидан иборат бўлиб, асосан етакчи звено пойдеворига таъсир қилади деб ҳисобланади. Бу куч *пойдевордаги реакция кучи* деб ҳам аталади. Уни топиш учун кинетостатикавий усулидан фойдаланган ҳолда ҳамма кучларнинг координата ўқларига нисбатан проекциялари ва шу ўқларга нисбатан моментлари йиғиндиси олинади.

$$\sum_{i=0}^n P_{ix} = 0; \quad \sum_{i=1}^n P_{iz} = 0;$$

$$\sum_{i=1}^n M_{ix} = 0; \quad \sum_{i=1}^n M_{iz} = 0.$$

Сўнгра, аниқланган реакция кучлари ва моментларнинг йўналишини, қиймати ва ўзгариш даврига қараб, машинани мувозанатлаш чоралари кўрилади.

### VI. 3-§. Тўрт звеноли шарнирли текис механизмни мувозанатлаш

Механизм звеноларининг массалари  $m_1$ ,  $m_2$  ва  $m_3$  бўлиб, етакчи звеноси соат стрелкасининг айланиш йўналишида ўзгармас тезлик  $\omega = \text{const}$  да ҳаракатлансин (VI. 1-шакл, *a*). Пойдевор (*A* нуқта) да ҳосил бўладиган реакция кучи  $R_\phi$  ва реакция кучининг momenti  $M_A$  ни аниқлаш талаб этилади. Бунинг учун механизм 12 та ёки 24 та вазиятда қуриб олинади, сўнгра шу вазиятлар учун тезлик ва тезланишлар плани тузилиб (VI. 1-шакл, *b* ва *b* лар битта вазият учун қурилган), звеноларда ҳосил бўладиган инерция кучлари ҳисоблаб топилади. Аниқланган инерция кучлари звеноларнинг огирлик ёки зарб марказларига келтириб қўйилади (VI. 1-шакл, *a*).

VI. 1-шаклда 4 звеноли шарнирли текис механизмнинг мувозанат ҳолатини текшириш схемаси битта вазиятда келтирилган.

Кривошип *AB* нинг ҳаракатидан марказдан қочирма инерция кучи  $P_{u1}$  ҳосил бўлади, бу куч радиус бўйлаб йўналади. Бу кучнинг қиймати қуйидагича:

$$P_{u1} = -m_1 a_s.$$

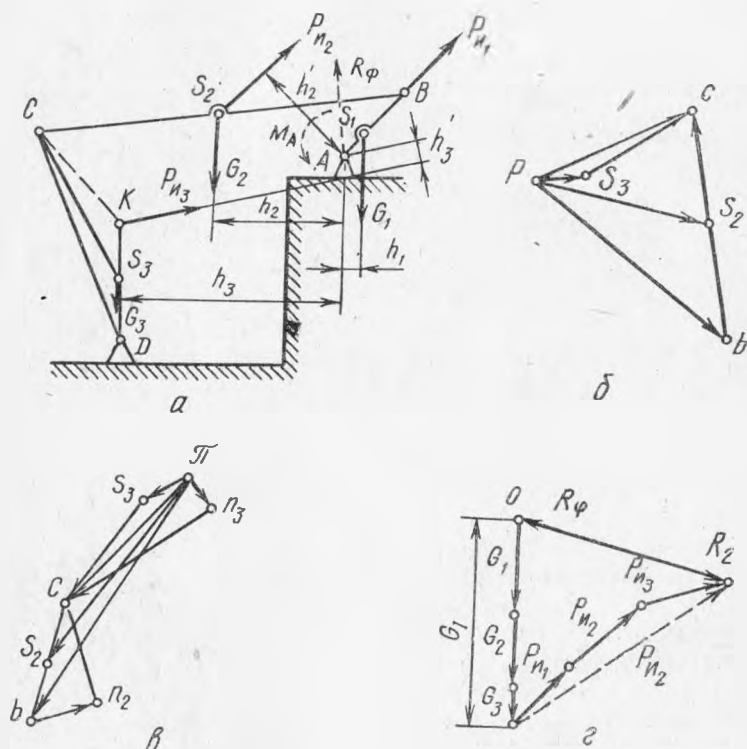
Корбмисло инерция кучининг миқдори

$$P_{u3}^n = -m_3 a_{s3}.$$

тенг, у зарб  $K$  нуқтасига қўйилади.

Зарб нуқтасининг ҳолати (IV боб, 5-§ га қаранг)  $D$  ва  $S_3$  нуқталарни туташтирувчи чизигининг давомида ётади.

$$l_{DK} = \frac{J_D}{m_3 l_{ds3}}$$



VI. 1-шакл.

Шатун  $BC$  учун инерция кучи:

$$P_{u2} = -m_2 a_{s2}.$$

Натижада, механизм пойдеворга нисбатан ташқи бўлиб ҳисобланган  $P_{u1}$ ,  $P_{u2}$ ,  $P_{u3}$  ва  $M_{u2}$  кучлар таъсирида мувозанатда бўлмаган системага эга бўламиз. Мувозанатлашмаган кучнинг миқдорини, кучларни геометрик қушиш йўли билан топиш мумкин. Унинг математикавий ифодаси қуйидагича, яъни:

$$\sum_{i=1}^{n-} \bar{P}_i = \bar{P}_{u_1} + \bar{P}_{u_2} + \bar{P}_{u_3} + \bar{R}_{\phi_1} + \bar{G}_1 + \bar{G}_2 + \bar{G}_3 = 0.$$

Бу тенгламага асосан ясалган куч кўпбурчаклигининг ёпувчи томони шу кучларнинг тенг таъсир этувчиси—мувозанатлашмаган кучнинг миқдорини беради (VI. 1-шакл, *z*), яъни:

$$-\bar{R}_{\phi_1} = \bar{P}_{u_1} + \bar{P}_{u_2} + \bar{P}_{u_3} + \bar{G}_1 + \bar{G}_2 + \bar{G}_3.$$

Мувозанатлашмаган кучнинг тўла миқдорини ва йўналишини топиш учун моментлар тенгламасидан ҳам фойдаланиш мумкин.

$$P_{u_2} h_2 + P_{u_3} h_3 \pm M_{u_2} + Gh_1 + G_2 h_2 + G_3 h_3 = R_{\phi_1} \cdot h_k$$

Мувозанатлашмаган кучни механизмнинг ҳамма вазияти учун аниқлаб, куч гадографи ёки моментлар диаграммаси ясалса, машина ва механизмнинг мувозанатлик даражасига баҳо бериш ва хавфли чегарасини аниқлаш мумкин бўлади.

**Машина ва механизмлари тўла ва қисман мувозанатлаш.** Қўйида қарши масса ёрдамида механизмни мувозанатлаш усули билан таништирилади. Бунинг учун шатуннинг умумий массасини 2 та массага алмаштириб, уларни шатуннинг учигаги шарнирларга келтириб қўйилади (VI. 2-шакл, *a*).

$m_B$  ва  $m_C$  лар шатун умумий массаси  $m_2$  нинг қўйидаги нисбатига тенг, яъни:

$$m_2 = m_B + m_C;$$

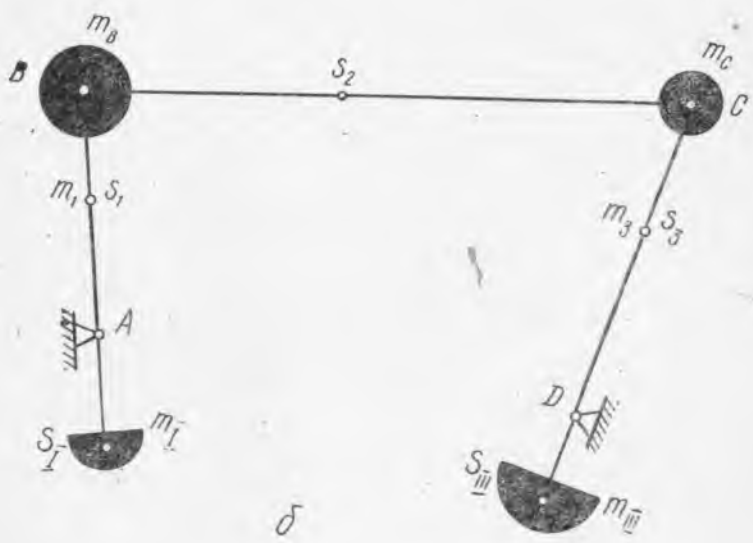
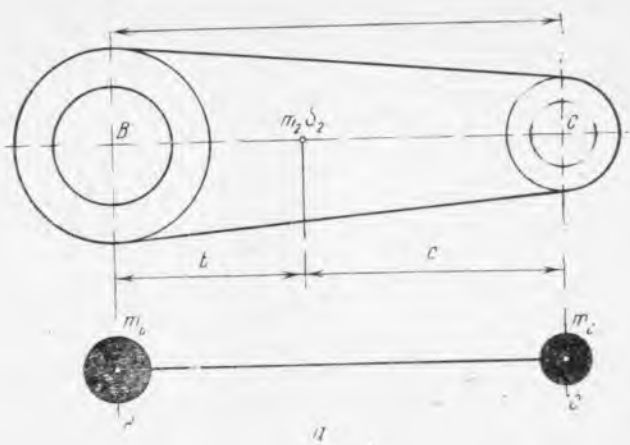
$$m_B = \frac{m_2}{l} \cdot c; \quad m_C = \frac{m_2}{l} \cdot b.$$

Бунда шатун массасининг ўзгармаслиги ва оғирлик маркази ҳолатининг доимийлиги эътиборга олинса, бу масса  $B$  ва  $C$  шарнирларга қўйилиши мумкин бўлган эквивалент массаларнинг тенг таъсир этувчиси кўринишида бўлади. Шундай қилиб, шатуннинг мураккаб ҳаракат қилувчи массаси айланма ҳаракат қилувчи эквивалент массаларга келтирилди.

Массалардан бири  $B$  нуқтага кривошипнинг шарнирига қўйилган бўлиб, ҳаракат даврида кривошип ўз массаси  $m_1$  ва келтирилган масса  $m_B$  таъсирида мувозанатлашмаган ҳолатда бўлади (VI. 2-шакл, *b*). Уни мувозанатлаш учун  $AB$  кривошипнинг давомида (келтирилган массага қарама-қарши томонда  $m_1$  оғирликдаги қарши масса олинади. Қарши массанинг оғирлиги қўйидагича топилади:

$$m_1 l_{AS_1} = m_I \cdot l_{AS} + m_B l_{AB},$$

бунда  $l_{AS_1}$ ,  $m_1$  ва  $l_{AB}$  лар берилган бўлиб, масса  $m_1$  ва  $l_{AS_1}$  лар тенгламани қониқтирарли равишда олинади. Худди шундай коромисло ҳаракати ҳам мувозанатланиши мумкин.



VI. 2- шакл.

$$m_{III} \cdot l_{DS_{III}} = m_I l_{DS_A} + m_C l_{DC}.$$

Қарши масса ёрдамида қисман ёки тўла мувозанатланади. Буни ички ёнув двигателларида, компрессорларда ва бошқа машиналарда қўллаб учратиш мумкин.

Кривошип-ползунли механизмни мувозанатлаш ҳам айнан юқоридаги каби амалга оширилади.

## VI бобни такрорлаш учун саволлар

1. Машина ва механизмлар нима учун мувозанатланади?
2. Машина пойдеворига қандай кучлар таъсир қилади?
3. Машина ва механизмни тула ва қисман мувозанатлаш йўллари ни тушутиринг.
4. Турт звеноли механизмни мувозанатлаш учун қарши масса қандай қўйилади?

## VII БОБ

### МАШИНА ВА МЕХАНИЗМ ЗВЕНОЛАРИ ҲАРАКАТИНИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТЕКШИРИШ

#### VII. 1-§. Экспериментал текширишнинг моҳияти ва принципи

Машина ва механизмлар асосан кинематикавий ҳисоблаш методи ва машинасозликда олинган бой тажрибаларга таяниб қурилган бўлиб, лойиҳада кўрсатилган характеристикадан анча фарқ қилади. Аслида ҳаракат қилаётган машина ва механизмнинг табнати бутунлай бошқача: улар умумий эластикликка, мураккаб ҳаракатга ва кўпгина ноаниқ параметрларга эга.

Деталларда ҳар хил эластиклик хусусияти, кинематикавий жуфтлар тирқиши, етакчи звенонинг нотекис айланиши, оғирлик марказининг сурилиб қолиши ва бошқалар машина ва механизм звеноларига катта таъсир кўрсатади ҳамда кучлар лойиҳадагидан анча фарқли чиқади. Натижада янги қурилган машиналар мустақамлигини таъминлаш қийин бўлиб қолади. Масалан, ички ёнув двигатели ҳаракатидан машина рамаси ва пойдеворнинг тебраниши сезилади. Двигатель кривошип-ползунли механизмнинг ўзгарувчан ҳаракат қилишидан, инерция кучларининг ҳосил бўлиши бунга сабабчидир. Кривошипнинг бир марта тула айланишидан инерция кучининг йўналиши ҳам, катталиги ҳам ўзгаради. Вал ўзгарувчан тезлик, қувват ва буровчи момент (куч)лар таъсирида айланма ҳаракат қилганда моментнинг секунддаги ўзгариши вал системаси ички тебранишининг ўзгаришига тенглашиб қолиши мумкин. Бундай ҳолда валда катта буровчи тебраниш юз беради, вал сиртида ўта катта кучланиш ҳосил бўлиб, уни тезда ишдан чиқариши мумкин. Ўзгарувчи момент ички ёнув двигателларда поршенга газнинг ўзгарувчан босим билан таъсир этиши натижасида содир бўлади.

Булардан ташқари айланма ҳаракатдаги шкив, тишли ғилдирак, муфта ва бошқаларнинг айланиш ўқи оғирлик марказидан ўтмай қолса, валнинг ҳар бир айланишида силкиниш, эгилиш ёки тебраниш юз беради.

Назарий ва амалий методлар билан тебраниш сони ва шаклини аниқлаб, мажбурий тебранишни ва унинг турғунлигини анализ қилиш, резонанс бўлган ҳолда унинг тебраниш амплитудасини камайтириш чорасини кўриш, иш тезлигини сақлаш учун

фойдали тадбирлар топиш ва тебранишнинг хавфли чегарасини аниқлаш конструкторларнинг асосий вазифасидир.

Машина ва механизмнинг характеристикасини олишда ҳозирги замон экспериментал текшириш методларидан кенг фойдаланиш зарур.

Экспериментал текшириш биринчидан машинанинг техникавий талабларга жавоб бера олиши (иш нормасини, маҳсулотнинг сифатини ва бошқалар)ни аниқласа, иккинчидан унинг конструкциясининг — звено бўлаклари массасининг ортиқча бўлмаслигини, улардаги ҳақиқий кучланишни ва материалнинг тўғри танланишини ўргатади.

Одатда, машина бирдан қурилмайди, у бир қанча ўзгаришлар киритиш туфайли яратилади. Бу ўзгаришлар экспериментал текширишнинг маҳсулидир. Экспериментал текшириш ўзгаришлар киритиш билан бир вақтда ҳисоблаш методларини аниқлайди ва бойитиб боради.

Экспериментал текшириш кейинги 10 йил ичида машина бўлақларини мустаҳкамликка ҳисоблаш натижасида, машина конструкциясининг иш қобилиятини камайтирмагани ҳолда уни бир неча марта енгиллаштириш ва унга арзон материал ишлатиш мўмкинлигини аниқлади. Шундай қилиб, машина, механизм ва звенолар мустаҳкамлигини ўрганишда, лойиҳалашда, кинематикавий анализ қилишда, чарчаш ва ремонтга талаб даражасини аниқлашда экспериментал текширишнинг аҳамияти катта.

Шу сабабдан ҳам машина ва механизмлар назарияси билан бир қаторда экспериментал текшириш ҳам ўргатилади.

Механизмда мавжуд технологик процесснинг характерини билдирадиган параметрлар, нуқтанинг чизигий силжиши, тезлиги, тезланиши, бурчагий силжиши, бурчагий тезлиги, бурчагий тезланиши, инерция кучи, инерция куч моменти ( $S$ ,  $\varphi$ ,  $v$ ,  $\omega$ ,  $a$ ,  $\epsilon$ ,  $P_u$ ,  $M_u$ ) ва бошқалардир.

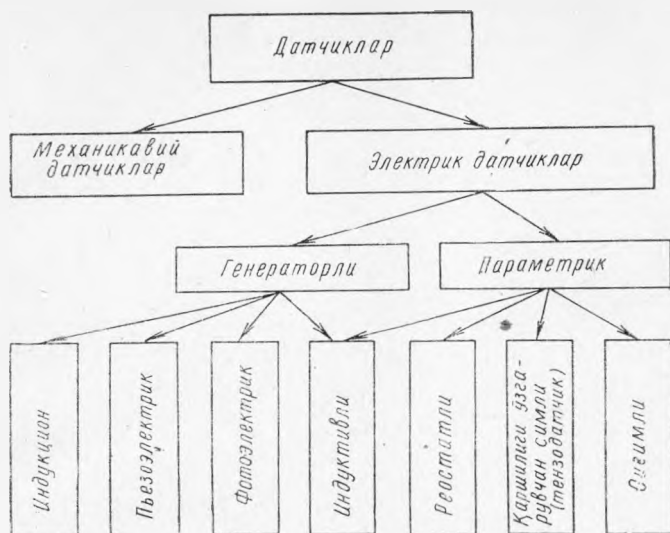
Бу параметрларни ўлчаш экспериментал текширишнинг асосий вазифаларидан бири бўлиб, ҳозирги вақтда совет ва чет эл олимлари томонидан яратилган ҳар хил датчикларда мужасамлаштирилган. Машина ва механизм кинематикасини экспериментал текширишга ўтишдан олдин датчиклар тури, ишлаш принципи ва конструкциялари билан қисқача таништирилади.

## VII. 2-§. Датчиклар классификацияси, тузилиши ва ишлаши

Ўлчаниши лозим бўлган катталикларни сезадиган мосламага *датчиклар* (*ўзгартиргичлар*) дейилади. Механикавий параметрларни ўлчаш учун қўлланиладиган датчиклар ишлаш принципага кўра классификацияланиши VII. 1-шаклда кўрсатилган.

Машина ва механизм параметрларини ўлчаш учун мўлжалланган механизм кўринишидаги ўлчаш *асбоблари механикавий датчиклар* дейилади. Механикавий параметрлар ўзгаришини ўзига пропорционал бўлган электрик катталikka айлантириб





VII. 1- шакл.

кўрсатадиган ўлчаш асбоблари *электрик датчиклар* деб аталади. Ноэлектрик параметрларни, электр қийматларига айлантирилиш турига қараб, датчиклар, *генераторли* ва *параметрик датчикларга* бўлинади.

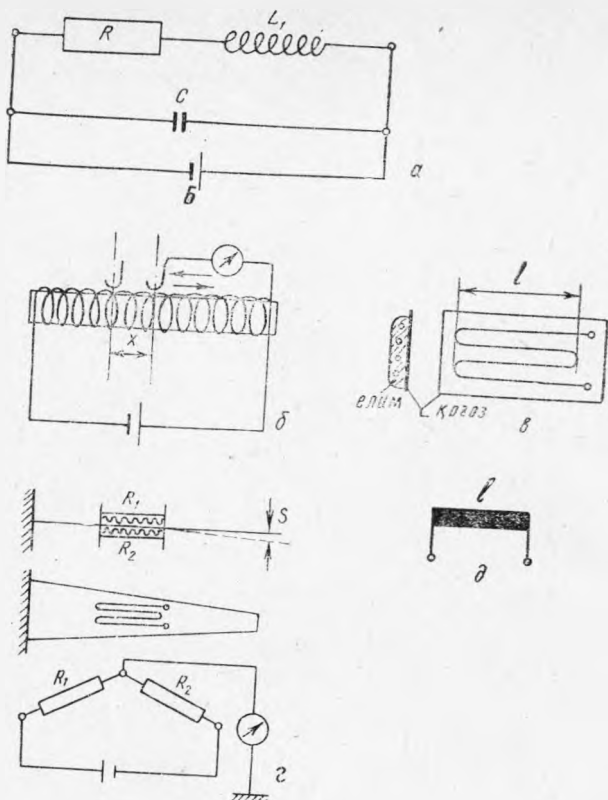
**1. Генераторли датчиклар.** Электрга оид бўлмаган катталикини, қўшимча электр манбаисиз электр сигналига айлантирувчи *датчикларга генератор-датчиклар* дейилади. Буларга қуйидаги датчиклар киради.

1. *L* электромагнит индукция ҳодисаларига асосланган — *индукцион датчиклар* — бундай датчиклар магнит таёқчаси ва сим ўрамли ғалтакдан иборат бўлиб, ўлчаниши лозим бўлган ноэлектрик катталиклар таъсирида ўзгариб, унда магнит оқими  $\Phi$  нинг ўзгариш тезлигига пропорционал ҳолда ғалтакда э. ю. к. ( $E$ ) ҳосил бўлади:

$$E = -n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t},$$

бунда  $n$  — ғалтакнинг ўрам сонн.

**2. Пьезоэлектрик датчиклар** — *сегнетоэлектрик* деб аталувчи кристалл моддалар групуласидан фойдаланишга асосланади. Бу моддалар пьезоэлектрик эффектга эга бўлиб, механикавий кучланишлар ёки деформация таъсирида диэлектрик сиртда ҳар хил номли электр зарядлар ва мос равишда потенциаллар айирмаси ҳосил қилади.



VII. 2- шакл.

**3. Фотоэлектрик датчиклар (фотоэлементлар)** — фотоэлектрик эффект хоссасига асосланган. Ёруғлик нури моддалардан электронларни уриб чиқаради, натижада модда зарядланиб қолади. Модданинг зарядланиши механикавий параметрларга (катталиқка) пропорционал равишда ўзгаради.

**II. Параметрик датчиклар.** Ноэлектрик ўлчаниладиган катталиқлар таъсирида электр занжирида бир ёки бир неча параметрлар (яъни: қаршилик  $R$ , индуктивлик  $L$ , сизим  $C$  ва бошқалар) ҳосил бўлса ёки катталиқнинг ўзгаришига асосланса, бундай датчиклар *параметрик датчиклар* дейилади (VII. 2- шакл, а). Параметрик датчикларнинг ишлаши учун албатта ёрдамчи ток манбаи бўлиши шарт. Буларга қуйидаги датчиклар киради:

**I. Реостатли датчиклар** — реостат кўринишидаги ўзгарувчан қаршиликлардан иборат бўлади. Ноэлектрик катталиқларнинг ўзгариши  $X$  натижасида қаршилик боғланиш  $R=f(x)$  да ўзгариб, занжирдаги ток миқдорини ҳам ўзгартиради (VII. 2- шакл, б).

**2. Симли датчиклар** — механикавий кучланиши ва деформацияланиши натижасида сим қаршилигининг ўзгаришига асосланган. Симнинг қаршилиги физика қонунларидан маълум бўлиб, у сим ўлчамлари билан чизигий боғланишда бўлади, яъни (VII. 2-шакл, *b*):

$$R = \rho \frac{n l}{S} [\text{Ом}],$$

бунда

$l$  — сиртмоқ бир йўлининг узунлиги;  
 $S$  — симнинг қўндаланг кесим юзи;  
 $\rho$  — симнинг солиштирма қаршилиги;  
 $n$  — сиртмоқ ўрамлари сони.

Булар ёрдамида асосан механикавий куч таъсирида ҳосил бўлган деформация ўлчанади. Симли датчик ингичка ( $\varnothing = 0,02$ — $0,04$  мм) солиштирма қаршилиги  $\rho$  катта бўлган симдан сиртмоқлар шаклида ясалган бўлиб, ишлатиш учун уни қоғоз орқали деталга ёпиштирилади (VII. 2-шакл, *г*).

Деталнинг деформацияланиши натижасида деталга мустаҳкам ёпиштирилган датчик сиртмоқнинг узун томони бўйлаб, қисқариши ёки чўзилиши мумкин. Тажрибалар кўрсатадики сим ўлчамларининг ўзгариши натижасида унинг солиштирма ва умумий қаршилиги  $R$  ўзгаради. Деформация натижасида қаршилиқ  $R$  нинг ўзгаришини  $\Delta R$  десак, нисбий қаршилиқ нисбий деформация билан қуйидагича боғланишда бўлади:

$$\frac{\Delta R}{R} = f \frac{\Delta l}{l} = \varphi(\sigma)$$

бу ерда  $\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$  нисбий деформация;  $\sigma$  — деталдаги кучланиш.

Тажрибалар кўрсатадики, юқоридаги (функция) боғланиш тўғри чизигий бўлиб, датчикнинг ўлчаш сезгирлиги, сим қаршилигининг деформациядан ўзгаришига боғлиқ. Сим қаршилигининг деформацияга боғлиқ равишда ўзгариш катталиги симнинг  $K$  сезгирлиги дейилади, у ҳолда:

$$\frac{\Delta R}{R} = K \frac{\Delta l}{l} = K\epsilon.$$

Симли датчик пўлат пластинкага ёпиштирилиб ва уларни биргаликда деформациялаб, симнинг сезгирлиги аниқланади. Датчикда сезгирлик коэффициенти катта бўлган сим қўлланади. Бу қиймат баъзи бир материаллар учун қуйидагига тенг:

константан сим учун  $K=2$ ;  
манганин сим учун  $K=0,5$ ;  
ярим ўтказгич (германий) сим учун  $K=30 \div 40$ .

Пўлат пластинканинг эластиклик деформация чегарасида нисбий чўзилиш  $\frac{\Delta l}{l} = \varepsilon = 2,5 \cdot 10^{-3}$  бўлиб, бу ҳолда нисбий қаршилиқ константа сим учун 0,5% ни ташкил этади, яъни:

$$\frac{\Delta R}{R} = K \frac{\Delta l}{l} = 2,2,5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3} (0,5\%).$$

Кейинги вақтда симли датчик ўрнида германийдан тайёрланган ярим ўтказгичли тензодатчик ҳам кенг ишлатилмоқда. У тайёрланишининг соддалиги ҳамда сезгирлигининг катталиги билан бошқа датчиклардан фарқ қилади (VII. 2-шакл, д).

### Ярим ўтказгичли тензодатчикнинг характеристикаси

Базаси  $l = 3 \div 15$  мм; сезгирлиги —  $K = 30 \div 40$ .

Пластинканинг эни 1 мм; қалинлиги 0,1 ÷ 0,5 мм атрофида; нисбий қаршилиги эса

$$\frac{\Delta R}{R} = K\varepsilon = (30 \div 40) 2,5 \cdot 10^{-3} = 7,5 \cdot 10^{-2} \div 1 \cdot 10^{-1} \text{ ёки } 7,5 \div 10\%$$

Сезгирлиги симли датчикка нисбатан 15 ÷ 20 марта юқоридир.

**3. Индуктивли датчик** — электромагнит ғалтақдаги индуктивлик пўлат ўзакнинг ҳолатига ва ўрамлардаги тирқиши  $\delta$  га, ўлчами  $s$  га боғлиқ бўлиб, уларнинг ўзгаришига асосланади. Ўлчанаётган катталиқлар таъсиридан буларнинг ўзгаришидан ғалтақда индуктивлик  $L$  ўзгаради.

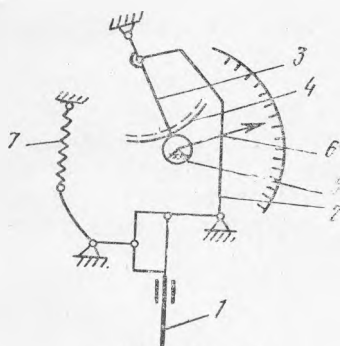
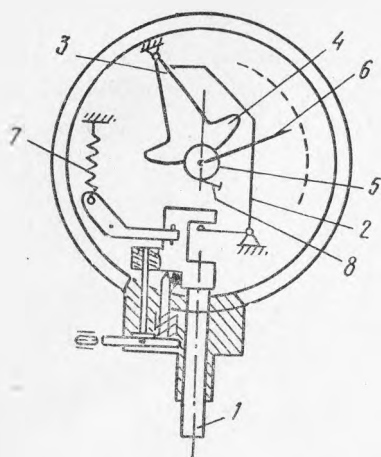
**4. Сигимли датчик.** Ноэлектрик ўлчамига функционал боғланишда бўлган электр конденсатордир. Бунда конденсаторнинг сифими ноэлектрик ўлчамга пропорционал равишда ўзгаради.

## VII. 3-§. Машина ва механизмлар баъзи бир параметрларининг ўлчаниш усули ва схемаси

Машина ва механизмлар параметрлари механикавий ва электрик ўлчаш асбобларида аниқланади. Механикавий датчиклар (динамометр, микрометр, тензометр, силометр, спидометр ва бошқалар) олинган қийматнинг анализ қилиниши осонлиги билан фарқланади, лекин тез юрар ва тез ўзгарувчан бирликларни (тезлик, тезланиш,...) ўлчашда катта хатоликка йўл қўяди. Чунки ўлчаш асбоб звеноларида инерция кучи ҳосил қилади. Бу асбоб ниҳоятда мураккаб, габарити катта, оғир ва сезгирлиги электрик ўлчаш асбобларига нисбатан кичик.

Қуйида баъзи бир датчикларнинг ишлаш принципи билан та-ништирилади.

**Стрелкали индикатор.** Стрелкали индикатор (VII. 3-шакл) мураккаб асбобдир. Стрелка йўналтирувчиси  $l$  нинг ўлчанаёт-



VII. 3-шакл.

ган катталikka силжиши ричаг 2 ва 3 лар ёрдамида сектор 4 ни ҳаракатга келтирса, шу билан бирга у тишли шестерня 5 ни ва ниҳоят унга маҳкам бириктирилган стрелкани ҳаракатга келтириб ўлчашни бажаради.

7 ва 8 пружиналар датчик ишлашини нормалловчи звенолардир. Бунда ўлчанадиган катталик, турли хил деформациялар, звенолар тирқиши, сирт нотекислиги ва бошқалар бўлиб  $0,03 \div 0,3$  мм ни ташкил қилди.

**Автоматик ҳаракатлантирувчи тахометр.** Приборнинг ишлаш принципи ўлчаниши керак бўлган айлана тезлиги  $\omega_1$  ни фрикцион дискнинг маълум айланиш тезлиги  $\omega_2$  га солиштириб аниқлашга асосланган.

Бунда биринчидан диск 4 электрик двигатель орқали тишли филдирак 5 ва 6 лар ёрдамида  $\omega_2$  тезликда айланади (VII. 4-шакл). Иккинчидан фрикцион филдирак 3 нинг вали ўлчаниши керак бўлган манбадан айлантирилади. Филдирак 3 вал 1 сиртида винтавий чизиқ бўйлаб силжиш имкониятига эга бўлиб, вал сиртида диск ва филдиракнинг чизиғий тезликлари тенглашгунга қадар сурилади, яъни:

$$v_3 = v_4;$$

ёки

$$\omega_3 r = \omega_4 \rho;$$

бундан

$$\rho = \frac{\omega_3}{\omega_4} \cdot r.$$

Топилган  $\rho$  масофа (дискнинг филдирак билан тегишиб турган нуқтасининг радиуси) вал 1 тезлигига пропорционал равишда ўзгаради. Агар шу  $\rho$  масофани кўрсатувчи стрелка 2 билан маълум масштабда шкала ясаб қўйилса, вал тезлигини кўр-

сатган бўлади. Приборда  $S$  юк  $A$  шарнир орқали диск  $4$  ни ғилдирак  $3$  га сиқиб туриш учун хизмат қилади.

**Механикавий датчик — кимограф.** Механизм звеносининг чизигий силжишини вақт функциясида график усулида ёзиб оладиган приборга кимограф дейилади. Кимограф ўзгармас тезликда айланадиган энгил, ичи ковак, сиртига қоғоз ўралган барабан  $1$  ва барабан сиртига вақтни белгилаш учун мўлжалланган қаламли электр камертон  $4$  лардан ташкил топган бўлиб, текшириладиётган звено ҳаракати қаламли стрелка ёрдамида барабан сиртига ўралган лента қоғозга йўл графиги кўринишида чизилади (VII. 5-шакл).

Йўл графигини барабан сиртига тўлиқ чизиш учун барабаннинг тезлиги фрикцион узатма  $5$  орқали мослаштирилади. Фрикцион узатма ҳаракатни электрик двигателдан ёки соат механизми  $2$  дан олади. Диаграмма чизилгандан сўнг, цилиндрдан олиб кўрилади ва таҳлил қилинади. Тезлик  $v(t)$  билан тезланиш  $a(t)$  йўл диаграммасини  $S(t)$  графикавий дифференциаллаш йўли билан аниқланади.

Кимограф  $0,1 \div 1$  м/сек тезликда ҳаракатланувчи звеноларнинг ҳаракатини ўлчашда ва ўтилган йўл ҳақиқий қийматида ёзиб олиниши керак бўлган ҳолларда қўлланиши мақсадга мувофиқ.

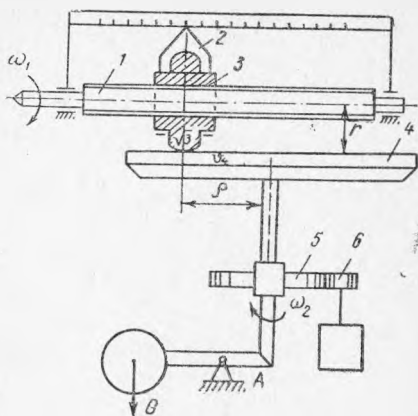
Силжиши жуда катта ёки жуда кичик бўлган ҳамда ўта катта тезликда ҳаракатланувчи звеноларнинг ҳаракатини текширишда электрик датчикларни қўллаш маъқул.

VII. 5-шаклда кимограф ёрдамида кривошип-ползунли механизм ползунининг силжишини текшириш схемаси ва ёзилган графиги берилган.

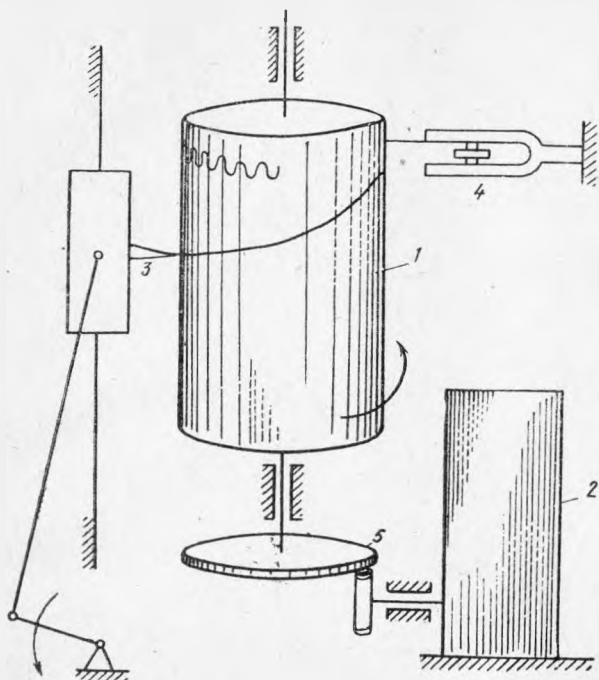
#### VII. 4-§. Чизигий ва бурчагий силжишларни электр занжирни қисқа мuddатга улаш методи билан аниқлаш

Бу метод ёрдамида ҳаракатдаги звенонинг чизигий ёки бурчагий силжиши кимографнинг ёки осциллографнинг барабанига ўралган лента қоғозга ёзиб олинади.

Бу методнинг ишлаш принципи ползуннинг ҳаракат даврида электр занжирнинг бир хил оралиқдаги масофага вақт-вақти



VII. 4-шакл.



ВІІ. 5- шакл.

билан уланишига асосланган. Уланиш эса ползун *1* устки томонига маҳкамланган, контакт берадиган пружина *4* орқали ба- жарилади (ВІІ. 6- шакл), натижада электр занжир *2* ва *3* нуқ- талари уланади ва сим ўралган ўзак *7* да электр магнит ҳосил бўлиб, қалам учли кўрсаткични *5* ўзига тортади. Шундай қилиб, кимограф барабани *6* сиртида ўтилган йўл белгиланади. Вақт эса электр камертон ёрдамида ёзилади.

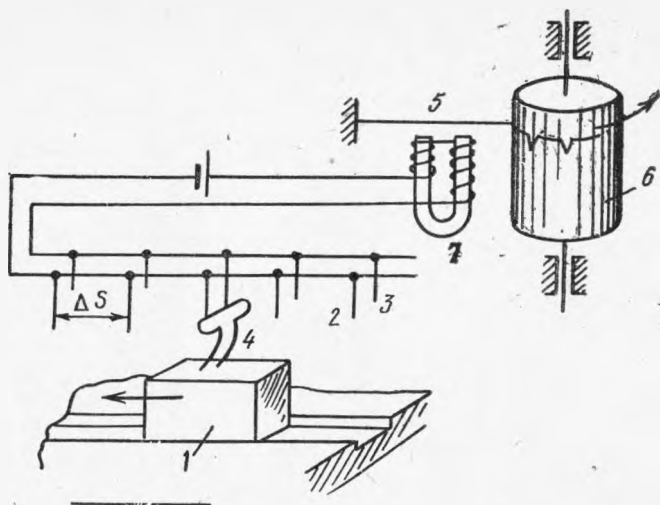
Ўтилган йўл билан вақтнинг қозғозга ёзиб олинган белгисига осциллограмма дейилади.

Осциллограмма барабан *6* дан олиб анализ қилинади, яъни ползуннинг текис ҳаракатидаги ўтган йўли ва тезлик характе- ристикаси аниқланади. Тезлик эса қуйидагича топилади:

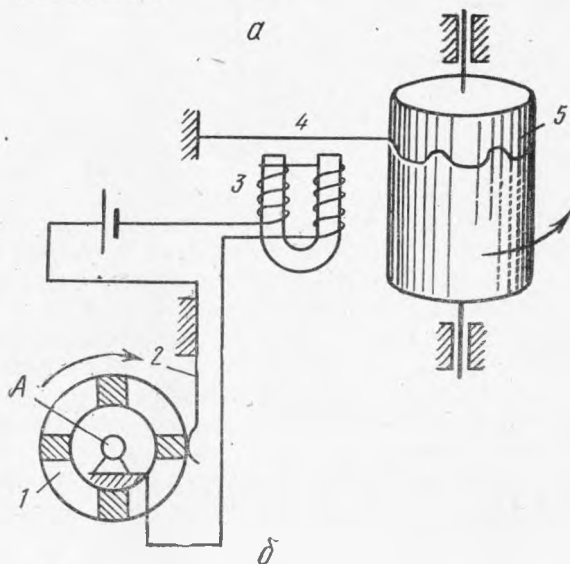
$$v = \frac{\Delta s_1}{\Delta t} \left[ \frac{m}{сек} \right],$$

бу ерда  $\Delta s_1$  — икки контакт оралиқ масофаси, м,  $\Delta t$  — ора- лиқни ўтиш учун кетган вақт, сек.

ВІІ. 6- шакл, *б* да айланма ҳаракатдаги валнинг бурчагий силжишини ўлчаш схемаси берилган. Бунда айланиш силжиши ёки тезлиги ўлчаниши керак бўлган валга контакт пластинка мослама ўрнатилади. Электр занжирни узиб ва улаб туриш мақ-



*a*



*δ*

VII. 6-шакл.

садида контакт пластинка маълум бурчак остида бир хил тенг бўлақларга бўлинган бўлиб бу бўлақлар изоляцион материал билан қопланган.

Электромагнит ҳосил қилиш мақсадида олинган ўзак 3 ғалтагига ўралган симнинг боши контакт пластинка асоси 1 га,



охири эса контактлашиш пружинаси 2 га бириктирилади. Валнинг айланиши натижасида унга ўрнатилган мослама ҳам айланади. Пружина вақт-вақти билан мосламанинг изоляцияланган қисмига келганда электр занжирини узади, узилиш оралиғи олдиндан белгиланган маълум бурчакни кўрсатади. Бу қийматлар қаламли кўрсаткич 4 нинг электр магнит таъсирида тебраниши натижасида ёзилган кимограф барабани 5 даги осциллограммадан олинади.

Валнинг бурчагий тезлиги

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \cdot \left[ \frac{r\alpha d}{c\epsilon k} \right]$$

## VII. 5-§. Реахордли сурилиш датчиги

Сурилиш датчиги ўлчаниши керак бўлган кинематикавий параметрларни электр токи миқдорига пропорционал равишда ўзгартирилиб кимограф ёки осциллограф барабанларига ўралган фотоқоғозга ёзиб қолдиради. Бундай датчиклар вазифасини солиштирма қаршилиги катта бўлган сим (константан, нихром ва бошқалар) бажара олади.

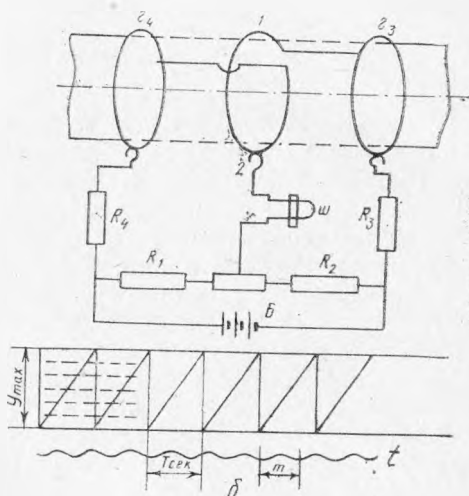
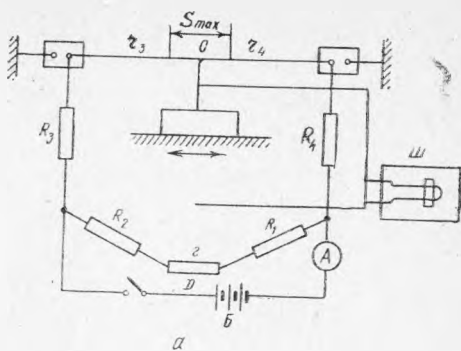
VII. 7-шаклда реахордли датчикнинг электрик схемаси ва ёзилган осциллограммаси кўрсатилган. Датчикнинг ишлаш принципи Уитстон ўлчаш кўпригининг елкалар қаршилиги ўзгаришига асосланган VII. 8-шакл, *a* га қаранг. Силжиши ўлчаниши керак бўлган звено (ползун *B*) га корпусдан изоляцияланган контакт пружина маҳкамланади. Бу пружина реахорд сиртида ҳамма вақт яхши контакт ҳосил қилиб, *C* нуқта звено билан бирга сурилади. Натижада кўприкнинг биринчи елкасидаги қаршилик  $R_3 + r_3 + \Delta r_3$  га, иккинчи елкасидаги қаршилик эса  $R_4 + r_4 - \Delta r_4$  га қадар ўзгариб ўлчаш кўпригининг мувозанат ҳолати бузилади ва диагонал *CD* орқали ток ўта бошлайди. Токнинг ўзгариши *C* нуқтанинг реахорд бўйлаб силжишига пропорционал бўлиб, миллиамперметр стрелкасини суради ёки осциллограф шлейфининг ёруғлик нур чизиғини оғдиради. Бу ёруғлик нури осциллограф барабанига ўралган лейта фотоқоғозга график шаклида из қолдиради. Йўл графиги билан бир вақтда шу йўлни ўтиш учун кетган вақт ҳам ёзиб олинади. Йўл графигини катта масштабда кўриш учун ўлчаш кўпригининг елкалар қаршилигини ўзгартириш, ток манбаи *B* ни ортириш ва сезгирлиги катта шлейфни олиш мумкин. Звено максимал силжиш  $S_{max}$  ининг диаграмма ординатаси максимал баландлигига нисбати йўл масштаби дейилади.

$$K_s = \frac{S_{max}}{y_{max}} \cdot \left[ \frac{M}{M.M} \right]$$

Йўл диаграммасини графикавий дифференциаллаб, тезлик ва тезлашниш диаграммалари тўзилади.

### VII. 6-§. Реахордли бурчагий силжиш датчиги

Реахордли бурчагий силжиш датчигининг валга ўрнатилиш электрик схемаси ва осциллограммаси VII. 7-шакл, б да кўрсатилган. Бунда реахорд вал 1 га ўралган бўлиб, контакт пружина 2 сурилмасдан датчининг-сезгир элементи, реахорд сурилади, яъни айланади. Валнинг силжиш осциллограммаси қия тўғри чизиқлар бўлиб, ҳар бир қия чизиқ валнинг бир марта тўла айланишини кўрсатади. Агар вал текис ўзгармас тезликда айланса, қия чизиқлар ўзаро параллел бўлади, потекис айланса, чизиқ эгри-лашади.



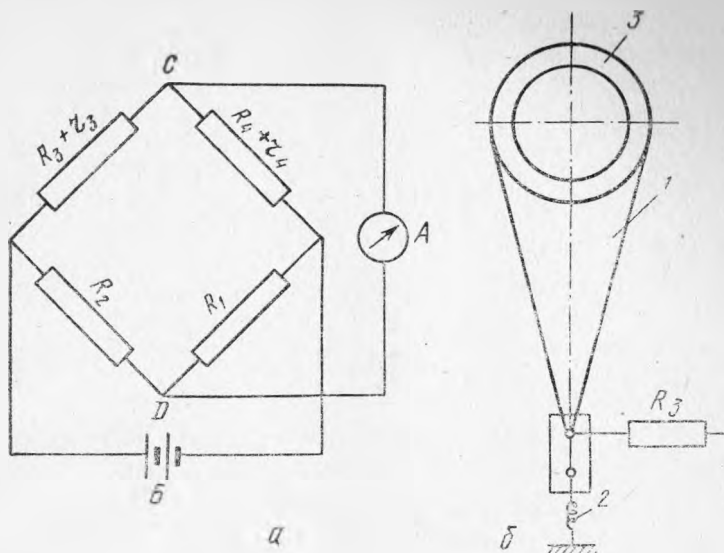
VII. 7-шакл.

Осциллограммани таҳлил (анализ) қилиб вақт бирлигига тўғри келган вал бурчагий силжишини аниқлаш мумкин. Бунинг учун қия текисликнинг ордината баландлиги  $y_{max}$  бир неча тенг бўлакка (масалан, 17) бўлинади ва топилган нуқталардан абсцисса ўқига параллел чизиқлар ўтказиб қия чизиқ билан туташгунча давом эттирилади, энг охири туташган нуқталардан абсцисса ўқига перпендикуляр чизиқлар тушириб ҳар бир элементар силжиш бурчагини (масалан,  $\Delta\varphi = 20^\circ$ ) ўтиш учун кетган вақт топилади.

Бурчагий силжиш масштаби тубандагича:

$$K_{\varphi} = \frac{\varphi_{max}}{y_{max}} = \frac{340^\circ}{34} = 10 \left[ \frac{\text{град}}{\text{м.м}} \right].$$

Қия чизиқларнинг қайтадан такрорланиши реахорднинг айлана бўйлаб бутун бўлмаган (очиқ жойи бор) лигидадир. Бу фарқ тахминан  $20^\circ$  ли секторга тўғри келади.



VII. 8-шакл:

*a*—Унстон ўлчаш кўприги;  $R_1=R_2=R_3=R_4$  ўлчаш кўпригининг елка қаршиликлари; *б*—сиртмоқсимон ток қабул қилғич, 1 сиртмоқ; 2 контакт пружина; 3 контактавий ҳалқа.

Айланма ҳаракатдаги реахордли датчикдан сигнал, ўлчаш кўпригига пластинкали ток улагич пружиналар ёки сиртмоқ шаклида тайёрланган сим ёрдамида олинади (VII. 8-шакл, б).

VII. 7-шакл, б да олинган вақт белгиси секундига 20 марта тебранадиган камертон ёрдамида олинган бўлиб, ҳар бир тебраниш даври  $T = \frac{1}{20}$ —сек ни беради. Унинг вақт масштаби қуйидагича топилади:

$$K_t = \frac{T}{m}, \left[ \frac{\text{сек}}{\text{мм}} \right],$$

бу ерда  $m$  — тебраниш даври узунлиги [мм].

### VII. 7-§. Индукцион датчик ёрдамида бурчагий силжишни ва тезликни ўлчаш

Бундай датчик ўзгармас магнит таёқчаси, ушга кийгизилган ғалтакка ўралган сим ва ўлчаниши талаб этиладиган валга ўрнатилиши учун мулжалланган қадами бир хил тишли дискдан ташкил топган бўлиб, диск тишларининг магнит оқими билан тўқнашиши натижасида уни ўзгартиради ва ғалтак 4 да электр юритувчи куч (э. ю. к.) ҳосил қилади (VII. 12-шаклга қаранг).

Тишли диск валга ва унинг тишлари қаршисида маълум тирқиш қолдириб ғалтакли магнит қўзғалмас қилиб бириктирилла-

ди. Диск тишларининг кетма-кет магнит учи олдидан ўтиши натижасида галтакда э. ю. к. ҳосил бўлади. Галтакда ҳосил бўлган э. ю. к. е осциллограф ёрдамида диск тишларининг қадамга пропорционал равишда белгилар ёзади. Ёзилган белгиларни таҳлил қилиш учун фотоқоғозга вақт белгиси ҳам ёзилган бўлиши керак. Агар вал текис ўзгармас тезликда айланса белгилар оралиғи  $X$  ҳамма вақт бир хил қийматга эга бўлади. Агар тезлиги ўсувчи бўлса,  $X$  оралиқ камаяди, тезлик сусаювчан бўлса,  $X$  оралиқ катталашади (VII. 13-шакл, а, б ларга қаранг).

Бурчагий тезлик:

$$\omega = \frac{\alpha}{t} = \frac{\alpha}{K t x} \left[ \frac{\text{рад}}{\text{сек}} \right].$$

### VII. 8-§. Симли тензодатчик ёрдамида силжишни, тезликни ва тезланишларни ўлчаш

1. Чизигий силжишни ўлчаш. Силжиш жуда кичик бўлган ҳолларда реахордли датчик ёрдамида уни ўлчаш мумкин бўлмай қолади. Чунки 1 мм ва ундан кичик силжишларда қаршилик жуда кам ўзгаради, натижада уни сезиш қийинлашади. Бундай вақтларда симли тензодатчикнинг деформацияланишидан фойдаланиш қулайдир. Бу датчик эластиклиги катта бўлган бронза листидан тайёрланган, эгилиш қаршилик моменти ўзгармас консолли балка шаклида бўлиб, унинг юқори ва пастки юзаларига симли тензодатчиклар ёпиштирилади. Ёпиштирилган датчиклар консоль балка эркин учининг силжишини кўрсатади. Тензодатчиклар ўлчаш кўпригининг 2 та елкасини улаб деформация натижасида қаршиликларининг ўзгариши кўприк диагоналида силжишга пропорционал ток ҳосил қилади (VII. 2-шакл, з).

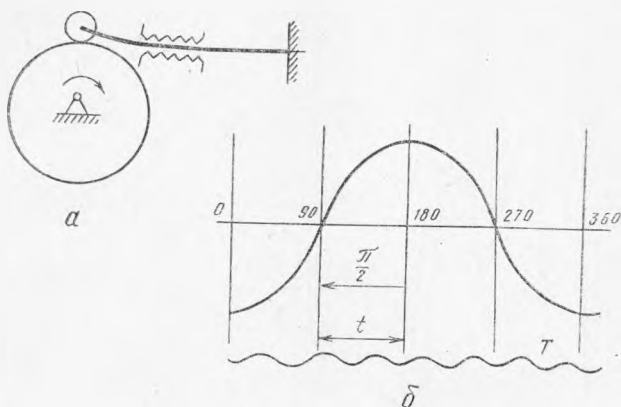
Кўприкда олинган сигнал кучайтиргич приборда маълум катталикка кўпайтирилади ва осциллограф шлейфи орқали фотоқоғозга ёзиб олинади. Бундай осциллограммани таҳлил қилиш учун осциллограмманинг ёзилган масштабни билиш талаб этилади. Силжиш масштаби датчикни тарировка (ўлчов қийматларини аниқ) лаш йўли билан аниқланади.

Тарировкалаш учун тензодатчик ёпиштирилган балканинг учини силжитиб  $S$  микрометр ёрдамида ўлчанади ва шу силжишга тўғри келадиган шлейф нурунининг оғиши  $h$  осциллограф экранидан ўлчаб олинади. Силжиш (йўл) масштаби тубандиқча:

$$K_s = \frac{S}{h} \left[ \frac{\text{м}}{\text{м.м}} \right].$$

2. Бурчагий силжишни ва тезликни ўлчаш. Баъзан бурчагий тезликни ўлчаш мақсадида тензодатчик ёпиштирилган консоль

балка ёрдамида бурчагий силжиш ёзиб олинади. Бунда тезлиги ўлчаниши керак бўлган валга эксцентрик ҳалқа кийгизилади ва балканинг бир учи ҳалқага пружина ҳосил қилиб бириктирилиб иккинчи учи пойдевориға маҳкамланади. Балка билан эксцентрик ҳалқа оралигида ҳаракат натижасида ҳосил бўладиган ишқаланишни камайтириш учун балканинг ҳалқага тегадиган учига кичик бир шарча ёпиштирилади ва бу оралиқ мойлаб турилади (VII. 9-шакл, а).



VII. 9-шакл.

Вал бир марта айланганда датчик ҳам бир марта тўлиқ тебраниб эгри чизиқ чизади (VII-шакл, б). Эгри чизиқни тўртта тенг бўлакка бўлиб, ҳар бир  $90^\circ$  ли бурчакни ўтиш учун кетган вақтни билган ҳолда тезликни топиш мумкин.

$$\omega = \frac{\pi}{2t} \left[ \frac{\text{рад}}{\text{сек}} \right].$$

#### VII. 9-§. Чизигий ва бурчагий тезланишни ўлчаш датчиклари

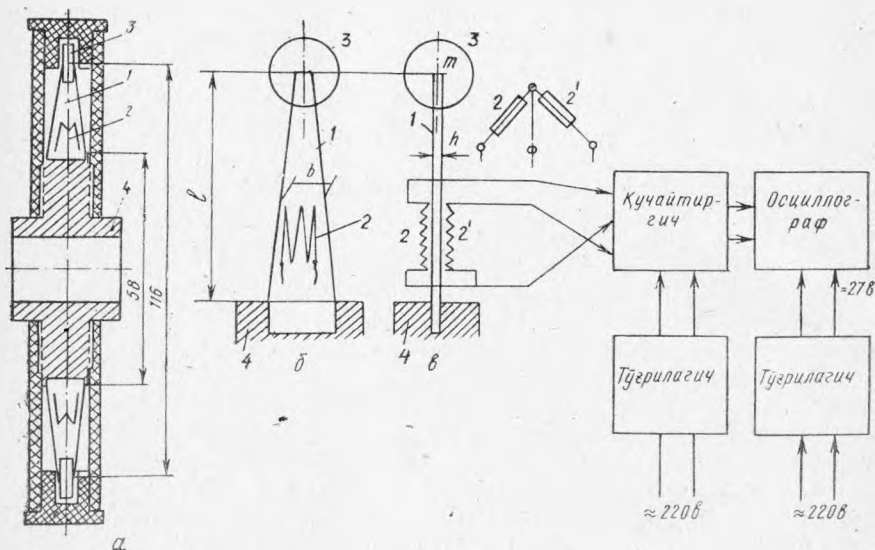
Чизигий ва бурчагий тезланишларни тўғридан-тўғри тезланиш графиги тарзида ёзиб олиш учун кўп турдаги конструкцияли датчиклар ишлатилади. Булар орасида энг содда конструкцияли ва яхши ишлаш қобилиятига эга бўлган датчиклар инерцион датчиклар ҳисобланади, улар тезланишга пропорционал равишда инерция кучи  $P_u$  нинг келиб чиқиш қонунига асосланган (VII. 10-шакл а, б)

$$P_u = -ma_s,$$

бу ерда  $m$  — масса,  $a_s$  — тезланиш.

Тезланиш датчиги эгилиш қаршилиги моменти ўзгармас консоль балка  $l$  ва унинг биринчи (эркин) учига маҳкамланган инерцион элемент (масса)  $3$  дан ташкил топган бўлиб, балканинг

иккинчи учи датчик корпусига 4 вертикал равишда маҳкамланади. Корпус 4 тезланиши ўлчаниши керак бўлган объектга қўзғалмас қилиб бириктирилади (VII. 10-шакл, а, б). Тезланиш натижасида масса 3 нинг инерция кучи эластик элементни тезланишга пропорционал равишда эгади. Балканинг эгилиши балка сиртига ёпиштирилган 2 ва 2' тензорезисторлар ёрдамида кучайтиргич орқали осциллографга ўтказилади ҳамда тезланиш графиги чизилади (VII. 11-шакл, в).



VII. 10-шакл.

Бундай датчиклар ёрдамида чизигий тезланишлар ўлчанади. Бу датчикларнинг конструкцияси бир оз ўзгартирилиб, яъни қўш балкали датчик (иккита чизигий тезланиш датчиги бир-бирига нисбатан  $180^\circ$  бурилиб ясалган ҳолда VII. 10-шакл, а) ёрдамида бурчагий тезланиш ўлчанади. Балкага ёпиштирилган тензорезисторлар (чизигий тезланиш датчигида 2 та, бурчагий тезланиш датчигида 4 та) Уитстон кўприги бўйича уланиб, балканинг чизигий ёки бурчагий тезланиши натижасида, инерцион куч таъсирдан эгилганлигини билдиради.

Юқорида изоҳланган чизигий ва бурчагий тезланиш датчикларининг эластик элементлари 25—500 герц гача тебранади, ишлатиш вақтида уни сўндириш талаб этилади. Бунинг учун инерцион масса пластинка шаклида тайёрлаб, корпус билан озгина тирқиш ҳосил қилиб жойлаштирилади ва бу тирқиш мой билан тўлдирилади. Тирқишга тўлдирилган мойнинг ишқаланиш кучи таъсирида тебраниш қисман сўндирилади.

Мой билан тўлдирилган стакан ичидаги балкани ташқаридан қисқа муддатли туртки куч билан тебратганимизда ҳосил бўлган сўнувчи тебранишлар амплитудасининг нисбати 6—8% бўлса, датчикнинг сўндирилиши қониқарли деб ҳисобланади.

Балка учун қалинлиги 0,4 ÷ 1,5 мм бўлган яхши деформацияланадиган материал — бронза листи ишлатилади. Датчикнинг сезгирлиги, яъни тезланишни ўлчаш қобилияти, балканинг деформацияланишига боғлиқ. Математикавий ҳисоблар кўрсатишича деформацияланиш балканинг қалинлигига боғлиқ бўлиб, сезгирлик  $\gamma$  билан қўйидагича боғланишга эга:

$$\gamma_a = \frac{1}{\omega^2} \cdot \frac{h}{l^2} \left[ \frac{1}{\text{м,сек}^2} \right] \quad \text{— чизғий тезланиш датчиги учун;}$$

$$\gamma_\varepsilon = \frac{1}{\omega^2} \cdot \frac{hR}{l^2} \left[ \frac{1}{\text{рад/сек}^2} \right] \quad \text{— бурчагий тезланиш датчиги учун;}$$

бунда  $\omega = 2\pi f$  — датчикнинг айланма тебранишлари сони  $\left[ \frac{1}{\text{сек}} \right]$

$f$  — датчикнинг секунддаги тебранишлар сони Гц;

$h$  — балканинг қалинлиги;

$R$  — датчик айланмиш ўқидан масса марказигача бўлган оралик, мм;

$l$  — балканинг узунлиги, (мм).

Балканинг эни  $b$  ва узунлиги  $l$  асосан тензодатчик ўлчамлари базасига қараб танланади.

$$b = 5 \div 10 \text{ [мм];}$$

$$l = 20 \div 30 \text{ [мм].}$$

Берилган тебранишда  $f$  тезланиш датчигини конструкция қилиш учун балканинг эни  $b$  ва узунлиги  $l$  танланиб, кесим юзасининг инерция моменти  $I$  ҳисоблаб топилади. Сўнгра эластик элемент учига маҳкамланиши керак бўлган масса  $m$  қўйидаги формуладан аниқланади:

$$m = \frac{2EJ}{\omega^2 l^2} \text{ [г]}$$

*Хулоса. Сезгирлик датчикларнинг энг муҳим характеристикасидан бири бўлиб, у балканинг қалинлигига тўғри пропорционалдир. Балка ўлчамларини тўғри танланганда сезувчанлик ошади.*

VII. 1-жадвалда тебранишлар сони  $f = 25 \div 250$  Гц гача бўлган тезланиш датчикларининг балкалари учун тавсия этиладиган ўлчамлар келтирилган. 7-устунда сезгирликнинг ўзгариши кўрсатилган.

$f$ (гц)	Балла Улчамлари, мм			Масса, $m, (z)$	$R, (мм)$	$\gamma = A \cdot 10^{-9}$
	$l$	$b$	$h$			
25	25	14	0,1	1	35	390
	25	8	0,2	4,4	35	780
	25	6	0,3	11	35	1170
	25	5	0,4	21	35	1560
50	25	10	0,2	1,5	35	194
	25	6	0,4	5,3	35	388
	25	5,5	0,6	18	35	582
	25	11	0,3	1,3	35	73
100	25	7	0,6	6,2	35	146
	25	6	0,8	11	35	195
	25	6	0,9	20	35	219
	25	5,5	1,0	2,3	35	243
150	25	10	0,4	1	35	43,25
	25	8	0,8	6,3	35	86,5
	25	6	1,0	11	35	103
	25	6	1,2	17	35	130
200	25	10	0,5	1,7	35	30,4
	25	8	0,7	2,5	35	42,5
	25	6	1,0	5,6	35	60,8
	25	6	1,2	11	35	73
250	25	10	0,6	1,4	35	23,4
	25	8	1,0	4,5	35	39,4
	25	6	0,2	7	35	46,8

### VII. 10-§. Тезланиш датчикларини тарировкалаш

Тезланиш датчигининг *тезланиш масштаби*  $K$  билан *сезгирлиги*  $\gamma$  ни топиш тарировкалаш дейилади.

Тезланиш датчигининг тарировкалаш учун тезланиши маълум қонун билан ўзгарувчи қуйидаги бир қанча механизмлар ишлатилади:

1. Эркин тушувчи юк ёрдамида тезланиш оладиган механизм.
2. Физикавий маятник ёрдамида тебранма тезланиш оладиган механизм.
3. Уч нпга осиб тебратиш ёрдамида тезланиш оладиган механизм.
4. Гук шарнири воситасида тезланиш оладиган механизм.
5. Синусли механизм ёрдамида тезланиш оладиган механизм.
6. Аналитик йўл билан тезлик осциллограммаси ёрдамида тезланишни аниқлаш механизми.
7. Бир учи қистирилган стерженнинг иккинчи учини тебратиш йўли билан тезланиш олиш механизми.
8. Кривошип-ползунли механизм ёрдамида тезланиш олиш.
9. Статикавий йўл билан тезланиш қийматини аниқлаш.



Бу механизмлардан кўпчилигининг конструкцияси катта аниқлик талаб қилади: столнинг тебраниши, етакланувчи вални аниқ ўрнатиб бўлмаслиги, тирқишларнинг таъсири, пружина-нинг тебраниши ва бошқалар ана шу аниқликка таъсир қилади. Ана шу камчилик ва қийинчиликлардан ҳоли бўлган механизм 650 мм узунликдаги ковак эластик стержень 1 дан ясалган мосламадир. Стерженьнинг бир учи инерцион диск 2 га ўрнатилади, иккинчи учи тискига қистирилади. Унинг тебраниш тезлиги стер-женьнинг узунлигига боғлиқ бўлиб, у қуйидагича топилади (VII. 11-шакл, а):

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{GJ_p}{J_m \cdot l}} \quad [\text{Гц}].$$

бу ерда  $G$  — стержень материалининг эластиклик модули;  
 $J_p$  — стержень кўндалаг қирққмининг қутб инерция  
 моменти;  
 $J_m$  — стержень учига ўрнатиш дискнинг инерция мо-  
 менти;  
 $l$  — стерженьнинг иш узунлиги.

Стержень сиртига 4 та (4, 5, 6, 7) тензодатчик 3 ёпиштирил-  
 ган бўлиб, у фақат стерженьнинг буралишини кўрсатади (VII.  
 11-шакл, б). Механизмнинг ишлаш принципи қуйидагича: элас-  
 тик стержень бир учи билан токарлик станок каллагига ёки тис-  
 кига, иккинчи учи масса билан бирга тарировкаланиши керак  
 бўлган датчикка маҳкамланган ҳолда марказга тиралади. Стер-  
 женга маълум миқдорда буровчи момент таъсир эттирилади ва  
 буралиш сигнали стерженга ёпиштирилган тензодатчик орқали  
 олинади. Бу сигнал  $S_1$  буровчи момент масштабини аниқлаш  
 учун қўлланади.

Буровчи момент масштаби тубандагича аниқланади:

$$K_m = \frac{M_0}{S_1}, \quad \left[ \frac{\text{Н.м}}{\text{мм}} \right].$$

Стержень инерцион диск таъсирида тебраниши учун уни бу-  
 ровчи момент таъсирдан зудлик билан озод этилади. Стержень-  
 нинг тебраниши стержень сиртига ёпиштирилган тензодатчик  
 воситасида ва тарировкаланиши керак бўлган датчик ёрдамида  
 осциллограф қоғозига ёзиб олинади (VII. 11-шакл, в).

Бурчагий тезланиш осциллограммадан қуйидагича аниқла-  
 нади:

$$\varepsilon = \omega_2 \cdot \varphi \quad [\text{сек}^{-2}].$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{— тебранма ҳаракат бурчагий тезлиги} \quad \left[ \frac{\text{рад}}{\text{сек}} \right]$$

осциллограммадан олинади);

$\varphi = \frac{M_{\xi} l}{GJ_p}$  — стержень эркин учининг буралиш бурчаги (рад);

$Mg = K_m S_d$  — стерженнинг тебраниш давридаги буралиш моменти (н. м).

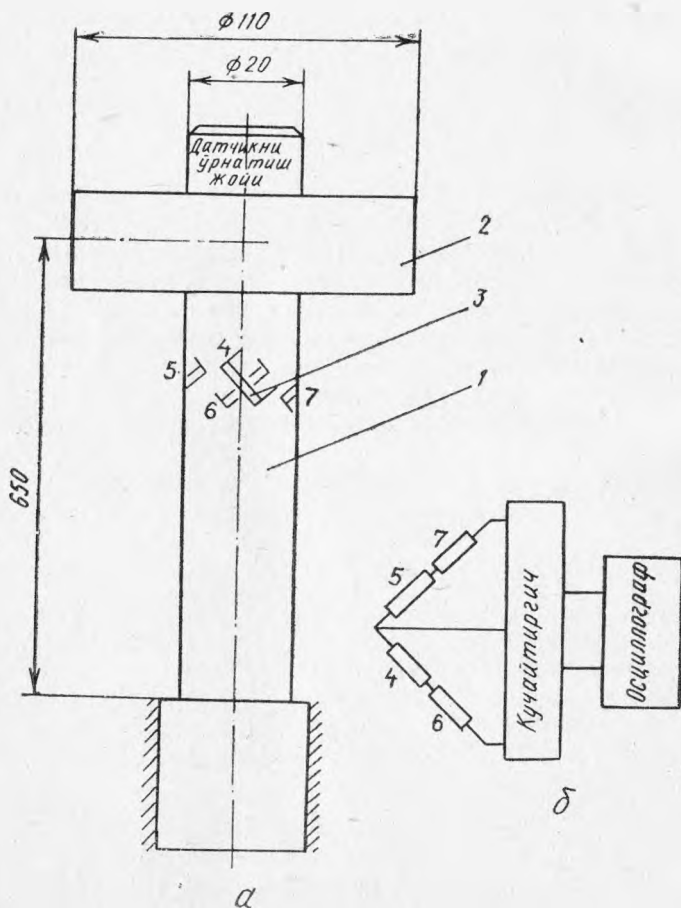
Тезланиш масштаби:

$$K_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{S_3} \left[ \frac{\text{сек}^{-2}}{\text{мм}} \right].$$

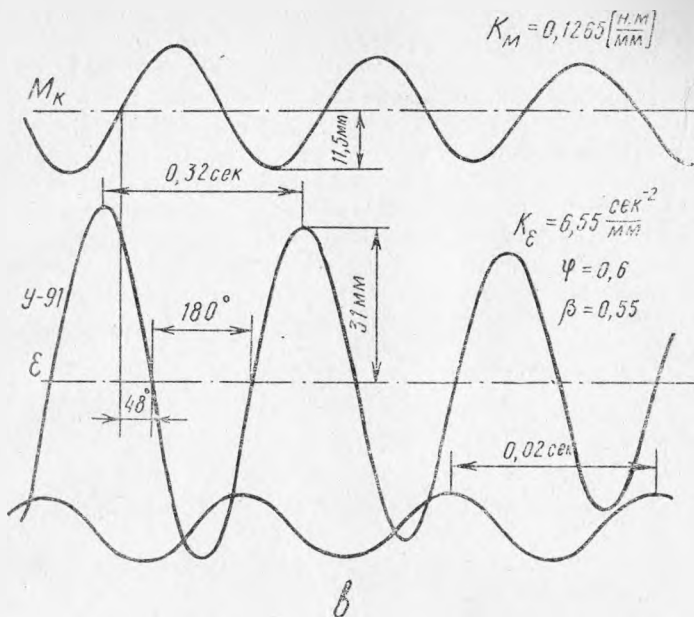
$S_2$  — буровчи момент ординатаси (мм);

$S_3$  — бурчагий тезланиш ординатаси (мм).

Эркин тебраниши 91 Гц бўлган бурчагий тезланиш датчигининг тарировкаланишига VII. 11-шакл *в* да мисол келтирилган.



VII. 11- шакл, а, б.



ВІІ. 11- шакл.

Буровчи момент масштаби:

$$K_M = \frac{M_6}{S_1} = \frac{2,79}{22} = 0,1265 \left[ \frac{\text{Н.М}}{\text{М.М}} \right],$$

ВІІ. 11- шакл, в дан тебраниш давридаги стерженнинг буралиш моменти топилади.

$$M_\partial = K_M \cdot S_2 = 0,1265 \cdot 11,5 = 1,46 \text{ [Н. м]},$$

Буралиш бурчаги

$$\varphi = \frac{M_\partial l}{GJ} = 0,00206 \text{ [рад]}$$

бу ерда  $G = 423 \cdot 10^8$  — латуннинг буралишдаги эластиклик модули

$\left[ \frac{\text{Н}}{\text{М}^2} \right]$   $I = 11 \cdot 10^{-9}$  — стержень кесим юзасининг поляр инерция моменти  $[\text{М}^4]$

Бурчагий тезланиш

$$\varepsilon = \omega^2 \varphi = \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 \cdot \varphi = 203 \text{ [сек}^{-2}\text{]}.$$

Тезланиш масштаби

$$K_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{S_3} = \frac{203}{31} = 6,55 \left[ \frac{\text{сек}^{-2}}{\text{М.М}} \right].$$

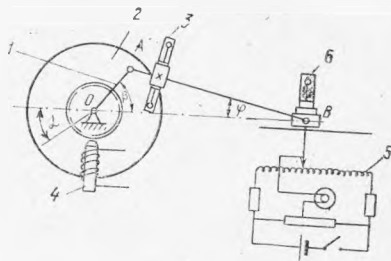
Бундай мослама ёрдамида датчикларни ҳар қандай тебранма тезликда тарировкалаш мумкин.

Тебраниш тезлиги мосламанинг эластик қисмини узун-қисқа қилиш йўли билан ўзгартирилади.

Кривошип-ползунли механизм ёрдамида бурчагий тезланиш датчигини тарировкалаш учун шатуннинг хоҳлаган (маҳкамлаш қулай бўлган нуқтасига) ўқига перпендикуляр қилиб датчик маҳкамланади (VII. 12-шакл). Сўнгра кривошипга ўзгармас тезлик бериб, шатуннинг бурчагий тезланиши ва вақт осциллограммаси ёрдамида ёзиб олинади (VII. 13-шакл, а, б). Шу ёзиб олинган тезланиш шатуннинг ҳаракати ползунга нисбатан тебранма бўлгани учун қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$\epsilon = \omega^2 \varphi \left[ \frac{Pa\delta}{сек^2} \right],$$

бу ерда  $\varphi$  — тебраниш бурчаги (рад).



IV. 12-шакл. Бурчагий тезланиш датчигини тарировкалаш.

- 1 кривошип; 2 маховик; 3 бурчагий тезланиш датчиги; 4 тезлик датчиги; 5 силжиш (реахорда) датчиги; 6— чизигий тезланиш датчиги.

Шатуннинг тебраниш бурчагий тезлиги қуйидагича ҳисобланади:

$$\sin\varphi = \frac{OA}{AB} \cdot \sin\beta = \lambda \cdot \sin\beta = 0,229 \sin\beta;$$

$$\varphi = \arcsin \beta \cdot \sin\lambda,$$

бу ерда  $\frac{OA}{AB} = \lambda$  деб қабул қилинади;

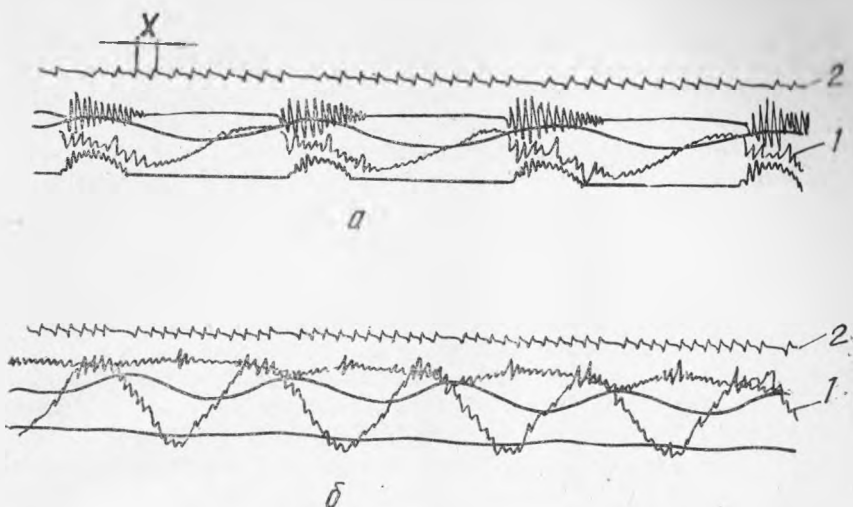
$\beta$  — кривошипнинг горизонтал билан ташкил қилган бурчаги, агар

$$\beta = 90^\circ \text{ бўлса, } \varphi = 13^\circ 10' = 0,23 \text{ [рад];}$$

$$\beta = 60^\circ \text{ бўлса, } \varphi = 11^\circ 30' = 0,20 \text{ [рад];}$$

$$\beta = 30^\circ \text{ бўлса, } \varphi = 6^\circ 35' = 0,115 \text{ [рад].}$$

Кривошип-ползунли механизмда ёзиб олинган тезланиш эгри чизигий синусоид шаклида бўлиб, унинг энг катта ординатаси бурчак  $\beta$  нинг  $90^\circ$  га яқинлашган, яъни  $\beta = 90^\circ - \gamma^\circ$  га эришган вазиятида бўлади (VII. 13-шаклда 1-эгри чизиқ). Булардан ташқари чизигий ва бурчагий тезланиш датчикларининг тезланиш



ВН. 13-шакл. Қривошип-ползушли механизмнинг ҳаракат осциллограммаси:

1 шатунининг бурчагий тезланиши; 2 айланишлар белгиси; а — нагрузка билан ишлаганда; б — нагрузкасиз ишлаганда.

масштабларини статикавий тарировкалаш усули билан ҳам аниқлаш мумкин.

Ҳар бир датчик ўзининг конструкциясига қараб статикавий тарировкалаш методига эга. Масалан, эластик стерженли датчикнинг инерцион дискасига маълум буровчи момент таъсир эттириб тарировкаланади. Бунда дискка қўйилган маълум буровчи момент ҳаракат вақтида инерцион диск ҳосил қилган буровчи моментнинг эквивалент қийматидир. Эквивалент буровчи моментдан ҳосил бўлган бурчагий тезланиш қуйидагича аниқланади:

$$\varepsilon = \frac{M_6}{J_M} \left( \frac{\text{род}}{\text{сек}^2} \right).$$

Тезланиш масштаби қуйидагича:

$$K_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{S} = \frac{M_6}{J_M S} \left( \frac{\text{сек}^{-2}}{\text{мм}} \right);$$

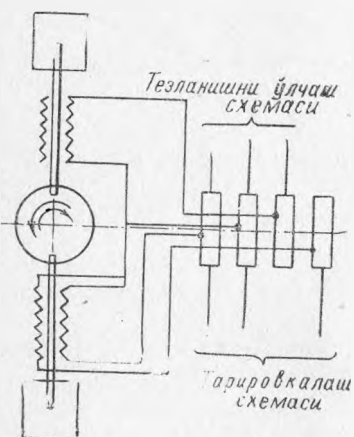
бунда  $J_M$  — дискнинг инерция моменти;

$S$  — осциллограф шлейф кўзгусининг силжиши (мм).

Бир балкали чизигий ва икки балкали бурчагий тезланиш инерцион датчикларини тарировкалаш учун уларни перпендикуляр ҳолатдан горизонталга буриб амалга оширилади. Датчик

горизонтал ҳолга буралганида, балка масса таъсирдан эгилади. Массанинг горизонтал балкани эгиш таъсирини, тезланиш ҳосил бўлгандаги массанинг инерция кучига миқдор жиҳатидан тенг деб олинса, ундан ҳосил бўлган тезланиш  $1g$  га тенгдир.

Бурчагий тезланиш датчиклари горизонтал эгилиш деформациясини ўз-ўзидан компенсация қила оладиган схемада уланади. Бу датчиклар фақат тезлик ўзгарганда массанинг инерция кучи таъсирида балканинг ёй бўйлаб бир йўналишда эгилишини кўрсатади. Бундай датчикларни статикавий тарировкалаш учун тензодатчикларнинг электрик схемаси датчиклар горизонтал ҳолга келганда  $1g$  тезланиш берадиган қилиб қайтадан уланади (VII. 14-шакл).



VII. 14-шакл.

Эркин тушаётган жисмнинг инерция кучи  $P_u = -mg$  дир. Шу инерция кучи таъсирида балка эгилади. Эгувчи момент

$$M_g = P_u l = mgl = Kg$$

Датчик учун берилган масса  $m$  ва балканинг узунлиги ўзгармас бўлиб, эгувчи момент эркин тушаётган жисмнинг тезланишига ушбу  $K = ml$  масштабда боғлиқдир.

Бу ҳолда бурчагий тезланиш статикавий методда қуйидагича топилади:

$$\varepsilon = \frac{g}{R} [\text{сек}^{-2}]$$

Тезланиш масштаби эса

$$K\varepsilon = \frac{\varepsilon}{S} = \frac{g}{RS} \left[ \frac{\text{сек}^{-2}}{\text{мм}} \right]$$

бу ерда  $R$  — масса оғирлик маркази билан датчик айланиш ўқи оралиғи.

$$g = 9,81 \frac{M}{\text{сек}^2}$$

$S$  — осциллограф шлейфи кўзгусининг оғиши, мм.

### VII. 11-§. Осциллограф.

Осциллограф катта чегарадаги тезликларда ўзгарувчан электрик катталикларни ёзиб олувчи асбоб бўлиб, у ҳар хил тебранишдаги ва сезгирликдаги гальвонометр (шлейфлар) ва фотоқоғоз ҳамда уларни турлича тезликда ҳаракатга келтирувчи механизмдан ташкил топган.

Бу асбоб зарур бўлган катталикларни ёзиб олиш билан бирга олинган сигнални бир неча мартаба катталаштириб ҳам беради. Бунинг учун ҳар хил масофада жойлашган турли хилдаги линзалар қўлланади. Ҳозирги вақтда Н-700, Н0414 У42 ва МПО-2 маркали осциллографлар кенг тарқалган бўлиб, булардан биринчиси бир йўла 14 та, иккинчиси —16 та, учинчиси эса 8 та операцияни фотоплёнкага ёзиб олади.

VII. 2-жадвалда Н0414 У42 маркали 16 та шлейfli, VII-3 жадвалда МПО-2 маркали 8 та шлейfli осциллограф гальвонометрларининг ҳарактеристикалари берилган.

Гальвонометр қаршилик ва руҳсат этилган ток миқдорига қараб жадвалдан танланади. Одатда, олдин сезгирлиги кам гальвонометрлар ишлатилиб кўрилиб, сўнгра керакли гальвонометр сезгирлиги солиштириш йўли билан аниқланади.

VII. 15-шаклда Н0414У42 маркали осциллографнинг оптик схемаси берилган.

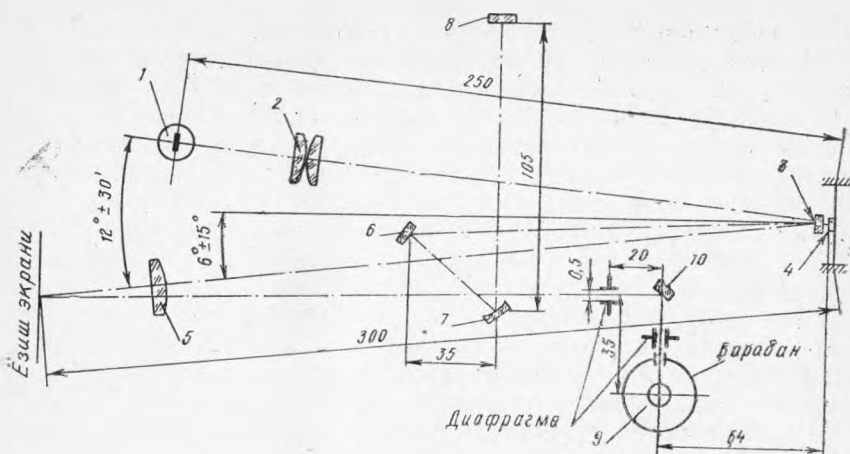
VII. 2-жадвал.

Типи	Ўз тебраниши, Гц	Ишлаш чегараси, Гц	Ички қарши- лиги, Ом	Максимал руҳсат этил- ган ток, мА <i>l max</i>
МО 19.1	40	0 дан 24 гача	125—87	0.016
МОО1.1А	80	0 дан 48 гача	41—8	0.25
МСО1.2	400	0 дан 240 гача	55—1	1.2
МОО1.3А	800	0 дан 400 гача	15—4	10
МОО1.4А	1600	0 дан 800 гача	15—3	50
МОО1.5А	3400	0 дан 1700 гача	20—5	80
МО 19.7	8000	0 дан 5000 гача	21—6	80

VII. 3-жадвал.

Типи	Ўз тебраниши, Гц	Сезгирлиги, мм/а		Қаршилиги, Ом	Максимал руҳсат этилган ток, мА
		плёнкада	экран		
I	5000	20	80	3,5	100
II	10000	4	16	3	150
III	3000	100	400	6	25
IV	2000	250	1000	6	10
VIII	1200	1300	5200	14	2

Лампа 1 дан тарқалаётган ёруғлик нури конденсатор 2 ёрдамида йиғилиб, сферик линза 3 орқали ясси нур текислигида нурларга ажралиб шлейф кўзгуси 4 га тушади. Нур шлейф кўзгу-



VII. 15- шакл.

сидан сферик линза 3 орқали умумий цилиндрик линза 5 дан ўтиб; ёзиш текислигига нуқта бўлиб тушади. Шлейф кўзгусининг оғиши натижасида, ёзиш текислигига йиғилган нур нуқтаси горизонтал бўйлаб силжийди. Сферик линза 3 орқали қайтган ёруғлик нурининг бир қисми линза 6 ва 7 ёрдамида кўриш экрани 8 га тушади. Вақт белгиси лампа 9 дан диафрагма орқали линзалар 10 ва 5 ёрдамида ёзиш экранига тушади.

#### VII бобни такрорлаш учун саволлар

1. Машина ва механизмларни экспериментал текширишнинг нима аҳамияти бор?
2. Машинанинг ўлчаниши керак бўлган асосий параметрларини айтиб беринг.
3. Датчик деб нимага айтилади?
4. Датчикларнинг классификацияланиш принципини айтиб беринг.
5. Электрик датчикларнинг механикавий датчиклардан нима афзаллиги бор?
6. Реостатли датчикнинг ишлаш принципини айтиб беринг.
7. Симли датчиклар физиканинг қайси қонунига асосан ишлашини тушунтириб беринг.
8. Симли датчик қанақа материаллардан тайёрланади?
9. Кимограф датчигининг ишлаш принципини тушунтиринг.
10. Чизиғий ва бурчагий силжишлар қандай датчиклар ёрдамида ўлчанади?
11. Бурчагий тезлик қандай датчик ёрдамида ўлчанади?
12. Чизиғий ва бурчагий тезланишлар қандай датчиклар ёрдамида ўлчанади?
13. Датчик қандай тарировкаланади?
14. Тарировкаланиш нима?



## АДАБИЁТ

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов. «Физматгиз», Москва, 1967.
2. Антонов А. М. Теория механизмов и машин. «Высшая школа», Москва, 1961.
3. Артоболевский И. И., Эдельштейн Б. В. Сборник задач по теории механизмов и машин. «Физматгиз», Москва, 1973.
4. Колчин Н. И., Мовнин М. С. Теория механизмов и машин. «Судпромгиз», Ленинград, 1962.
5. Раевский Н. П. Датчики механических параметров машин. Москва, изд-во АН СССР, 1959.
6. Усмоиҳужаев Ҳ. Ҳ. Механизм ва машиналар назарияси. «Ўқитувчи», Тошкент, 1970.
7. Юдин В. А. и Петрокас Л. Б. Лабораторный практикум по теории механизмов и машин. «Физматгиз», Москва, 1960.
8. Йўлдошбеков С. А., Даминов М. Р. Машина ва механизмларнинг чидамлилиқ хоссасини ошириш, «Ўзбекистон», Тошкент, 1973.
9. Йўлдошбеков С. А. О возможности увеличения чувствительности датчика угловых и линейных ускорений. Вопросы механики. Выпуск 11, «Фан», Тошкент, 1972.

## МУНДАРИЖА

Сўз боши . . . . .	3
Кириш . . . . .	5

### БИРИНЧИ ҚИСМ

#### Механизмлар, уларнинг тузилиши ва кинематикаси

<b>1 б о б. Механизмларнинг асосий турлари ва ишлатилиши . . . . .</b>	<b>9</b>
I. 1-§. Ричагли механизмлар . . . . .	9
I. 2-§. Кулачокли механизмлар . . . . .	13
I. 3-§. Тилили механизмлар . . . . .	15
I. 4-§. Фрикцион механизмлар . . . . .	20
I. 5-§. Өгилувчан звеноли механизмлар . . . . .	20
I. 6-§. Гидравлик ва пневматик механизмлар . . . . .	21
I. 7-§. Өлектрик мосламали механизмлар . . . . .	24
I бобни такрорлаш учун саволлар . . . . .	25
<b>II б о б. Механизмларнинг тузилиши</b>	<b>25</b>
II. 1-§. Механизмларнинг элементлари — деталь, звено, кинематикавий жуфтлар ва уларнинг шартли белгиланиши . . . . .	25
II. 2-§. Кинематикавий жуфтлар классификацияси . . . . .	29
II. 3-§. Кинематикавий занжирлар, уларнинг турлари ва эркинлик даражаси . . . . .	32
II. 4-§. Текисликда ҳаракат қилувчи механизмларнинг тузилиши, формуласи, механизм таърифи . . . . .	34
II. 5-§. Эркинлик даражаси ортиқча механизмлар . . . . .	36
II. 6-§. Пассив звеноли механизмлар . . . . .	37
II. 7-§. Механизм тузувчи группалар. Ассур группаси . . . . .	37
II. 8-§. Қуйи кинематикавий жуфтли II класс 2-тартибли группанинг модификацияси . . . . .	39
II. 9-§. Текис механизмдаги олий кинематикавий жуфтни қуйи кинематикавий жуфт билан алмаштириш . . . . .	41
II. 10-§. Механизмларнинг кинематикавий схемасини шартли белгилар асосида тузиш ва анализ қилиш . . . . .	43
Механизмлар кинематикавий схемасини тузиш (II боб) га оид масалалар . . . . .	44
II бобни такрорлаш учун саволлар . . . . .	45
<b>III б о б. Текисликда ҳаракатланувчи механизмлар кинематикаси</b>	<b>48</b>
III. 1-§. Механизмлар кинематикасининг асосий масалалари ва уларни текшириш методлари . . . . .	48
III. 2-§. Механизмларнинг турли вазиятдаги планларини белгилаш усули билан тузиш ва уларнинг нуқта траекториясини қуриш . . . . .	49
III. 3-§. Кинематикавий диаграммалар ёрдамида меҳанизмлар кинематикасини текшириш (графикавий кинематика) . . . . .	51
III. 4-§. Тезлик ва тезланиш диаграммаларини қуриш . . . . .	54

III. 5-§. Ординаталарни ортириш усули билан дифференциаллаш	55
III. 6-§. Урималар усули билан дифференциаллаш	58
III. 7-§. Ватарлар ёрдами билан дифференциаллаш	61
III. 8-§. Механизмлар кинематикаси графо-аналитик текшириш	64
III. 9-§. Механизмлар кинематикасини зvenoларнинг оний айланши марказлари орқали текшириш	65
III. 10-§. Механизм зvenoлари нуқталарнинг тезлик ва тезланишлар планини тузиш йули билан текшириш	71
III. 11-§. II класс 2-тартибли группаларнинг биричи модификацияси учун тезликлар плани	72
III. 12-§. II класс 2-тартибли группанинг иккинчи модификацияси учун тезликлар плани	74
III. 13-§. II класс 2-тартибли группанинг учинчи модификацияси учун тезликлар плани	75
III. 14-§. II класс 2-тартибли группанинг тўртинчи модификацияси учун тезликлар плани	77
III. 15-§. Тўрт зvenoли шарнирли текис механизмнинг тезликлар планини тузиш	78
III. 16-§. III класс мураккаб механизм учун тезликлар планини тузиш	79
III. 17-§. Механизмларнинг тезланишлар планини тузиш	82
III. 18-§. II класс 2-тартибли Ассур группасининг биричи модификацияси учун тезланишлар плани	83
III. 19-§. II класс 2-тартибли Ассур группасининг иккинчи модификацияси учун тезланишлар плани	85
III. 20-§. II класс 2-тартибли Ассур группасининг учинчи модификацияси учун тезланишлар плани	86
III. 21-§. Тўрт зvenoли шарнирли текис механизмнинг тезланишлар плани	87
III. 22-§. III класс мураккаб механизм учун тезланишлар планини тузиш	89
III. 23-§. Механизмларнинг аналитик-кинематикавий анализи	91
Текисликда ҳаракатланувчи механизмлар кинематикаси (III боб)га оид масалалар	97
III бобни такрорлаш учун саволлар	97
<b>IV боб. Кулачокли механизмлар</b>	106
IV. 1-§. Кулачокли механизмнинг кинематикавий анализи	107
IV. 2-§. Турткичи ўткир учли аксиал текис кулачокли механизмнинг анализи	107
IV. 3-§. Турткичи роликли дезаксиал текис кулачокли механизмнинг анализи	108
IV. 4-§. Турткичи роликли тебранма ҳаракат қиладиган текис кулачокли механизм	110
IV. 5-§. Кулачокли механизмнинг кинематикавий лойиҳалаш	111
IV. 6-§. Турткичи ўткир учли аксиал кулачокли механизмларни лойиҳалаш	111
IV. 7-§. Турткичи роликли дезаксиал кулачокли механизмни лойиҳалаш	112
IV. 8-§. Кулачокли механизмларнинг камчиликлари	113
IV бобни такрорлаш учун саволлар	114
Кулачокли механизмлар (IV боб)га оид масалалар	114

## И К К И Н Ч И Қ И С М

**Машина ва механизмлар динамикаси ва уни экспериментал текшириш**

**V боб. Машина ва механизмлар динамикаси** 115

V. 1-§. Машина ва механизмлар динамикасининг асосий масалалари ва ҳаракат тенгламаси 115

V. 2-§. Машина агрегатининг ҳаракат тенгламаси . . . . .	117
V. 3-§. Механизм звеноларидаги инерция кучлари . . . . .	121
V. 4-§. Айланма ҳаракатдаги звенонинг инерция кучи . . . . .	123
V. 5-§. Мураккаб текис ҳаракат қилувчи звенонинг инерция кучи ва инерция кучининг моменти . . . . .	126
V. 6-§. Қуйи кинематикавий жуфтли текис механизмларнинг куч ҳисоби . . . . .	129
V бобни такрорлаш учун саволлар . . . . .	138
Машина ва механизмлар динамикаси (V боб)га оид масалалар . . . . .	139

**VI б о б. Машина ҳаракатидаги баъзи бир қўшимча кучлар** 142

VI. 1-§. Машина ва механизмларни мувозанатлаш . . . . .	142
VI. 2-§. Машина пойдевориға таъсир қилувчи куч . . . . .	143
VI. 3-§. Тўрт звеноли шарнирли текис механизмни мувозанатлаш	143
VI бобни такрорлаш учун саволлар . . . . .	147

**VII б о б. Машина ва механизм звенолари ҳаракатини экспериментал текшириш** 147

VII. 1-§. Экспериментал текширишнинг моҳияти ва принципи . . . . .	147
VII. 2-§. Датчиклар классификацияси, тузилиши ва ишлаши . . . . .	148
VII. 3-§. Машина ва механизмлар баъзи бир параметрларининг ўлчаниш усули ва схемаси . . . . .	152
VII. 4-§. Чизигий ва бурчагий силжишларни электр занжирини қисқа муддатга улаш методи билан аниқлаш . . . . .	154
VII. 5-§. Реахордли сурилиш датчиги . . . . .	157
VII. 6-§. Реахордли бурчагий силжиш датчиги . . . . .	158
VII. 7-§. Индукцион датчик ёрдамида бурчагий силжишни ва тез- ликни ўлчаш . . . . .	159
VII. 8-§. Симли тензодатчик ёрдамида силжишни, тезлики ва тез- ланишларни ўлчаш . . . . .	160
VII. 9-§. Чизигий ва бурчагий тезланишни ўлчаш датчиклари . . . . .	161
VII. 10-§. Тезланиш датчикларини тарировкалаш . . . . .	164
VII. 11-§. Осциллограф . . . . .	170
VII бобни такрорлаш учун саволлар . . . . .	172
<i>Адабиёт</i> . . . . .	173

