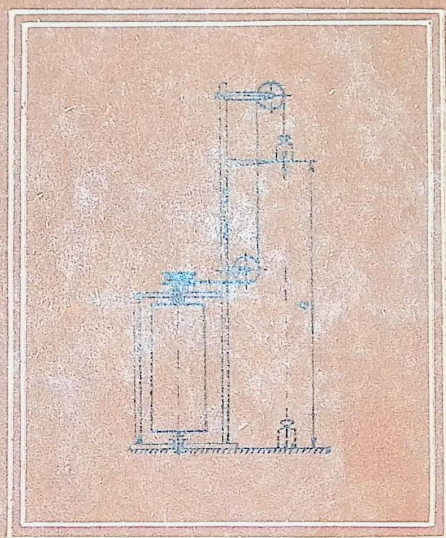


621  
И-29

З. Х. Иззатов

МЕХАНИЗМ  
ВА МАШИНАЛАР  
НАЗАРИЯСИДАН  
ЛАБОРАТОРИЯ  
ИШЛАРИ

995263





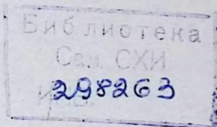


Иззатов З. Х.

621  
VI-29

# МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИ

Ўзбекистон ССР Олий ва махсус ўрта таълим ми-  
нистрлиги олий техника ўқув юртларининг барча  
ихтисосликлари студентлари учун ўқув қўлланмаси  
сифатида тавсия этилган



ТОШКЕНТ — „ЎҚИТУВЧИ“ — 1982

Рецензентлар: Тошкент енгил ва тўқимачилик саноати институтининг  
ММН ва ТМЛ кафедрасининг доцентлари М. Р. МАВЛЯВИЕВ ва  
А. У. УСМОНОВ.

Қўланма олий техника ўқув юртларининг „Механизм ва машиналар назарияси“ программаси бўйича лаборатория ишларини бажариш методларини ўз ичига олади.

Китобда лаборатория ишидан қўзланган мақсад, ҳар бир ишнинг назарий асосланиши, тажриба ўтказиш тартиби, фойдаланиладиган асбоб ва приборларининг тузилиши ва ишлаши, ўлчаш натижаларининг математик статистик ҳисоблаш усули, контрол саволлар, керакли справочник материаллари ва лаборатория ишларини бажариш топшириқлари берилди.

Иловада ҳисобот варағи ёзиш тартиби ва лаборатория ишини ўтказиш учун студент қанчалик тайёр эканлигини текширувчи программалаштирилган контрол саволлар келтирилган. Лаборатория ишлари янги ГОСТ, белгилар, терминлар, ўлчаш усуллари ва халқаро ўлчов бирлигини ҳисобга олиб ёзилди.

Қўланма барча олий техника ўқув юртларининг студентларига мўлжалланган. Ундан аспирантлар, инженер-техник ва илмий ходимлар ҳам фойдаланиши мумкин.

## СЎЗ БОШИ

Механизм ва машиналар назариясига оид ушбу лаборатория ишлари Олий техника ўқув юртларининг барча ихтисосликлари учун СССР Олий ва махсус ўрта таълим министрилиги тасдиқлаган „Механизм ва машиналар назарияси“ курси программаси асосида ёзилди.

Лаборатория ишлари барча ихтисосликларнинг ўқув графиги асосида тузилган бўлиб, назарий курсга боғлаб берилган.

Лаборатория ишларини бажаришдан асосий мақсад — Механизм ва машиналар назарияси курсида олинган назарий билимлар бўйича амалий кўникма ҳосил қилиш, ҳозирги замон ўлчаш асбоблари ва ускуналаридан фойдаланиб тажриба ўтказиш асосларини ўрганиш ва оддий амалий текширишлар меҳодини ўзлаштиришдан иборат.

Лаборатория ишларини тез ва муайян тартибда бажаришни таъминлаш учун қўлланмада ҳар қайси ишдан кўзланган мақсад, назарий ва амалий қисмлар, маъкур иш юзасидан контрол саволлар ва ҳисобот ёзиш тартиби баён этилган.

Автор китобни ёзишда терминларнинг ту-



шуиарли бўлишига мумкин қадар ҳаракат қилди. Механизм ва машиналар назариясидан лаборатория ишларини бажариш бўйича рус тилида бир неча қўлланма мавжуд бўлса ҳам, улар нашр этилганига анча вақт бўлди. Ўзбек тилида бундай қўлланманинг умуман йўқлигини назарга олиб, автор олий техника ўқув юртлари программасига мослаб, фан ва техниканинг сўнгги янгиликларини ҳисобга олгани ҳолда лаборатория ишларига оид ушбу қўлланмани ёзишни лозим топди.

Китобни ёзишда қимматли кўрсатма ва маслаҳатлар берган Ўзбекистон Фанлар академиясининг муҳбир аъзоси, т. ф. д., проф. Ҳ. Ҳ. Усмонхўжаев, т. ф. к., доцентлар М. Р. Мавлявиев ва А. У. Усмоновга муаллиф ўзининг чуқур миннатдорчилигини билдиради.

Бу китоб ўзбек тилида биринчи қўлланма бўлгани учун уни айрим камчиликлардан ҳоли деб бўлмайди. Шунинг учун қўлланма ҳақидаги фикр ва мулоҳазаларини қуйидаги адресга ёзиб юборган китобхонларга муаллиф миннатдорчилик изҳор этади. Тошкент, 129, Навоий кўчаси, 30. „Ўқитувчи“ нашриётининг умумтехника адабиёти редакцияси.

*Муаллиф*

## КИРИШ

Механизм ва машиналар назарияси фани мавжуд механизмларни анализ қилиш ва янги механизм ва машина системасини яратишнинг назарий асосидир.

КПСС нинг XXVI съезди қарорларида технология ва ишлаб чиқариш процессларини механизациялаштириш ва автоматлаштириш учун фан ва техника ютуқларини жорий қилиш асосида техникани ривожлантириш вазифалари белгиланди. Бунинг учун олий ўқув юртлари халқ хўжалиги учун келгусида юқори малакали инженер мутахассислар тайёрлаши керак.

Студентларнинг билим даражасини янада ошириш учун ўқув процессида механизм ва машиналар назарияси фанидаги сўнгги ўзгариш ва ютуқларни татбиқ этиш талаб қилинади. Бу эса ўқув жараёнида лаборатория ишларида янги техникавий воситалардан фойдаланишни ва мураккаб механизм ҳамда машиналарни текширишда янги усулларнинг илмий асосларини ўрганишни тақозо қилади.

Бўлғуси инженер машина ва механизмларнинг тузилиши, ишлаши ва ундан фойдаланишни яхши билишдан ташқари, унинг кинематик схемасини тўғри чизиш, механизмларни анализ қилиш ва лойиҳалаш, шунингдек, уларни геометрик, кинематик ва динамик параметрларини тўғри ўлчаш усулларини билиши керак.

Механизм ва машиналар назариясидан лаборатория ишлари студентларнинг ўқиш процессида олган назарий билимларини мустаҳкамлайди ва халқ хўжалигимиз учун юқори малакали инженерлар тайёрлашга ёрдам беради.

Студентлар лаборатория ишида прибор, механизм ва машина-  
нинг тузилишини ўрганади, уларни ростлаш, тажриба ўтказиш  
ва ўлчанган натижаларни математик статистик ҳисоблаш усул-  
ларини пухта ўзлаштиради. Лаборатория ишлари студентларнинг  
механизм ва машиналар назарияси фанини чуқур ўрганишда  
фикрлаш қобилиятини оширади.

Лаборатория ишларидан ўқув процессида фойдаланиш биринчи  
март Москва тўқимачилик институтида (проф. А. П. Малишев)  
ва Ҳарбий-Ҳаво академиясида (акад. Н. Г. Бруевич ва проф.  
В. В. Добровольский) ташкил қилинди. Кейинги йилларда итти-  
фоқимизнинг кўпгина бошқа олий техника ўқув юртларида ҳам  
лаборатория ишлари ташкил қилинди. Кўпгина институтларнинг  
лаборатория ўтказиш кабинетлари янги яратилган механизм ва  
машиналар билан жиҳозланган.

Тошкент политехника институтининг „Механизм ва машина-  
лар назарияси“ кафедраси ҳам ҳозирги замон механизм, ускуна  
ва қурилмалари билан таъминланган; ундан ташқари, республи-  
камиз проблемаларига тааллуқли бўлган айрим техникавий ва  
илмий йўналишларни ҳисобга олиб, янги лаборатория ишларини  
яратиш устида ишлар олиб борилмоқда. Масалан, пахтачиликни  
механизациялаштириш соҳасида яратилган пахта териш машина-  
си айланувчи қисмларининг (шпиндель, шпинделлар барабани,  
ажраткич ва бошқаларнинг) инерция моментини ва уларнинг  
кинематик параметрларини аниқлаш бўйича янги лаборатория  
ишлари ишлаб чиқилди.

Бундай ишлар студентларнинг республикамизда яратилган ва  
ишлаётган механизм ва машиналарни чуқур ўрганишига ёрдам  
беради.



## ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИНИ БАЖАРИШ ТАРТИБИ

Лаборатория ишини бажаришдан олдин ҳар бир студент лаборатория практикуми, лекция конспектлари ва ўқув китобларидан лаборатория ишига тааллуқли назарий қисмини (бўлимни) ўқиб, ишни бажариш учун тайёрланиши керак.

Ҳар бир студент лаборатория ишининг мазмуни билан батафсил танишиб, ҳар қайси ишни методик кўрсатмасидан бу ишдан кўзланган мақсад ва унинг бажарилиш тартибини аниқлаши керак. Турли параметрларни аниқловчи ўлчаш асбоби ва аппаратларини пухта ўрганиши лозим.

Лаборатория ишларини ўтказишда фойдаланилган усановка, мослама ва аппаратларнинг маркасини, техникавий характеристикасини, вазифасини, тузилиши ва ишлашини яхши билиш керак. Лаборатория иши бўйича ҳисобот варағи тайёрланади. Унда ишнинг номи, ишла фойдаланилган асбоб ва ускуналар схемаси, ўлчанадиган параметрларнинг ҳарфий белгилари, ҳисоблаш формулалари ёзилган ва зарур графиклар чизилган бўлиши керак. Тайёрланган ҳисобот варағи ўқитувчига кўрсатилади. Амалий ишни бажаришдан олдин ҳар бир студентнинг лаборатория ишини бажаришга қанчалик тайёр эканлиги, уларнинг билимлари текшириб кўрилади. Студентлар лаборатория иши юзасидан контрол саволларга жавоб бериши керак. Хавфсизлик техникаси қоидаларини пухта билиб олган студентларгагина лаборатория ишини бажаришга рухсат этилади.

Ишни бажаришда хавфсизлик техникаси қоидаларига албатта риоя қилиш лозим.

Механизм, машина ва станокларнинг схемаси, текшириш, ўлчаш ва ҳисоблаш натижалари лаборатория ишларини ҳисобга олиш журналга ёзилади. Студент барча ишларга оид ҳисоботларни тартибли равишда ёзган бўлсагина ундан заҳёт қабул қилинади.

## ХАВФСИЗЛИК ТЕХНИКАСИ ҚОИДАЛАРИ

Студентлар лаборатория ишини бажаришда шикастланмаслиги учун ҳар бир ишни бажаришдан олдин хавфсизлик техникасига

оид инструктаж олиши керак. Хавфсизлик техникаси қоидалари асосан қуйидагилардан иборат.

1. Машина ва механизмларни ўрганиш ва уларнинг керакли параметрларини ўлчаш ишлари машина тўхтаган пайтда бажарилади. Бунинг учун студент токни улаш ва ажратиш жойларини, машинани юргизиш ва тўхтатиш тузилмаларини, улардан фойдаланиш қоидаларини билиши керак.

2. Машина лаборант ёки дарсни олиб борувчи ўқитувчи рухсати билан юргизилиши керак. Машинани юргизишдан олдин студентлар огоҳлантирилиши лозим.

3. Машина ишлаб турганда механизми созлаш ва унга деталларни ўрнатиш, машинанинг айланувчи қисмларига яқин бориш ва уларга тегиш, иш жойларини тўсиб қўиш ва ҳоказолар қатъиян ман қилинади.

4. Машинанинг электр қисмларига боғлиқ бўлган ишларни фақат электрик бажариши керак.

### ЎЛЧАШ ВОСИТАЛАРИНИНГ КЛАССИФИКАЦИЯСИ

Махсус техникавий воситалар ёрдамида тажриба йўли билан физик (куч, босим, ҳаракат ва ҳоказо) бирликларнинг қийматларини аниқлаш *ўлчаш* дейилади.

Ўлчаш йўли билан аниқланган бирликларнинг қийматлари *ўлчаш натижаси* бўлади.

Ўлчаш воситаларидан фойдаланиш усуллариининг илмий асослари йиғиндис *ўлчаш методи* деб аталади.

Ўлчаш воситалари физик бирликларни ўлчаш учун ишлатилади.

Физик бирликларни ўлчаш воситалари, ўлчаш асбоблари ва ўлчаш приборларига бўлинади.

Физик ўлчаш воситалари бир ўлчамли ва кўп ўлчамли бўлади.

Масалан, тарози тоши (масса ўлчами), резистор (электр қаршилиқ ўлчами) ва бошқалар бир ўлчамлидир. Кўп ўлчамлиларга—миллиметрларга бўлинган линейка, ўзгарувчи синимли конденсатор ва бошқалар киради.

Ўлчаш асбоблари—узунлик, тирқиш, бурчак, турли профиллар ва бошқаларни ўлчаш учун ишлатиладиган оддий тузилмалар бўлиб, улар механизм звеноларининг геометрик параметрларини ўлчаш учун хизмат қилади.

Бу тузилмалар бир ўлчамли (шкаласиз) ва кўп ўлчамли (шкалали ёки стрелкали) бўлади.

Бир ўлчамли ўлчаш асбоблари, асосан, буюмларнинг шакли ва ўлчамларини шаблон, шчуп билан контрол қилиш, кўп ўлчамли асбоблар эса ўлчамларни маълум диапазонда ўлчаш (штангенциркуль, штангентишўлчагич, бурчак ўлчагич, индикатор ва ҳоказо) учун белгиланган.

Ўлчаш приборлари ўлчов маълумотларини кузатувчига тўғридан-тўғри кўрсатади. Масалан, тезликни тахометр стрелкасининг кўрсатишига қараб тез аниқлаш мумкин.

Ўлчаш воситалари турли белгиларга қараб, бир неча турга бўлинади.

1. Ишлаш принцинга кўра, ўлчаш воситалари турли физик ҳодисаларни татбиқ этишга қараб группаларга бўлинади. Масалан, узунликни ўлчаш учун механик оптик ва электр тузилмалар ишлатилади.

2. Кўрсатмани қайд қилиш усулига кўра ўлчаш воситалари кўрсатувчи ва ёзувчи приборларга бўлинади. Кўрсатувчи ўлчаш прибори ўлчанадиган бирликни шу дақиқанинг ўзидагина кўрсатади. Ёзиш прибори кўрсатмани автоматик ёзиб олувчи тузилма бўлиб, унинг ўлчаш натижалари кейин анализ қилинади.

3. Ўлчанадиган бирлиkning сон қийматини ўлчаб олиш усулига кўра ўлчаш воситалари икки группага: тўғридан-тўғри ўлчаш (баҳолаш) ва таққослаш приборларига бўлинади. Тўғридан-тўғри ўлчаш приборларига ўлчов бирликларининг қийматини санаш мосламасида кўрсатувчи тузилмалар қиради. Улар даражаларга бўлинади ва намуна ўлчаш воситалари ёрдамида текширилади. Таққословчи ўлчаш приборлари ёрдамида ўлчанадиган катталиқ (бирлик) эталон ўлчамларга таққосланади.

4. Ўлчаш аниқлигига кўра приборлар классларга бўлинади. Ўлчаш приборлари, асосан, 8 та (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0) аниқлиқ классига бўлинади. Булардан 0,05; 0,1 ва 0,2 лар намуна, 0,5; 1,0 ва 1,5 лар — лаборатория ва 1,5; 2,5 ва 4,0 лар техникавий ўлчаш аниқлиги дейилади.

Ўлчаш воситаларининг аниқлиги—ўлчаш хатолигини белгилловчи факторлардан бири ҳисобланади.

### Ўлчаш воситаларининг асосий характеристикалари

Ўлчаш воситаларининг асосий характеристикаларига хатолик, кўрсатишнинг ўзгариши (вариацияси, сезгирлик, бўлинманинг (шкаланинг) бўлиниш аниқлиги, ҳисоблаш аниқлиги ва бошқалар қиради.

Ҳисоблаш тузилмаси ёрдамида ўлчанадиган бирлиkning қиймати ва бу бирлиkning қабул қилинган бирликда ифодаланиши ўлчаш воситасининг кўрсатиши дейилади.

Физик бирлиkning эксперимент усули билан топилган қийматини ва у ҳақиқий қийматга қанчалик яқин эканлигини билдирувчи кўрсатма физик бирлиkning ҳақиқий қиймати дейилади.

Бирлиkning ҳақиқий қиймати унинг асл қиймати бўла олмайди. Исталган бирликни ўлчашда унинг асл қиймати эмас, балки тақрибий қиймати олинади. Прибор (ёки асбоб) нинг  $A_n$  кўрсатиши билан ўлчанадиган бирлиkning  $A_a$  асл қиймати айирмаси (фарқи) ўлчаш воситасининг  $\Delta A_0$  абсолют хатолигини билдиради:

$$\Delta A_0 = A_n - A_a. \quad (1)$$

Шунга кўра, ўлчанган бирлиkning асл қиймати номаълум бўлиб, унинг  $A_x$  ҳақиқий қиймати олинади. Ўлчаш воситаларининг бир хил бирликни бир хил ўлчаш шаронтида бир неча марта



(қайта-қайта) ўлчаши натижасида олинган кўрсатишлари орасидаги айирма кўрсатишнинг ўзгарувчанлиги дейилади.

Бундай ўзгарувчанлик приборнинг қўзғалувчи қисмлари таъинларида ишқаланиш пайдо бўлиши, ўлчаш пружиналарининг қолдиқ деформацияси ва бошқалар натижасида ҳосил бўлади. Ўлчаш воситасининг хатолиги унинг такомиллашганлик даражасини билдирувчи метрологик характеристикаларидан биридир.

Хатolik кўпгина сабабларга: ўлчаш воситасининг тайёрланиш технологияси ва конструкциясининг такомиллашганлиги, қўзғалувчи қисмларнинг ейилганлиги, эскирганлиги ёки бузуқлиги ва бошқа сабабларга кўра пайдо бўлади. Системали равишда пайдо бўлган хатolikни ҳисобга олиш ва уни йўқоғиш учун приборнинг ўлчаш қийматига тузатиш киритилади.

Ўлчаш приборининг номинал қийматига қўшилувчи тузатиш қиймати прибор кўрсатишининг *тузатмаси* дейилади.

Прибор (асбоб) нинг нисбий хатолиги абсолют хатolikнинг ўлчанаётган бирлигининг ҳақиқий қийматига нисбати билан аниқланади ва процент билан ифодаланади:

$$\gamma = \frac{\Delta A_0}{A_a} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Нисбий хатolik абсолют хатolikнинг ўлчаш прибори кўрсатишига бўлган нисбатига тенг. Амалда  $A_a$  ўрнига  $A_x$  қабул қилинади.

Ишлатиш учун яроқли ва рухсат этилган энг катта хатolik прибор хатосининг *рухсат этилган чегараси* деб аталади.

Ўлчаш воситасининг нормал шароитдаги хатолиги *асосий хатolik* дейилади. Атроф-муҳитнинг температураси  $20^\circ\text{C}$ , атмосфера босими 0,1 МПа, ҳавонинг нисбий намлиги 65% бўлган муҳит нормал шароит деб қабул қилинади.

Ўлчаш приборларининг аниқлик классификацияси рухсат этилган асосий хатolik қиймати бўйича белгиланади.

Ўлчаш приборининг аниқлиги ўлчаш хатolikининг қиймати билан характерланади. Приборнинг аниқлигини унинг асосий хатolik билан белгиланган бўлмайди. Ҳар бир аниқлик классификацияси рухсат этилган ўлчаш аниқлиги даражаси билан белгиланади. Одатда юқори аниқлик, асосан, нормал шароитда кузатилади.

Ўлчаш приборларининг шкаласида ўлчанадиган бирликларни ҳисоблаш учун бўлинмалар бўлади ва унга мос сонлар қўйилади. Сон қийматлари фақат асосий бўлинмаларда ёзилади.

Шкала бўлинмасининг қиймати  $C$  қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$C = \frac{\Delta A}{\Delta m}, \quad (3)$$

бу ерда  $\Delta A$  — ўлчанадиган бирлиكنинг ўзгариши;  $\Delta m$  — стрелканин шкала бўлинмасида силжиши. Приборнинг энг муҳим характеристикаларидан бири бўлчима қийматига тескари бирлик бўлиб, у ўлчаш приборининг сезгирлиги дейилади.

Ўлчаш приборининг сезгирлиги абсолют ва нисбий бўлади.

Абсолют сезгирлик:

$$S = \frac{\Delta m}{\Delta A}. \quad (4)$$

Нисбий сезгирлик:

$$S_0 = \frac{\Delta m}{\Delta A/A_x}. \quad (5)$$

Шкала бўлинмасининг қиймати қанчалик кичик бўлса, приборнинг сезгирлиги шунчалик юқори бўлади.

### ФИЗИК БИРЛИКНИ ЎЛЧАШ ХАТОЛИКЛАРИ (НОАНИҚЛИГИ)

Физик бирликлар қанчалик синчиклаб ўлчанганда ҳам бирликларнинг ҳақиқий сон қийматларини олиш қийин бўлади.

Ўлчабда айрим ноаниқликка йўл қўйилади. Бунга ўлчаш приборининг (асбобининг) ноаниқ кўрсатиши, ўлчаш усуллари-нинг такомиллашмаганлиги, ўлчаш натижаларига тасодифий факторларнинг таъсири, кузатувчининг тажрибасизлиги ва бошқа факторлар сабаб бўлади.

Ўлчанаётган бирликнинг топилган қиймати билан унинг амалий қиймати орасидаги фарқ (айирма) ўлчашнинг *абсолют ноаниқлиги (хатолиги)* дейилади:

Бунда ўлчанаётган бирликнинг  $a$  ҳақиқий қиймати қуйидагича аниқланади:

$$a = x \pm \delta, \quad (6)$$

бу ерда  $x$  — ўлчаш натижаси;  $\delta$  — абсолют ноаниқлик (хатолик).

Нисбий хатолик ўлчаш абсолют хатолигининг ўлчанаётган бирликнинг амалий қийматига нисбатига тенг. Ўлчаш натижаларининг нисбий хатолиги асосан процент билан ифодаланади:

$$\gamma = \frac{\delta}{a} \cdot 100\% \quad (7)$$

Ўлчаш натижаларининг нисбий хатолигига тескари бўлган катталиқ *ўлчаш аниқлиги* дейилади.

Масалан, ўлчаш хатолиги 0,5% (0,005) бўлса, ўлчаш аниқлиги  $2 \cdot 10^2 (1000 : 5)$  бўлади.

Ўлчаш хатолиги характери ва пайдо бўлиш сабабларига кўра, системали (мугтасил) ва тасодифий бўлади.

Тасодифий хатолик берилган бирликни ўлчабда тасодифий тарзда ўзгаради, яъни унинг пайдо бўлиши бирор қонуниятга бўйсунмайди.

Тасодифий хатоликни системали хатолик деб, ўлчаш натижаларидан чиқариб ташлаш ярамайди. Ўлчашни такрорлаб аниқ натижалар олиш мумкин. Пайдо бўлган бундай хатолик эҳтимолликлар назарияси ва математик статистик ҳисоблашлар йўли билан баҳоланади.

Тасодифий хатоликни аниқлаш учун битта бирликнинг ўзи бир хил шароитда бир неча марта ўлчанади. Бундай хатоликнинг таъсирини камайтириш учун ўлчашлар сонини ошириш керак.

Аниқланган қийматлар ўрта арифметик қиймати деб қабул қилинади. Ўлчанаётган бирлик қайта ўлчанганда доимий ёки маълум қонуният билан ўзгарувчи бирлик *системали* (мунтазам) *хатолик* деб аталади. Уларнинг тузатиш сон қийматлари аниқлангандан сўнг ўлчаш натижаларига тузатиш киритилади ёки бу хатоликни йўқотувчи ўлчаш усули қўлланилади.

Амалда мунтазам ва тасодифий хатоликларни аниқ чегаралаш қийин. Мунтазам хатоликни аниқлаш учун унинг пайдо бўлиш сабабларини билиш керак. Бу сабабларга кўра, мунтазам хатоликлар қуйидаги группаларга бўлинади:

1. Асбоб хатоликлари — ўлчаш воситасини ишлатишдаги хатолик билан боғлиқ бўлган хатоликлар. Бу хатоликлар прибор деталларининг тайёрланиш ва йиғилиш сифатига, унинг созланиши, эгилувчанлик хоссаларининг қанчалик барқарорлиги ва деталларининг чизигий ўлчамларига, приборнинг ишлатилиш вақтига, температуранинг ўзгариши ва бошқа факторларга боғлиқ.

2. Ўлчаш усулининг хатолиги. Бу хато, асосан, айрим тузатишларни ҳисобга олмаслик ва ўлчаш усулини тўла, яхши билмаслик оқибатида пайдо бўлади.

3. Ҳисоблаш хатоликлари, асосан, ўлчаш воситаларида пайдо бўлади. Бу меҳаник мувозанатлашни (тенг елкали тарозилар, маятникли приборлар ва ҳоказолар) ҳисобга олмасликдан келиб чиқади.

4. Ташқи муҳит (ҳаво оқими, магнит ва электр майдон, атмосфера босимининг ўзгариши, ҳавонинг намлиги ва бошқалар) таъсиридан ҳосил бўлган хатоликлар.

## ЎЛЧАШ НАТИЖАСИНИ МАТЕМАТИК СТАТИСТИК ҲИСОБЛАШ

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  бирликларининг  $n$  ўлчамини аниқладик, деб фараз қилайлик. Бу ҳолда ҳар бир ўлчашнинг  $\delta$  абсолют тасодифий хатоликларни бундай ифодаланади:

$$\delta_1 = x_1 - a; \quad \delta_2 = x_2 - a; \quad \delta_3 = x_3 - a; \quad \dots; \quad \delta_n = x_n - a,$$

бу ерда  $a$  — ўлчанаётган бирликнинг ҳақиқий қиймати.

Ўмумий ҳолда,  $i$  та ўлчамнинг абсолют хатолиги қуйидагича ифодаланади:

$$\delta_i = x_i - a. \quad (8)$$

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  қийматлар, кўпинча, бир-биридан фарқ қилади. Агар ўлчаш процесси бир хил шароитда ва жуда диққат билан бажарилган бўлса, олинган натижа ишончли бўлади. Шунда, ўлчаш натижалари системали хатоликдан ҳоли деб қабул қилинади.



Ўлчанаётган бирликнинг ҳақиқий қиймати кўпинча номуъалум бўлади. Шунинг учун амалда, ўрта арифметик қийматга алмаштирилади.

Ўрта арифметик қиймат қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (9)$$

Бу ҳолда  $i$  та ўлчаш натижасининг ўрта арифметик қийматдан  $\delta_i$  қадар четга чиқиши қуйидагича ифодаланади:

$$\delta_{x_i} = x_i - \bar{x}. \quad (10)$$

Айрим вақтда ўрта арифметик қийматидан ўзгариши қолдиқ хатолик деб аталади. Ўрта арифметик қийматидан ўзгаришларининг алгебраик йиғиндиси нолга тенг бўлади:

$$\sum_{i=1}^n \delta_{x_i} = 0.$$

Ўрта арифметик қийматининг бу хоссасидан ҳисоблашнинг тўғрилигини текширишда фойдаланилади.

Ўлчанаётган бирлик ҳақиқий қийматининг ўзгариш миқдори ўлчаш сонининг кўпайиши билан ошади.

Агар ўлчаш сони чексизликка интилса, барча тасодифий хатоликларнинг алгебраик йиғиндиси нолга интилади ва ўрта арифметик қиймат ҳақиқий қийматга яқинлашади ( $\bar{x} \approx a$  бўлади).

Шунинг учун тасодифий хатолик ҳамма вақт икки ишорали  $\pm \delta$  бўлади.

Бирлик қанча кўп ўлчанса, натижа шунча аниқ чиқади. Амалда 3...5 марта ўлчаниб, ўрта арифметик қиймат аниқланади.

$i$  та ўлчашларнинг абсолют тасодифий (ўрта квадратик) хатолиги  $\sigma_{\bar{x}}$  қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}, \quad (11)$$

бу ерда

$$x_1 - \bar{x} = \delta_{x_1}; \quad x_2 - \bar{x} = \delta_{x_2}; \quad x_3 - \bar{x} = \delta_{x_3}; \dots; \quad x_n - \bar{x} = \delta_{x_n},$$

у ҳолда, ҳар бир ўлчашнинг нисбий хатолиги қуйидагича бўлади:

$$\gamma_{\bar{x}} = \frac{\delta_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100\%. \quad (12)$$

Амалда машина ва механизмларнинг геометрик, кинематик ва динамик параметрларини ҳисоблаш натижаларининг аниқлиги эҳтимоллик хатоликлар билан белгиланади. Ўлчашларнинг аб-

солют эҳтимоллик хатолиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta^2 x_i}{n-1}}. \quad (13)$$

Ўлчаш натижалари қуйидагича ифодаланади:

$$x = \bar{x} \pm \sigma_{\bar{x}}. \quad (14)$$

Бу ифода ҳақиқий  $x$  қийматнинг ўрта арифметик  $\bar{x}$  қийматдан қанча катта ёки кичик эканлигини билдиради.

Мисол. Айланувчи валнинг айланиши тахометр билан ўлчанганда айланиш частоталари қуйидагича чиқди:

$$n_1 = 82 \text{ айл/мин}, \quad n_2 = 69 \text{ айл/мин}, \quad n_3 = 75 \text{ айл/мин},$$

$$n_4 = 71 \text{ айл/мин}, \quad n_5 = 73 \text{ айл/мин}.$$

Ўлчаш натижаларининг хатоликлари аниқлансин.

Ечмш. Ўлчаш натижаларининг биричиси бошқаларидан катта фарқ қилгани учун уни ҳисобга олмай, қолганларининг ўрта арифметик қиймати ҳисобланади:

$$\bar{n} = \frac{n_2 + n_3 + n_4 + n_5}{4} = \frac{69 + 75 + 71 + 73}{4} = 72 \text{ айл/мин}.$$

Айрим ўлчаш натижаларининг ўрта арифметик қийматдан четга чиқиши аниқланади:

$$\delta_{n_2} = n_2 - \bar{n} = 69 - 72 = -3$$

$$\delta_{n_3} = n_3 - \bar{n} = 75 - 72 = 3$$

$$\delta_{n_4} = n_4 - \bar{n} = 71 - 72 = -1$$

$$\delta_{n_5} = n_5 - \bar{n} = 73 - 72 = 1$$

Ҳисоблашнинг қанчалик тўғри бажарилганлиги текширилади

$$\sum_{i=1}^n \delta_{n_i} = \delta_{n_2} + \delta_{n_3} + \delta_{n_4} + \delta_{n_5} = -3 + 3 - 1 + 1 = 0.$$

Ўрта квадратик хатолик аниқланади:

$$\sigma_{\bar{n}} = \sqrt{\frac{\delta_{n_2}^2 + \delta_{n_3}^2 + \delta_{n_4}^2 + \delta_{n_5}^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(-3)^2 + (+3)^2 + (-1)^2 + (+1)^2}{4-1}} = 2,6 \text{ айл/мин}.$$

демак,

$$x = \bar{x} \pm \sigma_{\bar{n}} = 72 \pm 2,6 \text{ айл/мин}$$

бўлади. Нисбий хатолик:

$$\gamma_{\bar{n}} = \frac{\sigma_{\bar{n}}}{\bar{n}} 100 = \frac{2,6}{72} 100 = 3,6\%.$$

## ЎЛЧАШ УСУЛЛАРИ

Ўлчанадиган бирликларни аниқлаш принципига кўра ўлчаш усуллари бевосита ва бавосита, дифференциалланган ва комплекс турларга бўлинади.

Текширилаётган деталнинг ўлчами ёки ўлчамининг ўзгариш қийматлари тўғридан-тўғри ўлчам қиймагларида ёки ўлчаш приборининг (асбобининг) кўрсатиши билан аниқлаш усули бевосита ўлчаш усули деб аталади.

Бу усул валнинг диаметрини микрометр билан, тишнинг геометрик параметрларини штангенциркуль билан ва ҳоказо ўлчашда қўлланилади.

Бевосита ўлчаш усулининг турларига абсолют, нисбий, нолавий ва таққослаш усуллари киради.

**Абсолют усул** ёрдамида ўлчанаётган бирликнинг қиймати ўлчаш воситасининг кўрсатишидан тўғридан-тўғри олинади. Ўлчанаётган бирликнинг қиймати прибор стрелкаси ва ўзи ёзар приборлар (динамометр, вольтметр, амперметр, индикатор) ёрдамида аниқланади.

Бу усулнинг афзаллиги шундаки, ўлчаш процесси тез ўтади. Камчилиги ўлчаш аниқлиги чегараланган. Кейинги вақтда стрелкали приборлар ўрнига рақамли ҳисоблаш приборлари кенг қўламда ишлатила бошлади.

**Нисбий усул** ёрдамида қиймати маълум бўлган бирлик билан аниқланаётган бирликнинг айирмаси ўлчанади. Масалан, узунлик ўлчами  $l$  маълум бўлган деталь ёрдамида  $x$  узунлик ўлчанади. Бу узунликларнинг айирмаси  $a = x - l$  ўлчаниб, сўнгра  $x = l + a$  аниқланади. Ўлчам узунлиги шундай танланганики,  $x - l$  айирма иложи борица кичик бўлади. Айирма қанча кичик бўлса, ўлчаш аниқлиги шунча юқори бўлади. Нисбий усулнинг аниқлиги абсолют усулникига қараганда юқори. Шунинг учун бу усул турли ўлчаш ишларида кўп қўлланилмоқда.

**Нолавий усул** ёрдамида ўлчанаётган бирликнинг қиймати маълум бўлган бирлик қиймати билан таққосланади. Маълум қийматни шундай танлаш керакки, ўлчанаётган ва маълум бирликлар қийматларининг айирмаси нолга тенг бўлсин. Улар қийматларининг нолга тенг бўлганлиги индикатор ёрдамида аниқланади.

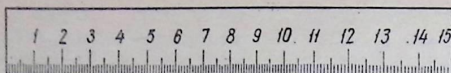
**Нолавий усулга** тарозида юкларни тортиш мисол бўла олади. Нолавий усул, кўпинча, электр бирликларини — қаршилиқ, сиеим ва индуктивликни аниқлашда кенг қўлланилади.

**Таққослаш усули** ёрдамида турли бирликлар (айланиш частотаси, тебраниш частотаси ва бошқалар) стротоскопик (одам кўзининг кўринган тасвири маълум вақт ичида сақлаб туриш хусусияти) эффектни татбиқ этиш асосида аниқланади. Стротоскопик тахометр ана шу принцип асосида ишлайди.

Ўлчаш воситасининг ва текшириладиган деталнинг бир-бирига таъсир қилиш принципи асосида ўлчаш усуллари контактли ва контактсиз турларга бўлинади.

Контактли усул билан ўлчашда ўлчанадиган деталнинг юзасига





1- шакл.

Ўлчаш прибори (асбоби) нинг юзаси тўғридан-тўғри тегади. Масалан, валнинг диаметри штангенциркуль билан ўлчанганда штангенциркуль лаблари валнинг юзасига тегади. Контактсиз усулда ўлчанаётган деталь билан ўлчаш воситаси орасида контакт тегиш бўлмайди. Масалан, резьба профилининг бурчагини микроскоп ёрдамида ўлчашда контакт бўлмайди.

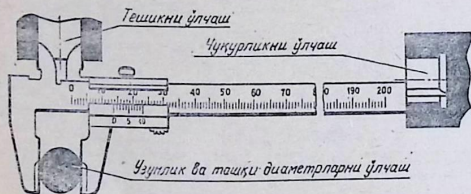
Контактсиз усулда ўлчаш хатолиги контактли усулдагига қараганда кам бўлади.

## ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ ВА ПРИБОРЛАРИ

Механизм ва машиналар назариясидан лаборатория ишларини бажаришда, асосан, қуйидаги асбоблар: масштабни линейка, штангенциркуль, штангентишўлчагич, индикатор, тахометр ва бошқалар ишлатилади. Шу асбоблар билан қисқача танишиб чиқамиз.

Масштабни линейка — узунлик ўлчаш асбобларидан бири (1-шакл). У листовий асбобсозлик пўлатидан, кенглиги 10 . . . 25 мм ли полуса тарзида ясалади. Унинг юзасида 1; 0,5 ва 0,25 мм оралиқда бўлинмалар кертилган. Бу бўлинмалар линейканинг ўлчаш шкаласи бўлади. Ҳисоблашни осонлаштириш учун ҳар 0,5 см оралиқдаги бўлинма узунроқ, 1 см оралиқдагиси эса узун чизиқча тарзида кертилган. Линейка ёрдамида 0,5 мм аниқликкача ўлчаш мумкин. Линейканинг ўлчаш узунлиги 100 . . . 1000 мм ли қаттиқ ва 150 . . . 500 мм ли эгилувчан хиллари бўлади.

Штангенциркуль — деталларнинг баландлиги ва чуқурлигини ички ва сиртқи ўлчамларини ўлчаш асбоби (2- шакл). У штанга (масштабни линейка), нониус рамкаси, қўзғалмас ва қўзғалувчан лаблар (жағлар) дан иборат. Штангенциркуль 0,1; 0,05 ва 0,02-аниқликкача ўлчайди. Ўлчаш чегараси 0 . . . 125, 0 . . . 150, 0 . . . 200-0 . . . 250; 0 . . . 300 мм бўлган штангенциркуллар ишлаб чиқарилади. Ўлчаш чегараси 125 мм дан ошиқ бўлган барча штанген-



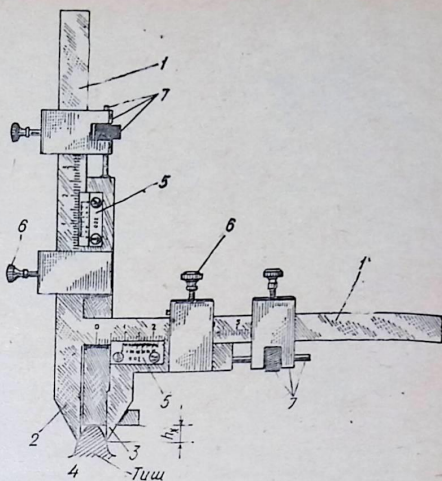
2- шакл.

циркулларнинг нониус рамкаси (ўлчаш вақтида яхши силжиши учун) микрометр билан жиҳозланган.

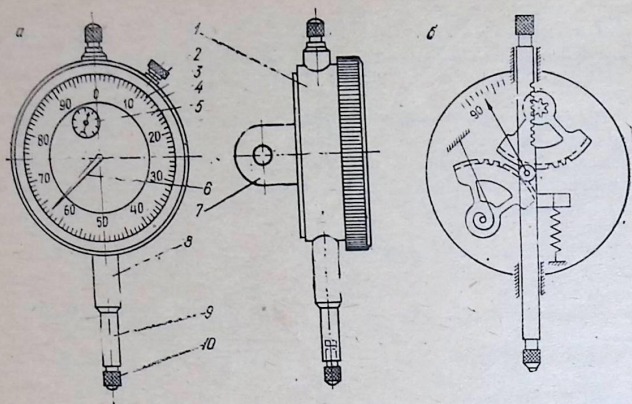
**Штангентишўлчагич** — тишли филдиракларнинг тиш каллаги айланасидан маълум оралиқда тишнинг қалинлигини ўлчаш асбоби (3-шакл). У ўзаро  $90^\circ$  қилиб йиғилган икки штангенциркулдан иборат. Вертикал штангенциркуль шкаласи тишнинг берилган баландликка, горизонтал штангенциркуль шкаласи эса тишнинг қалинлигини ўлчашга ўрнатиш учун хизмат қилади. Тишнинг баландлиги бўйича керакли қалинлиги 5 нониус рамкаси билан бирлашган қўзғалувчи 4 таянч воситасида ўлчанади.

Штангентишўлчагич икки хил қилиб тайёрланади, уларнинг бири модули 1 дан 18 мм гача бўлган тишли филдираклар, иккинчиси эса 5 дан 35 мм гача бўлган тишли филдираклар учун мўлжалланган. Уларнинг ҳисоблаш аниқлиги 0,02 мм гача бўлади.

Тишнинг қалинлигини ўлчаш учун аввал штанга лаблари 2 нинг учи билан таянч оралиғи керакли тишнинг  $h_x$  баландлигига ўрнатилади. Таянч қўзғалмас қилиб маҳкамланади. Сўнгра горизонтал штангенинг қўзғалувчи лаби 3 қўзғалмас лаби 2 томонга секин сурилиб, тиш қисилади. Штанга шкаласи 1 ва нониус шкаласи 5 бўйича тишнинг  $S_x$  қалинлиги ҳисобланади. Индикатор — дегаль юзларининг тўғри геометрик шаклдан ўзгаришини ва катта бўлмаган чизигий силжишлар ва нисбий ўлчамларни ўлчаш учун ишлатилади. Улар, асосан, таққослаш усулига асосланган. Соат типидagi индикаторлар, асосан, подшипниклардаги зазор (тирқиш) электрик двигателъ роторининг мувозанатланмаган ҳолатида тебраниш амплитудасини ўлчашда ишлатилади. Ўлчаш чегараси 0...3 мм, 0...5 мм ва 0...10 мм бўлган уч хил индикаторлар ишлаб чиқарилади. Индикаторни ўлчаш мосламасига керакли ҳолатда ўрнатиш учун унда универсал стойка ва штатив тузилмаси бор. Индикатор (4-шакл, а) асосан, цилиндрик 1 корпус ва унинг икки втулкасига ўрнатилган ўлчаш стержени 9 дан иборат. Корпуснинг

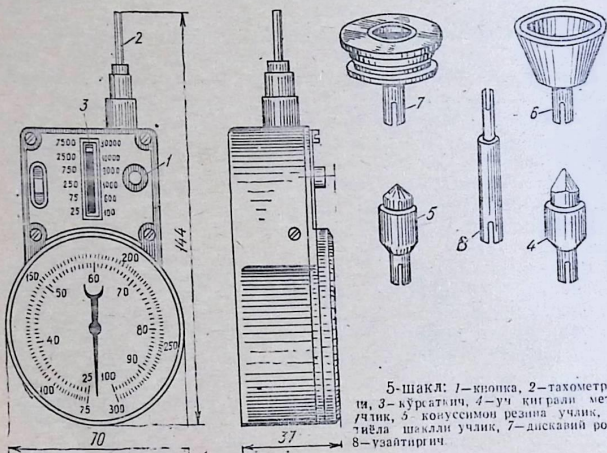


3-шакл.



4-шакл.

ичига ўлчаш стерженининг илгариланма-қайтар ҳаракатини стрелканинг айланма ҳаракатига айлантирувчи тишли узатма (4- шакл, б) жойлаштирилган. Стержень 1 мм силжишида катта стрелка бир



5-шакл: 1—кнопка, 2—тахометр ва-  
ли, 3—курساتкич, 4—уч қил ради металл  
учик, 5—конуссимон резина учик, 6—  
тиёла шакли учик, 7—дисканый ролик  
8—ўзайтирич.



марта тўла айланади. Шунда кичик стрелка шкала бўйича 1 бўлинмага бурилади. Миллиметрнинг юздан бир улуши циферблат айланаси 100 қисмга бўлинган белгилардан аниқланади. Индикатор стрелкаси нолга гардишча 4 ёрдамида ўрнатилади.

**Тахометр** — двигатель валининг айланишлар частотасини ўлчаш учун хизмат қилади. Дастаки ва колонкага ўрнатилган тахометрлар ишлаб чиқарилади. Тахометр учта учлик ва узайтиргич билан таъминланади. Уч қиррали металл учлик кичик айланишларни ўлчашда ишлатилади. Иккита резинали учлик (конус учлик валда тешик бўлганда, валда тешик бўлмаганда эса пиёла шаклли учлик) катта тезликда айланувчи валларнинг айланишлар частотасини ўлчашда ишлатилади (5-шакл).

Дастаки тахометр 25 дан 30000 гача бўлган айланиш частоталарини ўлчаш учун ишлатилади.

## 1-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### МЕХАНИЗМНИНГ КИНЕМАТИК СХЕМАСИНИ ЧИЗИШ ВА УНИНГ СТРУКТУРАСИНИ ТЕКШИРИШ

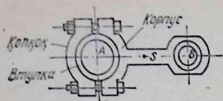
Ишдан қўзланган мақсад. Механизмнинг схемасини чизиш ва унинг тузилишини анализ қилиш. Ишни бажариш учун ҳар бир студентга битта модель ва исталган бир механизмнинг кинематик схемаси берилади. Механизмнинг геометрик параметрларини ўлчаш, чизиш ва уни текшириш усуллари моделдан, схемани тўғри ўқий билиш ва текшириш усуллари эса кинематик схемадан ўрганилади.

### Ишнинг назарий асосланиши

Мавжуд механизмни текширишда ёки янги механизм лойиҳалашда унинг структурасини, яъни қўзғалувчан звенолар сони билан уларнинг ўзаро бирлашиш усулини, механизмнинг ҳосил бўлишини ва етакчи звенодан етакланувчи звеноларга ҳаракат узатиш тартибини аниқ билиш керак.

Бир ёки бир неча жисмнинг ҳаракатини бошқа жисмнинг фойдали ҳаракатига айлантирувчи жисмлар системаси *механизм* деб аталади. Механизм бир неча звено ва кинематик жуфтлардан тузилади. Механизм таркибига кирувчи қаттиқ жисм *звено* деб аталади.

ММН курсида абсолют қаттиқ жисмдан ташқари, деформацияланувчи ва эгиловчи жисмлар ҳам қаттиқ жисм дейилади. Звено бир ёки бир неча деталдан тузилган бўлади. Звенолар бир-бири билан ўзаро қўзғалувчан қилиб бирлаштирилади. Кинематик жуфт бир-бирига нисбатан ҳаракатланувчи икки ёки ундан ортиқ звенодан иборат бўлади. Масалан, 6-шаклда кўрсатилган звено — шатун бир неча деталлардан: корпус, қопқоқ, втулка, болт, шплинтдан йиғилган. Звенолар ҳаракат қилиш-қилмаслигига қараб, қўзғалмас ва қўзғалувчан бўлади. Қўзғалмас звено *стойка* дейилади.

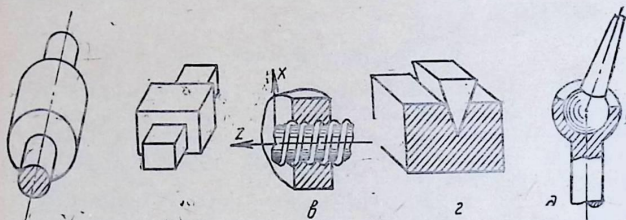


6-шакл.

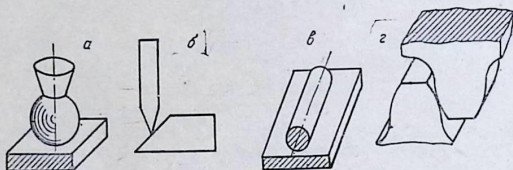
Стойкалар тузилишига қараб бир неча хил бўлади. Қўзғалувчи звенолар кириш, чиқиш ва бирлаштириш звенолари ёки оралиқ звеноларга бўлинади. Кўпинча, механизмда кириш ва чиқиш звеноси бўлиб, кириш звеноси ҳаракатни двигателдан олади. Чиқиш звеноси эса машинанинг иш органига ёки приборнинг кўрсаткичига уланади. Бир неча кириш ва чиқиш звеноли механизмлар ҳам бўлади. Масалан, автомобиль дифференциалида двигателдан ҳаракат олувчи битта кириш звеноси ва кетинги ғилдираклари бирлашган иккита чиқиш звеноси бор.

Механизмлар динамикасида звенога қўйилган ташқи кучларнинг бажарган элементар иши мусбат бўлса, бу звено *етакчи звено* деб, манфий ёки ноль бўлганда эса *етакланувчи звено* деб аталади. Бунда ҳаракатнинг турига қараб, кириш звеноси ёки чиқиш звеноси етакчи ёки етакланувчи звено бўлиши мумкин.

Кинематик жуфтлар: 1) кинематик элементларнинг характери, 2) звеноларнинг нисбий ҳаракати, 3) звенолар ҳаракатига қўйилган боғланиш шартлари сони каби белгиларига қараб, турларга бўлинади. Икки звенонинг ўзаро ҳаракатида уриниш жойи жуфтнинг *кинематик элементи* дейилади. Элементнинг шаклига қараб, кинематик жуфтлар қуйи ва олий жуфтларга бўлинади. Қуйи жуфтларда звенолар ўзаро юза бўйича (7-шакл, а, ..., д), олий жуфтларда эса нуқта (8-шакл, а, б) ёки чизик (8-шакл, в, г, д)



7-шакл.



8-шакл.

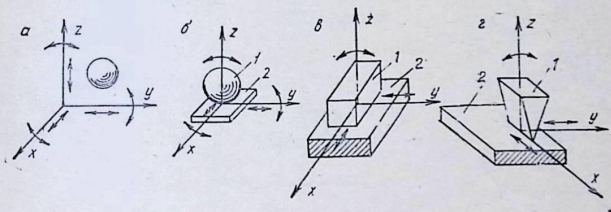
бўйича уринали. Звеноларнинг ўзаро нисбий ҳаракатига қараб, кинематик жуфтлар текис ва фазовий бўлади. Кинематик элементнинг шакли ва уриниш характери звеноларнинг текис нисбий ҳаракатини ҳосил қилса, бу жуфт текис кинематик жуфт бўлади (9-шакл, а), қолган жуфтлар фазовий кинематик жуфтлардир. Масалан, 9-шакл, а да кўрсатилган шарнирнинг 1 ва 2 звенолари бир текисликда ҳаракатланса, 9-шакл, б да фазовий шарнирдаги шар фазода  $x, y, z$  ўқлар бўйлаб ҳаракат қилади. Кинематик жуфтни ташкил этувчи элементларнинг нисбий ҳаракатига қўйилган чеклар (боғланиш шартлари) сони бўйича кинематик жуфтлар 5 та классга бўлинади.

Маълумки, эркин жисм фазода ҳаракатланганда унинг эркинлик даражалари сони 6 га тенг бўлади, яъни жисм  $x, y, z$  координата ўқлари бўйлаб боғлиқсиз учта илгариланма ва шу ўқлар атрофида учта айланма ҳаракат қила олади. Унинг эркинлик даражалари сони  $H=6$  ва боғланиш шартлари сони  $S$  нолга тенг (10-шакл, а). Боғлиқсиз мумкин бўлган ҳаракатлар стрелкалар билан кўрсатилган. Агар шарни текислик билан боғласак, у кинематик жуфт ҳосил қилиб, 5 та боғлиқсиз ҳаракатланиши мумкин, яъни унинг эркинлик даражалари сони  $H=5$  бўлади.

Шар текисликда  $x, y, z$  ўқлар атрофида 3 та айланма ва  $x, y$  ўқлар бўйлаб иккита илгариланма ҳаракат қилади (10-шакл, б). Демак, шарнинг текисликдаги нисбий ҳаракатига қўйилган боғланиш шартлари сони

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

бўлади. У I класс кинематик жуфтидир.



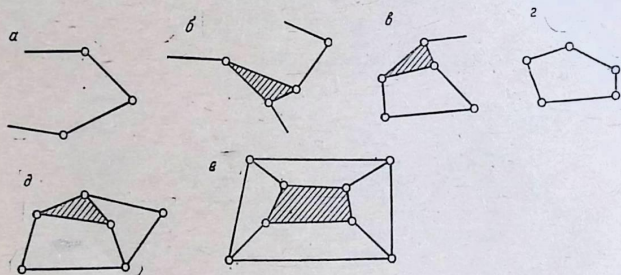
10-шакл.



Демак, 1 класс кинематик жуфтда боғланиш шартлари сони 1 га, ҳаракатнинг эркинлик даражалари сони эса 5 га тенгдир.

2-класс кинематик жуфтда боғланиш шартлари сони 2 га, ҳаракатнинг эркинлик даражалари сони эса 4 га тенг ва ҳоказо. Худди шу каби мулоҳаза юритсак, текисликда ётган цилиндр (8-шакл, в) иккинчи класс кинематик жуфтни, ичи ковак шар билан сферик шар (7-шакл, д) ва текисликда ётган параллелепипед (10-шакл, в) ва призма (10-шакл, з) III класс, втулка ичида ҳаракатланувчи цилиндр (7-шакл, а) IV класс, ковак параллелепипед ичида жойлашган яхлит параллелепипед (7-шакл, б) ҳамда винтли туташма (7-шакл в) V класс кинематик жуфтларни ташкил қилади. Шунн таъкидлаб ўтиш керакки, боғланиш шартлари сони, яъни кинематик жуфтнинг классини аниқлашда фақат ўзаро боғлиқсиз ҳаракатларни ҳисоблаш керак. Масалан, винтли кинематик жуфт бир пайтда болт гайкага нисбатан фақат айланма ҳаракат қилмасдан, унга нисбатан илгариланма ҳаракат ҳам қила олади. Лекин илгариланма ҳаракат айланма ҳаракатга боғлиқ бўлади: бу жуфт V класс кинематик жуфт бўлади.

**Кинематик занжир.** Кинематик жуфт ёрдамида ўзаро боғланиб ҳаракатланувчи звенолар системаси *кинематик занжир* дейилади. Барча кинематик занжирлар текис ва фазовий гуруппаларга бўлинади. Кинематик занжирларнинг битта звеноси маҳкамланганда қолган звенолар шу звено текислигига параллел ва текислик бўйича ҳаракатланса, у текис кинематик занжир бўлади. Кинематик занжирлар оддий ва мураккаб бўлади. Ҳар бир звенода кинематик жуфтлар сони иккидан ошиқ бўлмаган занжир оддий кинематик занжир дейилади (11-шакл, а). Ҳар бир звенода кинематик жуфтлари сони иккидан ортиқ бўлган занжир мураккаб занжир деб аталади (11-шакл, б). Оддий ва мураккаб занжирлар, ўз навбатида, очиқ ва ёпиқ занжирларга бўлинади. Битта кинематик жуфти бўлган звеноли занжир *очиқ оддий* (11-шакл, а) ва *очиқ мураккаб* (11-шакл, б, в) кинематик занжир дейилади. Ҳар бир

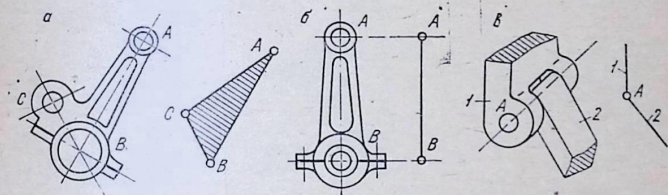


11-шакл.

звеносининг кинематик жуфтлари сони иккитадан кам бўлмаган занжир ёпиқ оддий(11-шакл, *г*) ва ёпиқ мураккаб( 11-шакл, *д, е*) кинематик занжир деб аталади. Ёпиқ кинематик занжирнинг битта звеноси қўзғалмас (стойка) қилиниб етакчи звенога ҳаракат берилса, қолган звенолари маълум мажбурий ҳаракат қилувчи механизм ҳосил қилади. Агар механизм қўзғалувчи звеноларининг барча нуқталари бир ёки параллел текисликларда ҳаракат қилса, у *текис* (ясси) *механизм* деб аталади. Текис механизмда фақат IV ва V класс кинематик жуфтлар бўлади. Механизм олий ва қуйи кинемагик жуфтли бўлади. Олий кинематик жуфтлар IV класс, қуйи кинематик жуфтлар айланма ва илгариланма ҳаракатланувчи V класс кинематик жуфтга киради. Механизмларнинг кинематик схемасини чизишда кинематик жуфт ва звенолар шартли белгилар ёрдамида кўрсатилади.

### Механизмнинг кинематик схемаси

Механизмни текшириш ва лойиҳалаш унинг схемасини чизишдан бошланади. Механизмнинг схемасидаги кинематик жуфт ва звенолар шартли белгилар билан тасвирланади. Механизм схемаси структур ва кинематик бўлади. Ўлчамлари кўрсатилмай чизилган схема механизмнинг *структур схемаси* деб аталади. У механизмнинг структурасини (тузилишини) текшириш мақсадида чизилади. Механизмнинг кинематикасини ва динамикасини текшириш мақсадида звеноларнинг узунлиги ҳамда стойкаларининг жойланиши кўрсатилиб чизилган схема *кинематик схема* дейилади. Механизмнинг кинематик схемасини чизишда текширилаётган механизмнинг ёки моделнинг вазифаси, деталларининг тузилиши ва звеноларининг ҳаракатини яхши билиш керак. Механизм таркибига кирувчи звеноларнинг ва кинематик жуфтларнинг турини, сонини ҳамда қандай жойлашганлигини аниқлаш лозим. Кинематик схемани оддий, тўғри, аниқ ва тез чизиш бўлажак инженернинг асосий вазифасидир. Кинематик схемада механизмнинг кинематикасини текширишга тааллуқли бўлган қисмлар кўрсатилиши зарур. Звенолар ва кинематик жуфтларни схемада тасвирлашда уларнинг тузилиши, шакли ҳисобга олинмасдан,



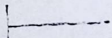
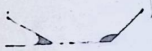
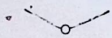
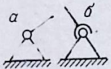
12-шакл.

фақат кинематик жуфтининг ҳолати ва звеноларнинг геометрик хусусиятлари белгиланади. Масалан, шатуннинг 12- шакл, *а, б* да берилган схемасини кўрсатишда уни ташкил қилган барча деталларни чизмай, фақат втулка ўқларининг ҳолати, яъни айланма кинематик жуфтлар доира (шарнир) шаклида, уларни бирлаштирувчи қаттиқ жисм эса чизиқ тарзида тасвирланади. Худди шунингдек, 12- шакл, *в* да кўрсатилган 1 ва 2 звеноларнинг ўзаро боғланиши битта айланма кинематик жуфт, яъни А шарнир тарзида тасвирланади. Схемадаги етакчи звено асосан қўзғалмас звено—стойка билан кинематик жуфт ёрдамида бирлашиб, у стрелка билан белгиланади. 1- жадвалда айрим кинематик жуфтлар ва звеноларнинг шартли белгилари, 2- жадвалда эса ҳаракат йўналишлари келтирилган.

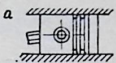
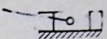
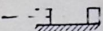
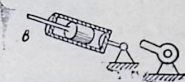
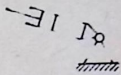
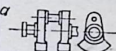
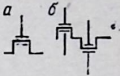
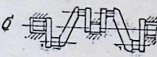
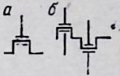
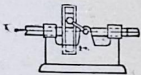
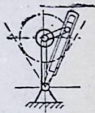
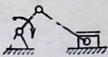
Машина ва механизмларнинг кинематик схемалари конструкторлик ҳужжатларининг ягона системаси ЕСКД — (единая система конструкторских документации) бўйича ГОСТ 2. 703-68 ва ГОСТ 2. 721-68 ГОСТ 2. 770-68 шартларига мувофиқ равишда чизилади.

1-жадвал

Кинематик схемада ишлатиладиган шартли график белгилар

| Номи                                                                               | Шакли                                                                                                                                                                                                                                                                              | Шартли белгиси                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вал, ўқ, валик, стержень, шатун ва бошқалар.                                       |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                   |
| Стерженьнинг қўзғалмас қилиб маҳкамланиши                                          |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                   |
| Стерженьнинг бикр қилиб бирлаштирилиши                                             |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                  |
| Стерженьнинг шарнир ёрдамида бирлаштирилиши                                        |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                 |
| Стерженьнинг шар ёрдамида бирлаштирилиши                                           |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                 |
| Стержень учун таянч (стойка):<br>а) қўзғалмас<br>б) қўзғалувчи                     | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div><i>а</i> </div> <div><i>б</i> </div> </div> | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div><i>а</i> </div> <div><i>б</i> </div> </div> |
| Стерженьнинг стойка билан уланиши:<br>а) шарнир ёрдамида<br>б) шар шарнир ёрдамида | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div><i>а</i> </div> <div><i>б</i> </div> </div> | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div><i>а</i> </div> <div><i>б</i> </div> </div> |



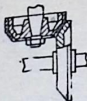
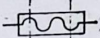
| Номи                                                 | Шакли                                                                               | Шартаи белгиси                                                                      |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Цилиндр поршень билан қўшилганда:                    |                                                                                     |                                                                                     |
| а) ползуннинг шатунга уланиши                        |    |    |
| б) ползуннинг штокка уланиши                         |    |    |
| в) ползуннинг тебранма ҳаракатланиши                 |    |    |
| Тирсакли валнинг шатун билан уланиши:                |                                                                                     |                                                                                     |
| а) бир тирсакли                                      |    |    |
| б) кўп тирсакли                                      |    |    |
| Карданли бирикма                                     |    |    |
| Илгариланма ҳаракатланувчи кулисали механизм         |    |    |
| Тебранма (бурилма) ҳаракат қилувчи кулисали механизм |   |   |
| Кривошип-ползунли механизм                           |  |  |
| Храповикли механизм                                  |  |  |

| Номи                                  | Шакли | Шартли белгиси |
|---------------------------------------|-------|----------------|
| Деталнинг вал билан би-<br>рикиши:    |       |                |
| а) эркин айланувчи                    |       |                |
| б) айланмасдан силжув-<br>чи          |       |                |
| в) қўзғалмас                          |       |                |
| Икки валнинг бирикиши:                |       |                |
| а) қўзғалмас                          |       |                |
| б) эластик                            |       |                |
| в) тишли муфта ёрдами-<br>да          |       |                |
| г) сақлагич муфта ёрда-<br>мида       |       |                |
| Валга мақкамланган по-<br>ғонали шкив |       |                |
| Тишлашиш муфтлари:                    |       |                |
| а) кулачокли, бир томон-<br>лама      |       |                |
| б) кулачокли, икки то-<br>монлама     |       |                |
| в) фрикцион конусли бир<br>томонлама  |       |                |

| Номи                                      | Шакли | Шартли белгиси |
|-------------------------------------------|-------|----------------|
| Подшипниклар:                             |       |                |
| а) сирпаниш, радиал                       |       |                |
| б) сирпаниш, тирак, бир томонлама         |       |                |
| в) юмалаш, радиал                         |       |                |
| г) юмалаш, радиал роликли                 |       |                |
| д) юмалаш, радиал ўзи ўрнашувчи           |       |                |
| е) юмалаш, радиал, роликли, ўзи ўрнашувчи |       |                |
| ж) юмалаш, радиал тирак, бир томонлама    |       |                |
| з) юмалаш, тирак, шарикли, бир қаторли    |       |                |
| Тормозлар:                                |       |                |
| а) конуссимон                             |       |                |
| б) колодки                                |       |                |
| в) лентали                                |       |                |



| Номи                                                   | Шакли | Шартли белгиси |
|--------------------------------------------------------|-------|----------------|
| г) диски                                               |       |                |
| Узатмалар:                                             |       |                |
| 1. Тишли узатмалар:                                    |       |                |
| а) цилиндрик (хиллари аниқланмай, умумий белгиланиши)  |       |                |
| б) конуссимон (хиллари аниқланмай, умумий белгиланиши) |       |                |
| в) рейкали (хиллари аниқланмай, умумий белгиланиши)    |       |                |
| г) айқаш (червякли)                                    |       |                |
| Ҳаракат узатувчи винт                                  |       |                |
| Ҳаракат узатувчи винтдаги гайка:                       |       |                |
| а) ажралмас                                            |       |                |
| б) ажралувчи                                           |       |                |
| 2) Тасмали узатма                                      |       |                |
| 3) Занжирли узатма                                     |       |                |
| 4) Фрикцион узатмалар:                                 |       |                |
| а) цилиндрик                                           |       |                |

| Номи                             | Шакли                                                                             | Шартли белгиси                                                                    |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| б) конуссимон                    |  |  |
| Электрик двигатель               |  |  |
| Насослар:<br>а) шестерняли       |  |  |
| б) винтавий                      |  |  |
| в) марказдан қочма пар-<br>ракли |  |  |

2- жадвал

| Ҳаракат йўналиши                                            | Шартли белгиси                                                                      |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Илгариланма ҳаракати                                     |                                                                                     |
| а) бир томонга йўналган (шаклда ўнг томонга)                |  |
| б) икки йўналишда                                           |  |
| в) илгариланма-қайтар                                       |  |
| г) тўхтаб-тўхтаб (шаклда ўнг томонга) ҳаракатланиш          |  |
| д) ҳаракатни ўзгартириш                                     |  |
| е) ҳаракатни чегаралаш                                      |  |
| ж) маълум оралиққа (шаклда 20 мм га) силжиш                 |  |
| II. Айланма ҳаракати                                        |                                                                                     |
| а) бир томонга (шаклда —соат стрелкаси бўйича) айла-<br>ниш |  |
| б) тебранма (бурилма)                                       |  |

| Ҳаракат йўналиши                                                          | Шартли белгиси                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| в) тўхтаб-тўхтаб (шаклда—соат стрелкаси бўйича)                           |  |
| г) икки томонга айланиш                                                   |  |
| д) ҳаракатни ўзгартириш                                                   |  |
| е) ҳаракатни чегаралаш                                                    |  |
| ж) маълум бурчакка (шаклда — $30^\circ$ га) бурилиш                       |  |
| III. Винтавий ҳаракат                                                     |  |
| IV. Ҳаракатларни созлаш:                                                  |                                                                                   |
| а) умумий белгиси                                                         |  |
| б) текис ҳаракат                                                          |  |
| в) поғонали (поғоналар сони кўрсатилмаганда)                              |  |
| г) поғонали (поғоналар сони кўрсатилганда — шаклда—поғона сони 4 га тенг) |  |
| д) тасмали поғонали узатма (шаклда — 3 поғонали)                          |  |

Машинанинг кинематик схемаси механизмларга ҳаракат уза-  
тиш плани кўринишида бўлиб, одатда, ёйилма шаклида бўлади.

Кинематик схемада иш органларининг берилган ҳаракатини кон-  
трол қилиш, бошқариш ва созлаш учун белгиланган барча кине-  
матик элементлар тасвирланиши керак. У схемада иш органла-  
рининг ўзида (ичида) айрим жуфтлар, занжирлар ва группалар  
орасида кўзда тутилган кинематик боғланишлар ва ҳаракат ман-  
баига бирлашиш усуллари кўрсатилиши лозим. Схемада ҳар бир  
кинематик группа элементининг номи ва чизиқлари ёрдамида барча  
кинематик группаларнинг асосий характеристикалари кўрсатилади.  
Машинанинг барча қисмлари схемада шартли графикавий белгилар  
ёки оддий контур чизиқлар кўринишида тасвирланади. Схемадаги  
шартли график белгилар ўлчамларининг нисбатлари машинадаги  
бу қисмларнинг ҳақиқий нисбатларига тахминан тўғри келиши  
керак. Валлар, ўқлар, стерженлар, шатунлар, кривошиплар ва  
ҳоказолар  $S$  қалинликдаги чизиқлар билан чизилади; контур чизиқ-  
лари билан соддалаштириб тасвирланган элементлар, шунингдек,  
шестернялар, червяклар, юлдузчалар, кулачоклар  $S/2$  қалин-  
ликдаги чизиқлар билан; машина (механизм, установка) нинг конту-  
ри  $S/3$  қалинликдаги чизиқлар билан; алоҳида кўрсатилган ўзаро  
туташувчи звено жуфтлари орасидаги кинематик боғланишлар  
 $S/2$  қалинликдаги пунктир чизиқлар билан чизилади.

Лаборатория иши, асосан, қуйидаги босқичлардан иборат:

1- босқич. Мавжуд машина, механизм ёки моделдан ҳар бир  
звенонинг ҳаракатланиши, кинематик жуфтларнинг турлари ва  
уларнинг ўзаро жойлашуви ҳамда класслари аниқланади. Меха-  
низмнинг асосий геометрик параметрлари аслидан ўлчаб олинади.



Кинематик схеманинг эскизини чизиш тартиби. Машина ёки моделнинг етакчи звеноси секин айлантрилиб, ҳаракатланувчи барча звеноларининг ўзаро нисбий ҳаракати кузатилади. Звенолар ҳаракатланганда, уларнинг қандай кинематик жуфтлар билан бирлашгани аниқланади. Механизм структура схемасининг эскизи қўлда ихтиёрий масштабда чизилади ва қўзғалувчан звенолар сони, кинематик жуфтларнинг класси ва уларнинг сони аниқланади. Шунда звенолар рақамлар билан, кинематик жуфтлар эса катта ҳарфлар билан белгиланади.

Механизмнинг ортиқча эркинлик даражаси ва пассив звенолари аниқланади. Механизмнинг кинематик схемаси ҳисобот варафига масштаб бўйича чизилади.

Ўлчанган параметрлар жадвалга ёзилади.

**2- босқич.** Механизмнинг кинематик схемаси аслидан ўлчанган геометрик параметрлар бўйича маълум узунлик масштабида чизилади, схемада кинематик жуфтлар ва звеноларнинг жойланиш тартиби кўрсатилади.

Механизмнинг кинематик схемасини чизиш тартиби. Кинематик схеманинг чизма масштаби танланади. Узунлик масштабининг коэффиценти қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$\mu_e = \frac{l_{O_1A}}{O_1A} \frac{m}{mm}, \quad (15)$$

бу ерда  $l_{O_1A}$  — звенонинг ҳақиқий узунлиги, м;  $O_1A$  — чизмадаги кесма узунлиги, мм.

Қўзғалмас нуқта ва чизиқлар танланган масштаб бўйича қозғозга туширилади: етакчи звенонинг ихтиёрий туриш ҳолати чизилади; механизмдаги қолган звеноларнинг узунликлари масштаб бўйича ҳисобланади.

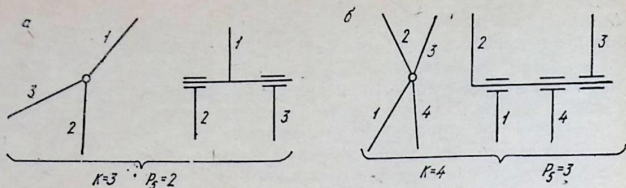
Схема чизилгандан сўнг чизиқлар қалинлаштирилади, қўзғалмас нуқта ва чизиқларнинг оралиқ ўлчамлари ёзилади.

**3- босқич.** Механизмнинг структураси текширилади. Бунда механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси аниқланади; механизм структура группаларга ажратилади; механизмнинг класси ҳисобланади; унинг таркибига кирувчи Ассур группаларининг тартиби аниқланади; механизмдаги пассив ва ортиқча звенолар аниқланади, олий кинематик жуфтни қуйи кинематик жуфтга алмаштириш усуллари ўзлаштирилади.

### Механизмнинг қўзғалувчанлик даражасини аниқлаш

Машинасозликда текис механизмлар кўп ишлатилади. Бу механизмларда етакчи звенолар сони механизмнинг қўзғалувчанлик даражасига тенг бўлса, у маълум ҳаракат қилади. Механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси Чебишев формуласи ёрдамида ҳисоблаб топилади:

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 \quad (16)$$

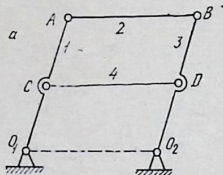


13-шакл.

бу ерда  $n$  — қўзғалувчи звенолар сони,  $P_5$  — V класс кинематик жуфтлар сони,  $P_4$  — IV класс кинематик жуфтлар сони.

Қўзғалувчанлик даражалари сонига қараб, етакчи звенолар сони танланади. Агар  $W = 1$  бўлса, механизмда битта етакчи звено,  $W = 2$  бўлса, иккита етакчи звено олинади. Агар механизм таркибида иккидан ортиқ звенони бирлаштирувчи мураккаб шарнирлар мавжуд бўлса, уларнинг ҳар бирида бир неча V класс кинематик жуфтни ҳисоблаш керак бўлади.  $P_5$  кинематик жуфтлар (шарнирлар) сони  $P_5 = K - 1$  билан аниқланади. Бу ерда  $K$  — мураккаб шарнир ёрдамида бирлашган звенолар сони.

13-шакл а, б да мураккаб шарнир ёрдамида бирлашган звенолар чизмаси кўрсатилган. Агар механизмнинг қўзғалувчанлик даражалари  $W = 0$  ёки  $W = 2$  бўлиб, механизмнинг битта етакчи звено ёрдамида ишлаши аниқланса, бу ҳол механизм таркибида пассив боғланишни ёки ортиқча эркинлик даражасини ҳосил қи-

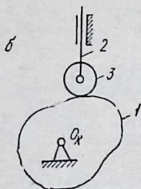


лувчи звено борлигини билдиради. Бу боғланишлар механизм звеноларининг кинематикасига таъсир қилмайди ва механизмнинг қўзғалувчанлик даражасини ҳисоблашда улар назарга олинмайди.

Мисол учун 14-шакл, а да кўрсатилган текис механизмни текширайлик. Звеноларнинг узунлиги:

$$l_{O_1A} = l_{O_2B}, \quad l_{AB} = l_{CD} = l_{O_1O_2},$$

$$l_{O_1C} = l_{AC}, \quad l_{O_2D} = l_{BD},$$



14-шакл.

Механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси бирга тенг эканлиги кинематикавий схемадан кўриниб турибди. Кривошип 1 нинг ҳаракати шатунлар 2 ва 4 орқали кривошип 3 га узатилади. Қўзғалувчанлик даражасини аниқлаймиз:

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 6 - 0 = 0$$

бунда  $n = 4$ ,  $P_5 = 6$ ,  $P_4 = 0$ ,  $W = 0$  бўлгани учун шаклдаги звенолар бирлашмаси механизм эмас, балки ўзаро қўзғалмас ферма системасини ҳосил қилади. Иккинчи томондан, механизмни текшириб қарасак, ундаги  $O_1ABO_2$  шакл донмо параллелограмм бўлиб,  $C$  ва  $D$  нуқталар оралиғи ўзгармасдан,  $A$  ва  $B$  ёки  $O_1$  ва  $O_2$  оралиғига тенг бўлади. У ҳолда,  $CD$  ёки  $AB$  звенони олиб ташласак, механизм ҳаракати ўзгармаслиги мумкин. Демак,  $C$  ва  $D$  кинематик жуфт билан қўшилган шатун 4 пассив звено вазифасини ўтаб, механизм звеноларининг ҳаракат траекторияси шаклига таъсир этмай, кинематик занжирни статик ноаниқ қилиб қўяди. Пассив звенолар механизмни динамик ҳисоблаш методига таъсир этади. Агар пассив звенони ҳисобга олмасак,

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1$$

бўлиб, механизмнинг ҳақиқий қўзғалувчанлик даражасини ифодалайди.

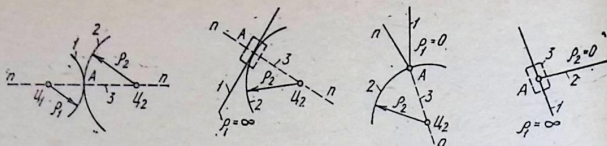
Айрим ҳолларда механизм таркибида бошқа звеноларга боғлиқ бўлмай, мустақил ҳаракатланувчи звенолар учраши мумкин. Бу звенолар кинематик жуфтлар билан қўшилганда ортиқча эркинлик даражасини ҳосил қилади. Натижада механизмнинг қўзғалувчанлик даражалари сони бирдан ортиқ бўлади. Мисол учун 9- шакл, б да кўрсатилган механизмни текширайлик:

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

демак, бу механизмнинг ишлаши учун иккита етакчи звено танлаш керак. Бу эса ҳақиқатга тўғри келмайди, яъни бир йўла икки звено 1 ва 2 га ҳаракат бериб бўлмайди. Кулачок 1 га ҳаракат берилса, механизм ишлаши мумкин. Демак, механизм таркибида ортиқча звено бор. Бу звено ролик 3 бўлиб, у ўз ўқи атрофида механизмнинг умумий ҳаракатига таъсир этмасдан айланиши мумкин. Механизмдаги эркин айланувчи ролик ортиқча қўзғалувчанлик даражасини ҳосил қилади. У ҳисобга олинмаса, механизмнинг ҳақиқий қўзғалувчанлик даражаси  $W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 = 1$  бўлади. Агар механизм таркибида олий кинематик жуфт бўлса, механизмнинг тузилишини соддалаштириш учун уни қуйи кинематик жуфтга айлантириб алмаштирилган механизмнинг структурасини текшираимиз.

Олий кинематик жуфтларни қуйи кинематик жуфтларга алмаштириш тартиби 15- шаклда кўрсатилган. Алмаштирилган механизм олиш тартиби қуйидагича бўлади. Битта олий кинематик жуфт иккита айланма ёки битта айланма ва битта илгариланма ҳаракатланувчи қуйи кинематик жуфтли битта звенога алмаштирилади. Бунинг учун ҳар бир звенонинг олий кинематик жуфти уриниш нуқтасидан элементнинг эгри чизигига  $n - n$  нормал ўтказиб, звенолар эгрилик радиусининг маркази топилади ва унга айланма жуфт (шарнир) қўйилади. Агар звено тўғри чизиқ бўлиб уринса, унинг эгрилик радиуси чексизликда ётади. У ҳолда





15-шакл.

уриниш нуқтаси ўрнига тўртбурчаклик тарзида илгариланма қуйи жуфт қўйилади. Аниқланган жуфтларни бирлаштириб, қўшимча алмаштирилган эквивалент звенони ҳосил қиламиз. Алмаштирилган механизм шу ҳолатдаги ҳаракатни бажаради. Уриниш нуқтасининг ўзгариши билан алмаштирилган звенонинг узунлиги ўзгаради. Алмаштирилган механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$W = 3n - 2P_5, \quad (17)$$

**4-босқич.** Механизмнинг класс ва тартиби аниқланади. Бунда механизмнинг Ассур группалари, уларнинг класс ва тартиби аниқланади, етакчи звенога уланади. Ричагли механизмлар структураси И. И. Артоблевский классификацияси бўйича аниқланади. Механизм етакчи звено ва Ассур группаларига ажратилади.

Механизм ҳосил қилиш принципини биринчи марта рус олими Л. В. Ассур киритган эди. Ҳар қандай механизм 1 класс механизмни ташкил қилган етакчи звено ва стойкага қўзғалувчанлик даражаси нолга тенг бўлган кинематик занжир (Ассур группаси) қўшилишидан ҳосил бўлади.

Агар механизм таркибида етакчи звено бўлмаса, механизмнинг ҳаракатига қараб, уни танлаш мумкин.

Қўзғалувчанлик даражаси нолга тенг бўлган етакланувчи звенолар системаси бир ёки бир неча кинематик занжирдан иборат бўлиши мумкин. Бу шартни бажарувчи V класс кинематик жуфтидан тузилган етакланувчи звенолар группаси қуйидагича ёзилади:

$$W_{rp} = 3n - 2P_5 = 0$$

бундан

$$P_5 = \frac{3}{2} n$$

шартни бажариш учун группа таркибига кирувчи звенолар ва кинематик жуфтлар сони ўзаро

$$\begin{aligned} n &= 2, 4, 6, 8, \dots \\ P_5 &= 3, 6, 9, 12, \dots \end{aligned}$$

тартибида боғланиши керак.

Академик И. И. Артоблевский классификациясига кўра структура группалар II, III, IV ва ҳоказо классларга бўлинади.

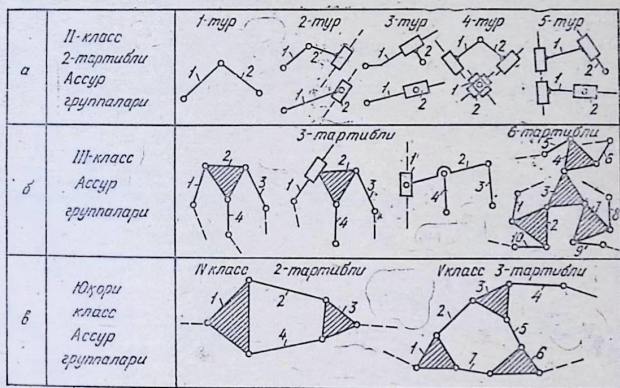
II класс Ассур группасида  $n = 2$ ,  $P_0 = 3$  бўлиб, ҳар бир звено фақат икки кинематик жуфтга қўшилади. III класс Ассур группасида эса уч кинематик жуфтга қўшилиувчи мураккаб звено бўлади.

Шунингдек, IV ва ундан юқори класс группаларда класс номерига мос келган тўрт ва ундан ортиқ звенолардан тузилган ёпиқ контурли звенолар бўлади. И. И. Артоболевский усули билан аниқланган турли классдаги Ассур группалари чизмаси 16- шакл, а, б, в да кўрсатилган. Группанинг тартиби механизмга қўшилиувчи группанинг эркин (ташқи) кинематик жуфтлар сони билан аниқланади. Барча II класс группалар 2- тартибли бўлади. II класс группалар айланма ва илгариланма кинематик жуфтларнинг ўзаро жойланишига ва бирлашишига қараб ҳар хил турларга бўлинади (16- шакл, а).

Механизмнинг класси ва тартиби шу механизм таркибига кирувчи группаларнинг энг юқори класси ва тартиби билан аниқланади. Шунинг учун механизмнинг структураси текширилганда, унинг етакчи звеносини ажратиб, қолган кинематик занжир Ассур группаларига тарқатилади.

1. Бунинг учун механизмнинг етакчи звеносидан занжир бўйича энг узокдаги, қўзғалувчанлик даражаси  $W = 0$  бўлган II класс Ассур группаси ажратилади. Бу группа ажралгандан сўнг, механизм қолган қисмининг қўзғалувчанлик даражаси ўзгармаслиги керак.

2. Агар қолган механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси ўзгарса, группа нотўғри ажратилган бўлади. У ҳолда, бошқа юқори классли группани ажратиш керак, яъни II класс группани ажратиш мумкин бўлмаса, III класс группани ажратиш ва  $W$  нинг қийматини ҳисоблаш керак.



16-шакл.

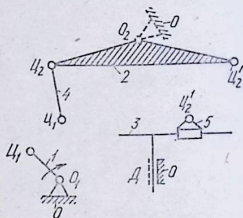
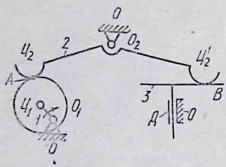
3. Сўнра қолган механизмдан яна II класс группани ажратиб, яна  $W$  ни ҳисоблаш лозим ва ҳоказо. Энг охири фақат I класс-ни ташкил этган механизмнинг етакчи звеноси қолинши керак.

Ажратилган группаларнинг класси ва тартиби аниқланади. Энг охири механизмнинг тузилиш формуласи, яъни группаларнинг ўзаро қўшилиш тартиби ёзилади. Бу формулага асосланиб, механизмнинг кинематик ва динамик параметрларини ҳисоблаш усули тавланади. Механизмнинг структурасини текширишда ва уни группаларга тарқатишда механизмнинг класси, етакчи звенонинг тан-ланишига қараб, ўзгаришини назарга олиш керак.

### Механизмнинг структура схемасини чизиш ва уни текшириш мисоллари

Мисол тариқасида ички ёнув двигателининг диафрагмали ёнил-ги насоси кулачокли механизмни (17- шакл) структурасини тек-ширинг. Бу механизмдаги етакчи звено кулачок 1 нинг айланма ҳаракати турткич 3 нинг илгариланма ҳаракатига айлантирилади. Етакчи звено-кулачокнинг ҳаракат қонуни стрелка билан кўрсати-лади. Барча қўзғалмас звенолар-стойкалар 0 рақами билан бел-гиланади. Кулачок 1 рақами билан, коромисло 2, турткич 3 билан бел-гиланади. Механизмнинг  $O_1$  стойкаси кулачок 2 билан  $O_{1(01)}$  шарнир нуқтасида  $P_5$  V класс айланма қуйи кинематик жуфтни ташкил қилади. Шунингдек,  $O$  стойка коромисло 2 билан  $O_{2(02)}$  шарнир нуқтасида айланма, йўналтиргич 3 билан  $D_{(03)}$  да илга-риланма  $P_6$  қуйи кинематик жуфтларни ҳосил қилади. Демак,  $P_5 = 3$  бўлади. Кулачок 1 билан коромисло 2 ва коромисло 2 билан турткич 3 уриниш  $A_{(12)}$  ва  $B_{(23)}$  нуқталарида  $P_4$  IV класс олий кинематик жуфтларни ҳосил қилади. Демак, механизмда  $P_5 = 3$  ва  $P_4 = 2$  бўлади.

Механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси П. Л. Чебишев форму-ласи ёрдамида ҳисобланади; у  $W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 2 = 1$  бўлади.



17-шакл.



Механизмнинг  $AB$  нуқталаридаги олий кинематик жуфтлар икки звенога  $II_1$  ва  $II_2$  нуқталарда белгиланган икки айланма кинематик жуфтли звено 4 га  $II_2$  нуқтада белгиланган битта айланма ва битта илгариланма кинематик жуфтли звено—ползуни 5 га алмаштирилади.

Алмаштирилган механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси

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

бўлади. Механизмни Ассур группаларига тарқатамиз. Механизмдан қўзғалувчанлик даражаси  $W = 0$  бўлган 3 ва 5 звенолардан иборат. Ассур группасини ажратамиз. Қолган механизмда 1, 4 ва 2 қўзғалувчи звеноларнинг сони  $n = 3$  ва  $P_5$  кинематик жуфтлар  $O_{1(01)}$ ,  $II_{1(14)}$ ,  $II_{2(42)}$ ,  $O_{2(02)}$  сони  $P_5 = 4$  бўлади. Унинг қўзғалувчанлик даражаси:

$$W = 3n - 2P_5 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$$

Демак, механизмдан 3 ва 5 звенолар группаси тўғри ажратилган бўлади. У ажратилган группа II класс, 2-тартиб, 5-кўриниш группа бўлади. Сўнгра  $W = 0$  бўлган 4 ва 2 звенолардан тузилган иккинчи Ассур группасини механизмдан ажратиб текшираамиз. Механизм қолган қисмининг қўзғалувчанлик даражаси

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

бўлади. Ажратилган группа II класс, 2-тартибли, 1-кўриниш группа бўлади. Барча ажратилган группалар II класс Ассур группаси бўлгани учун механизм ҳам II класс механизм бўлади. Механизм қандай группалардан тузилган ва улар ўзаро қандай тартибда қўшилганини билдирувчи тузилиш формуласини ёзамиз:

$$I_{(01)} + II_{(42)} + II_{(53)},$$

формуладаги рим рақами Ассур группасининг классини, қавслар ичидаги рақамлар звеноларнинг номерларини, плюс ишоралари эса етакчи звенога Ассур группаларининг кетма-кет қўшилиш тартибини билдиради.

Керакли асбоб ва ускуналар. Миллиметрли пўлаг чизғич, штангенциркуль, кронциркуль, транспортир ва чизмачилик асбоблари, лаборатория ҳисобот-варағи (ҳисобот варағининг намунаси иловада берилган).

### Ишни бажариш тартиби

Ҳар бир студент лаборатория ишидан қўзланган мақсадни, бажарилиш тартибини ва назарий қисмга тааллуқли бўлган контрол саволларни яхши билиши керак. Механизмнинг структурасини текшириш учун студентга битта модель ва 18-шаклларда берилган кинематикавий схемалардан биттаси берилади.

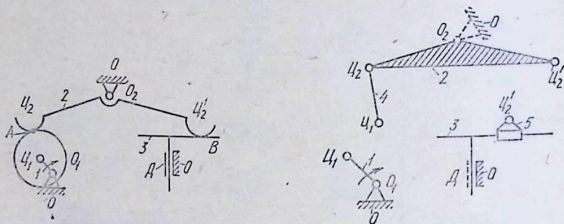
3. Сўнгра қолган механизмдан яна II класс группани ажратиб, яна W ни ҳисоблаш лозим ва ҳоказо. Энг охири фақат I классни ташкил этган механизмнинг етакчи звеноси қолиши керак.

Ажратилган группаларнинг класс ва тартиби аниқланади. Энг охири механизмнинг тузилиш формуласи, яъни группаларнинг ўзаро қўшилиш тартиби ёзилади. Бу формулага асосланиб, механизмнинг кинематик ва динамик параметрларини ҳисоблаш усули тавлаанади. Механизмнинг структурасини текширишда ва уни группаларга тарқатишда механизмнинг класс, етакчи звенонинг танланишига қараб, ўзгаришини назарга олиш керак.

Механизмнинг структура схемасини чизиш ва уни текшириш мисоллари

Мисол тариқасида ички ёнув двигателининг диафрагмали ёнил-  
ги насоси кулачокли механизмни (17- шакл) структурасини тек-  
ширинг. Бу механизмдаги етакчи звено кулачок 1 нинг айланма  
ҳаракати турткич 3 нинг илгариланма ҳаракатига айлантирилади.  
Етакчи звено-кулачокнинг ҳаракат қонуни стрелка билан кўрсати-  
лади. Барча қўзғалмас звенолар-стойкалар 0 рақами билан бел-  
гиланади. Кулачок 1 рақами билан, коромисло 2, турткич 3 билан  
белгиланади. Механизмнинг  $O_1$  стойкаси кулачок 2 билан  $O_{1(01)}$   
шарнир нуқтасида  $P_5$  V класс айланма қуйи кинематик жуфтни  
ташқил қилади. Шунингдек,  $O$  стойка коромисло 2 билан  $O_{2(02)}$   
шарнир нуқтасида айланма, йўналтиргич 3 билан  $D_{(03)}$  да илга-  
риланма  $P_5$  қуйи кинематик жуфтларни ҳосил қилади. Демак,  
 $P_5 = 3$  бўлади. Кулачок 1 билан коромисло 2 ва коромисло 2  
билан турткич 3 уриниш  $A_{(12)}$  ва  $B_{(23)}$  нуқталарида  $P_4$  IV класс  
олий кинематик жуфтларни ҳосил қилади. Демак, механизмда  
 $P_5 = 3$  ва  $P_4 = 2$  бўлади.

Механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси П. Л. Чебишев формуласи ёрдамида ҳисобланади; у  $W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 2 = 1$  бўлади.



17-шакл.

Механизмнинг  $AB$  нуқталаридаги олий кинематик жуфтлар икки звенога  $II_1$  ва  $II_2$  нуқталарда белгиланган икки айланма кинематик жуфтли звено 4 га  $II_2$  нуқтада белгиланган битта айланма ва битта илгариланма кинематик жуфтли звено—ползун 5 га алмаштирилади.

Алмаштирилган механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси

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

бўлади. Механизмни Ассур группаларига тарқатамиз. Механизмдан қўзғалувчанлик даражаси  $W = 0$  бўлган 3 ва 5 звенолардан иборат. Ассур группасини ажратамиз. Қолган механизмда 1, 4 ва 2 қўзғалувчи звеноларнинг сони  $n = 3$  ва  $P_5$  кинематик жуфтлар  $O_{1(01)}$ ,  $II_{1(14)}$ ,  $II_{2(42)}$ ,  $O_{2(02)}$  сони  $P_5 = 4$  бўлади. Унинг қўзғалувчанлик даражаси:

$$W = 3n - 2P_5 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$$

Демак, механизмдан 3 ва 5 звенолар группаси тўғри ажратилган бўлади. У ажратилган группа II класс, 2-тартиб, 5-кўриниш группа бўлади. Сўнгра  $W = 0$  бўлган 4 ва 2 звенолардан тузилган иккинчи Ассур группасини механизмдан ажратиб текшираамиз. Механизм қолган қисмининг қўзғалувчанлик даражаси

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

бўлади. Ажратилган группа II класс, 2-тартибли, 1-кўриниш группа бўлади. Барча ажратилган группалар II класс Ассур группаси бўлгани учун механизм ҳам II класс механизм бўлади. Механизм қандай группалардан тузилган ва улар ўзаро қандай тартибда қўшилганини билдирувчи тузилиш формуласини ёзмамиз:

$$I_{(01)} + II_{(42)} + II_{(53)},$$

формуладаги рим рақами Ассур группасининг классини, қавслар ичидаги рақамлар звеноларнинг номерларини, плюс ишоралари эса етакчи звенога Ассур группаларининг кетма-кет қўшилиш тартибини билдиради.

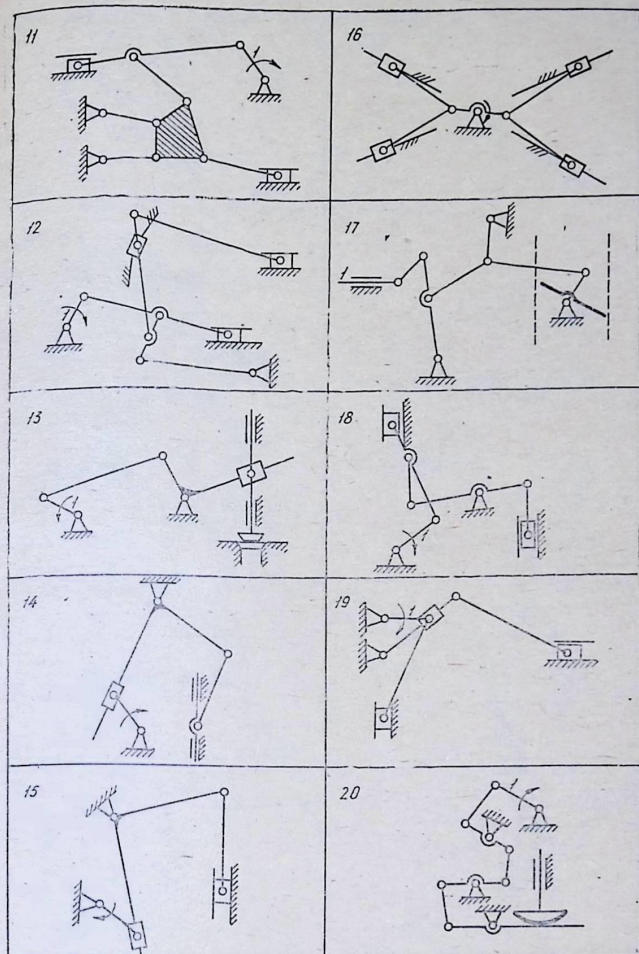
Керакли асбоб ва ускуналар. Миллиметрли пўлаг чизгич, штангенциркуль, кронциркуль, транспортир ва чизмачилик асбоблари, лаборатория ҳисобот-варағи (ҳисобот варағининг намунаси иловада берилган).

### Ишни бажариш тартиби

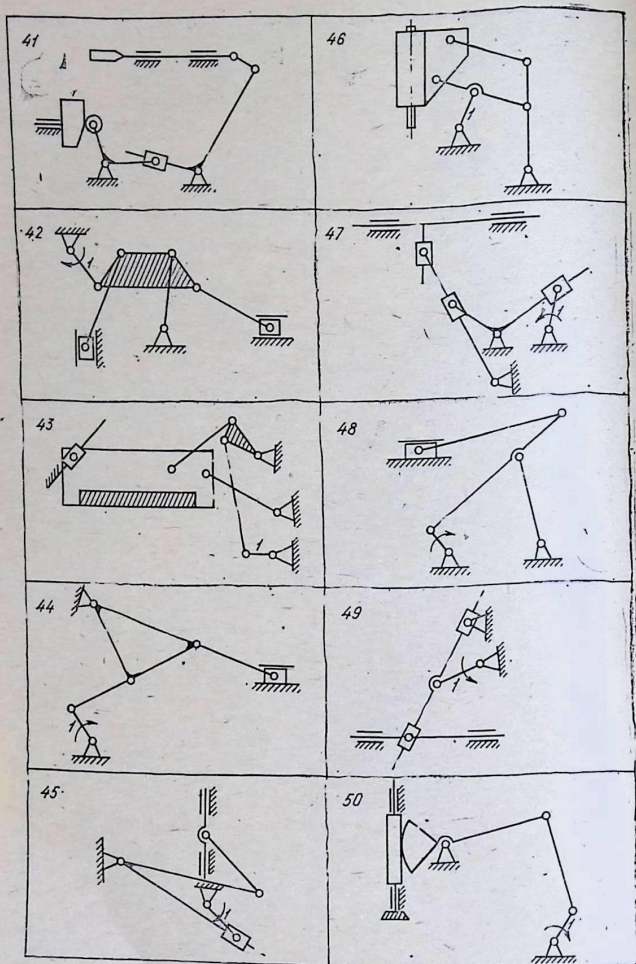
Ҳар бир студент лаборатория ишидан қўзланган мақсадни, бажарилиш тартибини ва назарий қисмга тааллуқли бўлган контрол саволларни яхши билиши керак. Механизмнинг структурасини текшириш учун студентга битта модель ва 18-шаклларда берилган кинематикавий схемалардан биттаси берилади.







18-шакл (2).





1. Модель ёки механизмнинг тузилиши билан танишилиб, унинг ҳаракати бўйича вазифаси белгиланади. Механизм звеноларнинг ўзаро жойлашуви яққол кўринган вазиятга ўриштилади.

2. Кинематик жуфт ва звеноларнинг шартли белгилари ёрдамида берилган механизмнинг тузилиш схемасининг эскизи чизилади.

3. Барча звеноларни рақамлар билан белгиланг (стойкани 0 рақам билан белгиланг). Кинематик жуфтларни латин алфавитининг бош ҳарфлари билан белгиланг.

4. Қўзғалувчи звено ва кинематик жуфтлар сони аниқланиб, Чебишев формуласи ёрдамида механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси  $W$  ҳисоблаб топилади.

5. Звеноларнинг узунликлари, стойкалар оралиги ва стойка билан йўналтирувчи оралиги ўлчаниб, ҳисобот жадвалига ёзилади.

6. Механизмнинг  $\mu_1$  узунлик масштаби танланиб, унинг кинематик схемаси чизилади.

7. Агар механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси  $W$  етакчи звенолар сонига мос келмаса, механизмдаги пассив боғланишлар ёки ортиқча эркинлик даражасини ҳосил қилган звенолар аниқланиб, улар механизмдан шартли равишда ажратилади. Агар олий кинематик жуфт бўлса, у иккита қуйи кинематик жуфтли бир звенога алмаштирилиб, алмаштирилган механизмнинг схемаси чизилади.

8. Етакчи звено стрелка билан кўрсатилади.

9. Механизм Ассур группаларига ажратилади. Ҳар бир группа алоҳида чизилиб, унинг классси, тартиби ва тури кўрсатилади.

10. Механизмнинг классси аниқланиб, унинг тузилиш формуласи ёзилади.

### Кинематик схемани текшириш

1. Берилган схема ихтиёрий  $\mu_1$  узунлик масштабида чизилади.

2. Механизмнинг қўзғалувчи звенолари ва кинематик жуфтлари сони аниқланиб, механизмнинг  $W$  қўзғалувчанлик даражаси ҳисоблаб топилади.

3. Сўнгра юқорида ёзилган 7,...,10 пунктлар бажарилади.

### Контрол саволлар

1. Звено, кинематик жуфт, кинематик занжир, механизм ва звенонинг элементи нима?

2. Кинематик жуфтларнинг боғланиш шarti ва кинематик элементи бўйича классларга бўлиниш тартибини айтиб беринг.

3. Структура ва кинематик схема нима?

4. Қўзғалувчанлик даражаси нима? Уни аниқлаш формуласини ёзинг.

5. Механизмнинг пассив боғланувчи звенолари ва ортиқча эркинлик даражаси нимани билдиради? Улар қандай мақсадда қўлланилади?

6. Ассур группаси нима, унинг классси, тартиби акад. И. И. Артоблевский усулида қандай аниқланади?

7. Механизмнинг классси ва тартиби қандай аниқланади?

8. Механизмнинг тузилиш тартиби формуласини ёзинг.

## 2-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### МАНИПУЛЯТОРНИНГ ТУЗИЛИШИНИ (СТРУКТУРАСИНИ) ТЕКШИРИШ

Ишдан кўзланган мақсад. Манипуляторнинг кинематик схемаси (ёки модели) асосида уни ташкил қилган кинематик жуфт ва звеноларнинг турлари ҳамда ўзаро бирикишнинг ўрғаниш ва унинг эркинлик даражалари сонини аниқлашдан иборат.

#### Ишнинг назарий асосланиши

Ишлаб чиқариш процессларини автомаглаштириш натижасида машина деталларини механик ишлашда қўшимча операцияларни ва узелларни йиғиш операцияларини бажарувчи принципал янги механизм ва машиналар яратилмоқда. Яратилган бу қурилмалар *робот* деб аталади. Роботлар тайёрланган деталь ёки заготовкани бир жойдан иккинчи жойга кўчириш ёки бирор қисмга ўрнатиш, материалларни юклаш ва тушириш, машина қисмларини йиғиш, металлларни бир-бирига пайвандлаш, ускуналарни ишга улаш ёки уни ажратиш каби операцияларни бажаради. Бу автоматик воситалар *саноат роботлари* деб аталади.

Робот асосан манипулятор, программ бошқариш системаси, двигатель, ҳаракатлантириш механизмлари, қайд этиш ва текшириш блоклари (датчиклари), телекамера ва бошқа бошқариш қисмларидан иборат.

Барча саноат роботларининг механик „қўли“ бўлади. Бу механизм бирор буюмни ушлаб, ишлаш объектига узатиш учун хизмат қилади. У соатига 200 дан 1000 гача ҳаракат қилиши мумкин. Манипулятор текислик ва фазода ҳаракатланади. Агар унинг „қўли“ иккита координата ўқи бўйича силжиб, цилиндр шаклидаги геометрик шакл чизса, цилиндр координаталар системасида ишловчи робот бўлади. Агар фигура шар шаклида бўлса, робот сферик координаталар системасида ишлайди. Одам қўли функциясини бажариш учун мўлжалланган техникавий тузилма *манипулятор* дейилади. Манипулятор тушунчаси одам бевосита ёки бавосита (телебошқариш, бошқариш пулти, электрон ҳисоблаш машинаси ва бошқалар ёрдамида) бошқарувчи юқори классдаги техникавий тузилмаларни ўз ичига олади. Унинг ёрдамида асбоб ёки объектни ишлашда маълум операцияни бажариш учун одам қўлининг айрим ҳаракати такрорланади.

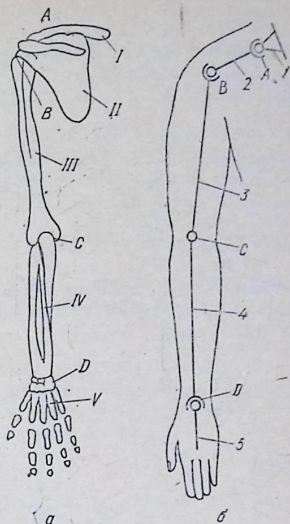
Манипуляторнинг структурасини текширишдан олдин одам қўлининг тузилиши билан танишиб чиқамиз. Одам қўлининг скелети 19-шакл, а да кўрсатилган. Қўл скелети корпус (елка) — курак II билан ўмров I суяклари ва елка суяги III, тирсак C, билан IV ва панжа суякларидан иборат. Ўмров I скелетнинг таянч элементи ҳисобланади. У гавдага нисбатан кам ҳаракат қилади. Ўмров (звено I) ва курак (звено 2) (19-шакл, б) қўзғалувчан бирикиб, ўмров курак бўғинини ҳосил қилади, ундан уч ўқ

бўйлаб ҳаракатланувчи шаравий кинематик жуфт *A* ҳосил бўлади. Худди шунингдек, курак елка бўғини кинематик жуфт *B* ни ҳосил қилади. Бу қўшилма елка (звено 3) га фазода исталган ҳолатда туриш ва айланма ҳаракат қила олиш имкониятини беради. Кинематик жуфт *C* ёрдамида биллак қўшилмаси битта эркинлик даражаси сонига тенг бўлиб, елка олдига нисбатан биллакни эгиши ва тўғрилаши (ростлаши) мумкин. Кинематик жуфт *D* билан белгиланган биллак (звено 4) ҳамда панжа (звено 5) қўшилмаси ёрдамида бармоқлар мураккаб ҳаракат қилади. Шунинг учун манипулятор иш органларининг ҳаракати одам қўлининг ҳаракатига ўхшаш бўлгани учун унинг кинематик схемаси одам қўлининг кинематик схемасига ўхшаш бўлиши керак.

Манипуляторнинг „қўл“ механизми эркинлик даражалари сони бир неча бўлган очиқ кинематик занжирдан тузилган. Кўпинча, унинг эркинлик даражалари сони 4...7 га тенг бўлади. Мавжуд манипуляторларнинг турлари жуда кўп бўлгани учун уларни классларга бўлиш керак. Манипулятор мураккаб техникавий тузилма бўлиб, уни яратиш ва текшириш билан механика, автоматика ва кибернетика соҳаларидаги мутахассислар шуғулланади.

„Механизм ва машиналар назарияси“ фани манипуляторларни, асосан, механизмларнинг умумий назарияси нуқтан назаридан, эркинлик даражалари сони юқори бўлган фазовий система деб қарайди.

Манипуляторни ўрганишда механик „қўл“ нинг кинематик занжири тузилишини текшириш керак. Манипуляторнинг кинематик занжири структур схемасининг кўриниши, звеноларнинг ва кинематик жуфтларнинг сони, уларнинг турлари ва ўзаро жойланиши ҳамда эркинлик даражалари сони билан бир-биридан фарқ қилади. Шунинг учун студентларга лаборатория иши тариқасида айрим манипуляторларнинг кинематик схемалари (ёки моделлари) нинг тузилиши, кинематик жуфтларнинг ҳаракати ва звеноларнинг ўзаро бирикиш усулларини ўрганиш тавсия этилади. Машинасозликда турли кўринишдаги, ҳар хил класс кинематик жуфтлардан тузилган текис ҳамда фазовий кинематик



19-шакл.



занжирлар кўп ишлатилмоқда. Манипулятор механизмларининг ҳар қайси звеноси етакчи бўлиб, улар кетма-кет уланган.

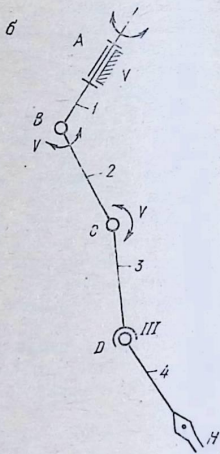
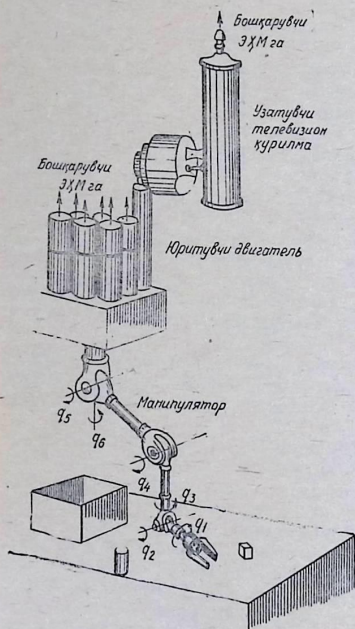
Фазовий механизмнинг қўзғалувчанлик (эркинлик) даражалари сони қуйидаги формула (Сомов-Малишев формуласи) ёрдамида аниқланади:

$$W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - P_1 \quad (18)$$

бу ерда  $n$  — қўзғалувчи звенолар сони;  $P_5, P_4, P_3, P_2, P_1$  — V, IV, III, II, I класс кинематик жуфтлар сони.

Формуладан кўринадики, бу механизм бешта классга доир кинематик жуфт таркибига кирувчи занжирлардан тузилган, яъни ёпиқ кинематик занжирдан ҳосил бўлган.

Манипулятор механизмлари очиқ кинематик занжирдан ҳосил бўлади. Унинг эркинлик даражалари сони очиқ кинематик занжирнинг барча қўзғалувчи кинематик жуфтлар сони йигиндиси-га тенг бўлади.



20-шакл.

Манипуляторнинг III, IV, V класс кинематик жуфтлардан иборат занжирнинг эркинлик даражалари сони қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3. \quad (19)$$

Масалан, 20-шакл, *a* да саноат роботларидан бирининг умумий кўриниши, 20-шакл, *б* да эса манипуляторнинг кинематик схемаси тасвирланган. Занжир учта ( $P_5 = 3$ ) V класс ва битта ( $P_3 = 1$ ) III класс кинематик жуфт таркибига кирувчи 4 та ( $n = 4$ ) қўзғалувчан звенодан иборат. Звено 4 нинг учига ушлаш мосламаси *H* ўрнатилган. У ўзининг лаблари билан бирор жисмни қисиб олиши (ушлаши) мумкин.

Ушлаш лабларининг ҳаракати ҳисобга олинмаса, механизмнинг эркинлик даражалари сони қуйидагича бўлади:

$$W = 6n - 5P_5 - 3P_3 = 6 \cdot 4 - 5 \cdot 3 - 3 \cdot 1 = 6.$$

Очиқ занжирнинг қўзғалувчан звенолари сони *n* доимо кинематик жуфтлар сонига тенг бўлади:  $n = P_5 + P_4 + P_3$ . Буни Сомов-Малишев формуласига қўйиб, манипуляторнинг эркинлик даражалари сонини ҳисоблаш формуласини оламиз:

$$W = P_5 + 2P_4 + 3P_3. \quad (20)$$

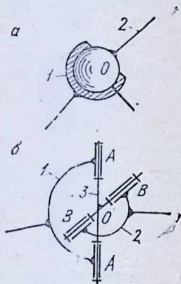
Масалан, 20-шакл, *б* да кўрсатилган манипуляторнинг эркинлик даражалари-sonи

$$W = P_5 + 2P_4 + 3P_3 = 3 + 2 \cdot 0 + 3 \cdot 1 = 6$$

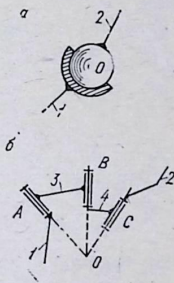
бўлади. Демак, икки хил формула билан аниқланган натижа бир хил чиқди.

Кўпинча, III ва IV класс кинематик жуфтлар тайёрлаш ва уларни механизмга татбиқ этиш қийин бўлгани учун, улар эквивалент бўлган V класс кинематик жуфтлардан тузилган кинематик занжир қўшилмаси билан алмаштирилади.

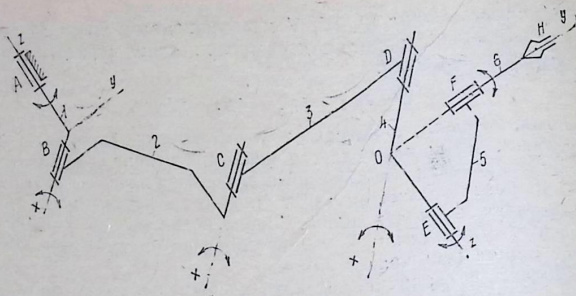
Масалан, 21-шакл, *a* да кўрсатилган бармоқли IV класс сфе-



21-шакл.



22-шакл.



23-шакл.

рик кинематик жуфтни ўқлари  $O$  нуқтада кесишувчи икки  $A$  ва  $B$  V класс айланма кинематик жуфтларга кирувчи учта (1, 2 ва 3) звенодан иборат кинематик занжирга (21-шакл, б) алмаштириш мумкин. Бу кинематик қўшилма кардан шарнири ёки бирикмаси дейилади.

Хулди шунингдек, 22-шакл, а да кўрсатилган III класс сферик кинематик жуфтни унга эквивалент бўлган, 22-шакл, б да кўрсатилган кинематик қўшилмага алмаштириш мумкин. У ўқлари  $O$  нуқтада кесишувчи V класс  $A$ ,  $B$  ва  $C$  айланма кинематик жуфтларга кирувчи 4 та (1, 2, 3 ва 4) звенодан иборат сферик бирлашмани ҳосил қилади.

Энди, манипуляторга татбиқ қилиб, эркинлик даражалари сони 6 га тенг бўлган 20-шакл, б нинг эквивалент схемаси 23-шаклни оламиз. Асосий схеманинг  $D$  нуқтасидаги III класс кинематик жуфт 23-шаклнинг  $D$ ,  $F$  ва  $E$  нуқталаридаги V класс кинематик жуфтларнинг ўқлари  $O$  нуқтада кесишувчи учта кинематик жуфтни ташкил қилган 4 та (3, 4, 5 ва 6) звенолар билан алмаштирилган.

Унинг эркинлик даражалари сони

$$W = 6n - 5P_5 = 6 \cdot 6 - 5 \cdot 6 = 6$$

ёки

$$W = P_5 = 6$$

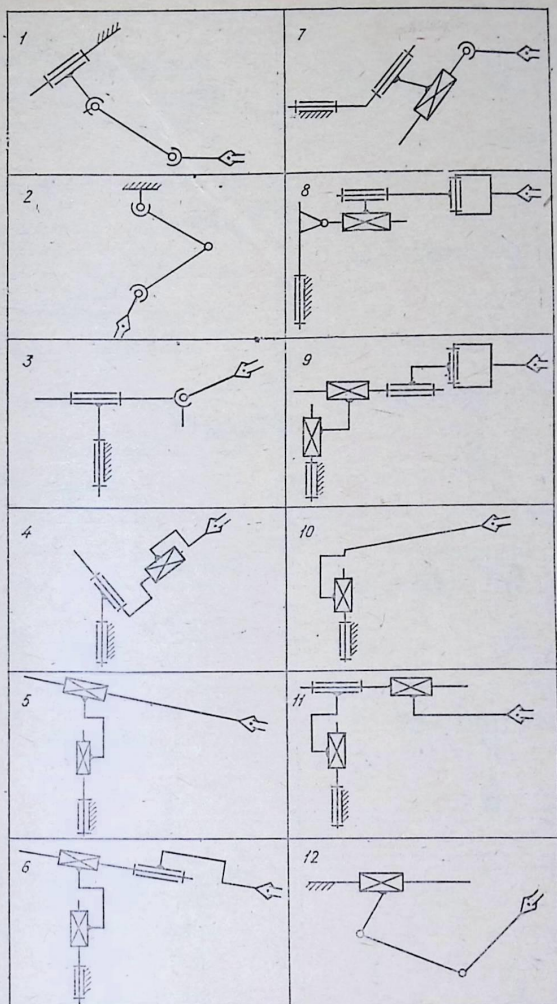
бўлади.

Лаборатория ишларининг топшириқлари манипуляторларнинг 24-шаклда берилган кинематик схемаларидан танлаб олинади.

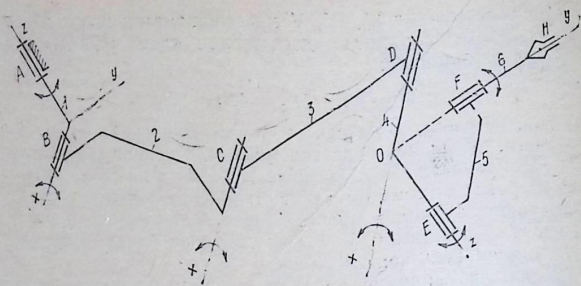
### Ишни бажариш тартиби

1. Манипуляторнинг ўқитувчи берган кинематик схемаси ҳисобот варағига ихтиёрий масштабда чизилади.





24-шакл (1).



23-шакл.

рик кинематик жуфтни ўқлари  $O$  нуқтада кесишувчи икки  $A$  ва  $B$   $V$  класс айланма кинематик жуфтларга кирувчи учга (1, 2 ва 3) звенодан иборат кинематик занжирга (21-шакл, б) алмаштириш мумкин. Бу кинематик қўшилма кардан шарнири ёки бирикмаси дейилади.

Худди шунингдек, 22-шакл, а да кўрсатилган III класс сферик кинематик жуфтни унга эквивалент бўлган, 22-шакл, б да кўрсатилган кинематик қўшилмага алмаштириш мумкин. У ўқлари  $O$  нуқтада кесишувчи  $V$  класс  $A$ ,  $B$  ва  $C$  айланма кинематик жуфтларга кирувчи 4 та (1, 2, 3 ва 4) звенодан иборат сферик бирлашмани ҳосил қилади.

Энди, манипуляторга татбиқ қилиб, эркинлик даражалари сони 6 га тенг бўлган 20-шакл, б нинг эквивалент схемаси 23-шаклни оламиз. Асосий схеманинг  $D$  нуқтасидаги III класс кинематик жуфт 23-шаклнинг  $D$ ,  $F$  ва  $E$  нуқталаридаги  $V$  класс кинематик жуфтларнинг ўқлари  $O$  нуқтада кесишувчи учта кинематик жуфтни ташкил қилган 4 та (3, 4, 5 ва 6) звенолар билан алмаштирилган.

Унинг эркинлик даражалари сони

$$W = 6n - 5P_5 = 6 \cdot 6 - 5 \cdot 6 = 6$$

ёки

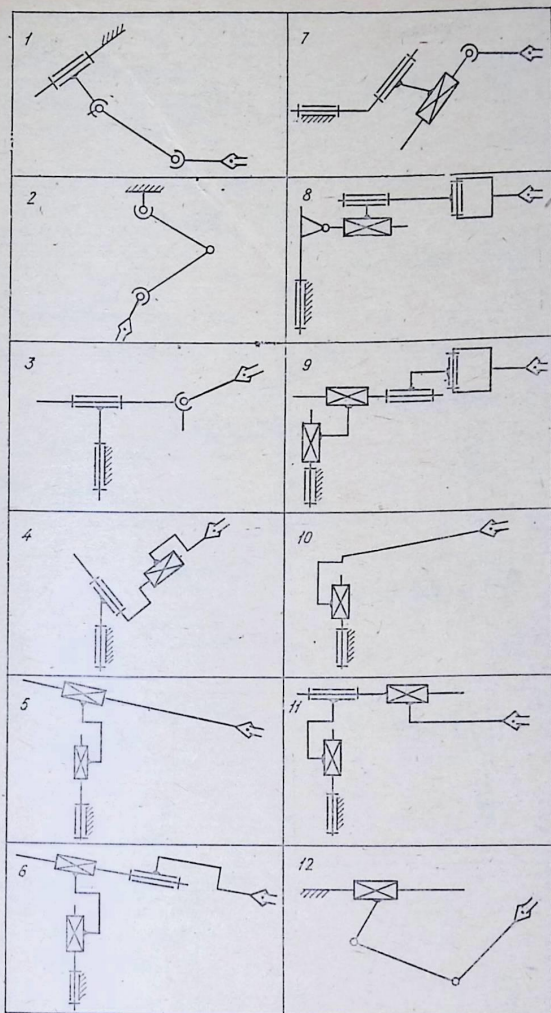
$$W = P_5 = 6$$

бўлади.

Лаборатория ишларининг топшириқлари манипуляторларнинг 24-шаклда берилган кинематик схемаларидан таълаб олинади.

### Ишни бажариш тартиби

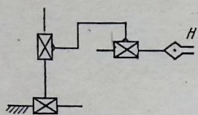
1. Манипуляторнинг ўқитувчи берган кинематик схемаси ҳисобот варагига ихтиёрий масштабда чизилади.



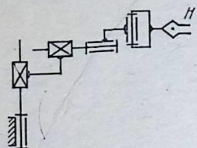
24-шакл (1).



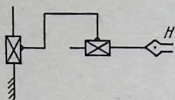
13



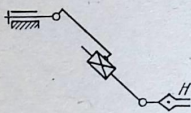
19



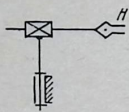
14



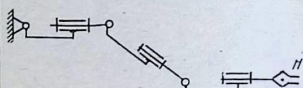
20



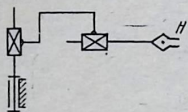
15



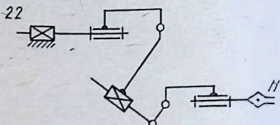
21



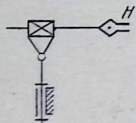
16



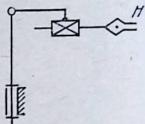
22



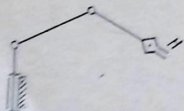
17



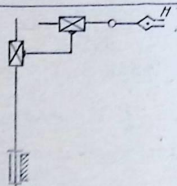
23



18



24



2. Механизмнинг қўзғалувчан звенолари ва кинематик жуфтлари классификацияси, тури ва сони аниқланади.

3. Механизмнинг эркинлик даражалари сони ҳисоблаб топилади.

4. Асосий механизмнинг кинематик схемасига эквивалент бўлган схема чизилиб, эркинлик даражалари сони аниқланади. Уларнинг тузилишини бир-бирига таққослаб, оптимал схема танланади.

5. Лаборатория иши ҳисобот варағига ёзилиб, иш топширилади.

### Контрол саволлар

1. Қандай занжирлар очик ва қандайлари ёпиқ кинематик занжирлар бўла олади?

2. Манипуляторларда қандай кинематик занжирлар ишлатилади?

3. Манипуляторлардан қаерда фойдаланилади?

4. Манипуляторларнинг қандай турларини биласиз?

5. Роботлар қандай қисмлардан иборат бўлади?

6. Манипулятор таркибидаги III ва IV класс кинематик жуфтларни эквивалент жуфтларга алмаштириш тартибини айтиб беринг.

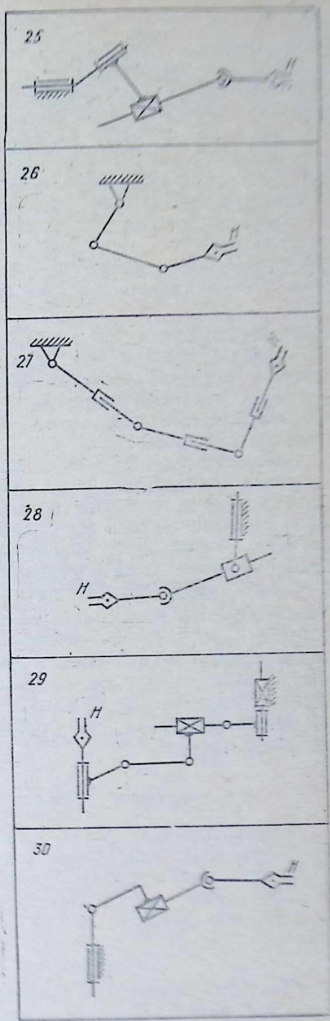
7. Манипуляторнинг қўзғалувчанлик даражалари сонини аниқлаш формуласини ёзинг.

8. Манипуляторларда ишлатилadиган узатмаларнинг турларини айтиб беринг.

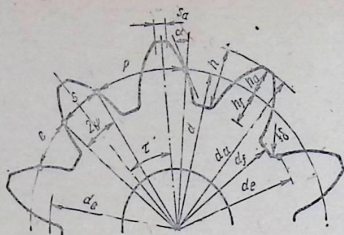
## 3-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### ТИШЛИ УЗАТМАЛАРНИНГ АСОСИЙ ГЕОМЕТРИК ПАРАМЕТРЛАРИНИ АНИҚЛАШ

Ишдан кўзланган мақсад. Оддий ўлчаш асбоблари ёрдамида тишли гилдиракларнинг



24 тираж (9)



25-шакл.

геометрик параметрларини ўлчаш, ҳисоблаш ва узатманинг турини аниқлаш.

### Ишнинг назарий асосланиши

Саноатимиз ва чет эл ишлаб чиқарган машиналарнинг тишли ғилдираклари синиб, уни алмаштириш зарур бўлганда, тишли ғилдирак тайёрлаш технологияси ва тузили-

шини ўрганишда, турли экспертиза ишларида ғилдирак чизмаси бўлмаганда, яъни авария содир бўлган пайтда ғилдиракнинг синиши, ейилиши, узатмада ёмон ишлаши сабабларини ва унинг қанчалик аниқ тайёрланганлигини аниқлашда, ремонт ишларида ва бошқаларда тишли узатмаларнинг геометрик параметрларини аниқлаш талаб қилинади.

Лаборатория ишида тишли узатманинг тури ва ғилдиракларнинг қуйидаги параметрлари аниқланади (25-шакл): тишлар сони  $z$ , илашма модули  $m$ , бўлиш айланаси диаметри  $d$ , бўлиш айланаси бўйича тиш қадами  $P$ , асосий айлана диаметри  $d_b$ , тиш каллагининг диаметри  $d_a$ , тиш асосининг (оёғининг) диаметри  $d_f$ , бўлиш айланаси бўйича тиш қалинлиги  $S$ , тиш каллагининг баландлик коэффициенти  $h_a^*$ , радиал зазор коэффициенти  $C_0^*$ , рейканинг силжиш коэффициенти  $x_1$  ва  $x_2$ , узатманинг илашиш бурчаги  $\alpha_w$ , марказлар оралиғи  $a_w$  аниқланади. Агар ихтиёрийликда тишли узатма бўлса, унинг ғилдиракларининг тишлари сони  $z_1$  ва  $z_2$ , ғилдиракнинг тишлари чиқиғи ва ботиқлиғи айланасининг диаметрлари  $d_a$  ва  $d_f$ , умумий нормал узунлиги  $W_n$  ва марказлар оралиғи  $a_w$  ни ўлчаш мумкин. Қолган параметрлар эса ҳисобланади.

### Ғилдиракнинг илашиш модули $m$ ни аниқлаш

Машинасозликда, асосан, тишларининг ён профиллари эвольвента бўйича ясалган тишли узатмалар ишлатилади. Ғилдирак тишининг асосий параметрлари модуль қиймати билан аниқланади. Эвольвента профилли икки ғилдирак нормал илашмада бўлиши учун уларнинг асосий айлана қадамлари тенг бўлиши керак:

$$P_b = \pi m \cdot \cos \alpha_1 = \pi m \cos \alpha_2 \quad (21)$$

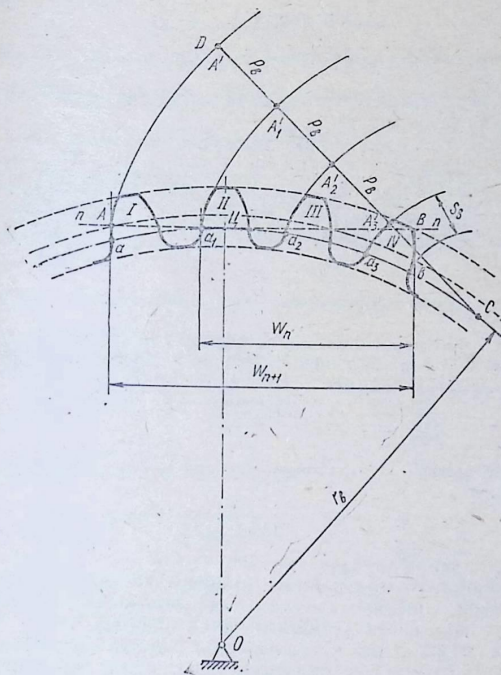
Маълумки, тишнинг ён профилли эвольвента бўйича тайёрланган бўлса, унинг параметри  $r_b$  асосий айлана радиусига боғлиқ бўлади, яъни қуйидагича аниқланади:



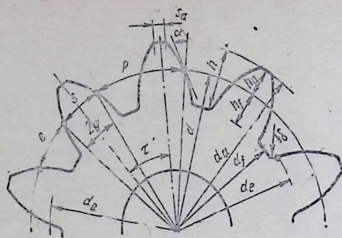
$$r_B = 0,5 \cdot mr \cos \alpha \quad (22)$$

(22) формуладан кўринадикки, тишлар сони  $z$  маълум бўлган гилдиракнинг тиш профилининг шакли фақат  $m \cos \alpha$  кўпайтмага қараб ўзгаради. СССР да асосан ГОСТ 9563 — 60 га кўра тиш профилининг бурчаги  $\alpha = 20^\circ$  қабул қилинган. Демак, гилдиракнинг бошқа геометрик параметрларини ҳисоблаш учун илашийи модули  $m$  ни аниқлаш киффая.

У эволювентанинг асосий хоссаси — эволювентанинг исталган нуқтасидан ўтказилган нормал чизиқ асосий айланага уринма бўлади, деган хоссасидан фойдаланиб аниқланади. Асосий айлананинг уриниш нуқтаси уринма эгрилик радиусининг маркази бўлади. Шунга кўра, 26-шаклдаги  $AB$  тўғри чизиқ асосий айлана  $\gamma_b$  бўйлаб думалатилса,  $aA'$  эволювентига эквидистант  $a_1A'_1, a_2A'_2, \dots$  эволювенталар чизилади.



26-шакл.



25-шакл.

геометрик параметрларини ўлчаш, ҳисоблаш ва узатманинг турини аниқлаш.

### Ишнинг назарий асосланиши

Саноатимиз ва чет эл ашлаб чиқарган машиналарнинг тишли гилдираклари синиб, уни алмаштириш зарур бўлганда, тишли гилдирак тайёрлаш технологияси ва тузили-

шини ўрганишда, турли экспертиза ишларида гилдирак чизмаси бўлмаганда, яъни авария содир бўлган пайтда гилдиракнинг синиши, ейилиши, узатмада ёмон ишлаши сабабларини ва унинг қанчалик аниқ тайёрланганлигини аниқлашда, ремонт ишларида ва бошқаларда тишли узатмаларнинг геометрик параметрларини аниқлаш талаб қилинади.

Лаборатория ишида тишли узатманинг тури ва гилдиракларнинг қуйидаги параметрлари аниқланади (25-шакл): тишлар сони  $z$ , илашма модули  $m$ , бўлиш айланаси диаметри  $d$ , бўлиш айланаси бўйича тиш қадами  $P$ , асосий айлана диаметри  $d_a$ , тиш қаллагининг диаметри  $d_f$ , бўлиш айланаси бўйича тиш қалинлиги  $S$ , тиш қаллагининг баландлик коэффициенти  $h_a^*$ , радиал зазор коэффициенти  $C_0^*$ , рейканинг силжиш коэффициенти  $x_1$  ва  $x_2$ , узатманинг илашиш бурчаги  $\alpha_w$ , марказлар оралиғи  $a_w$  аниқланади. Агар ихтиёрийда тишли узатма бўлса, унинг гилдиракларининг тишлари сони  $z_1$  ва  $z_2$ , гилдиракнинг тишлари чиқиғи ва ботиқлиғи айланасининг диаметрлари  $d_a$  ва  $d_f$ , умумий нормал узунлиги  $W_n$  ва марказлар оралиғи  $a_w$  ни ўлчаш мумкин. Қолган параметрлар эса ҳисобланади.

### Гилдиракнинг илашиш модули $m$ ни аниқлаш

Машинасозликда, асосан, тишларининг ён профиллари эвольвента бўйича ясалган тишли узатмалар ишлатилади. Гилдирак тишининг асосий параметрлари модуль қиймати билан аниқланади. Эвольвента профилли икки гилдирак нормал илашмада бўлиши учун уларнинг асосий айлана қадамлари тенг бўлиши керак:

$$P_b = \pi m \cdot \cos \alpha_1 = \pi m \cos \alpha_2 \quad (21)$$

Маълумки, тишнинг ён профилли эвольвента бўйича тайёрланган бўлса, унинг параметри  $r_b$  асосий айлана радиусига боғлиқ бўлади, яъни қуйидагича аниқланади:

Демак, асосий айлананинг  $Ц$  нуқтасидан ўтказилган  $AB$  уринма гилдиракнинг I ва IV тишлари эвольвента чизигининг  $A$  ва  $B$  нуқталаридан ўтказилган уринмалар бўлади.  $AB$  оралиғи умумий нормал узунлик деб аталади. У штангенциркуль ёрдамида ўлчанади.  $\overline{AB}$  кесма айлана бўйлаб думалатилса, эвольвента хос-сасига кўра  $A$  нуқта  $a$  нуқта устига,  $B$  нуқта  $b$  нуқта устига тушади. Икки тишнинг профилларидаги бир хил нуқталар оралиғи тишнинг асосий қадами дейилади. У  $A'A'_1 = \overline{aa}_1 = P_b$  бўлади. Шунга асосланиб, аввал гилдиракнинг умумий нормал чизигида жойланувчи ўлчанадиган тишлар сони  $Z_n$  аниқланади. У гилдиракнинг тишлари сони  $z$  га,  $x$  силжиш коэффициентига ва рейканинг профил бурчаги  $\alpha$  га боғлиқ ўзгаради. Агар гилдирак тишлари рейка силжитилмасдан ёки силжиш коэффициенти  $x < 2$  бўлса, ўлчанадиган тишлар сони

$$Z_n = \frac{z}{9} + 1 \quad (23)$$

формула ёрдамида ҳисобланиб, бутун сонга яқин қиймат қабул қилинади.

Бошқа гилдираклар учун  $z_n$  сони махсус жадвал ёки формула ёрдамида аниқланади.

$z_n$  сонини белгилаб, штангенциркуль ёрдамида  $W_n$  оралиқ ўлчанади. Сўнгра тишлар сони битта оширилиб,  $W_{n+1}$  кесма ўлчанади (26-шаклга қаранг). Иккала ҳолда ҳам штангенциркуль лаблари тишлар профилининг эвольвента қисмига тегиши керак.

Гилдиракнинг кам ейилган тишлари ўлчанади. Сўнгра

$$P_b = W_{n+1} - W_n \quad (24)$$

формула ёрдамида тишнинг асосий айлана бўйича қадами ҳисобланади.

Ўлчаш аниқлигини ошириш учун гилдиракнинг турли қисмларида жойлашган бир неча тиши 3—5 марта ўлчаниб унинг ўртача арифметик қиймати

$$P_b = \frac{P_{b_1} + P_{b_2} + \dots + P_{b_n}}{n} \quad (25)$$

формула ёрдамида ҳисобланади. Сўнгра илашиш модули

$$m = \frac{P_b}{\pi \cos \alpha} = \frac{P_b}{3,14 \cdot \cos 20^\circ} \approx 0,34 P_b \quad (26)$$

формула ёрдамида аниқланади.

Модулнинг ўлчанган қиймати стандарт қийматидан фарқ қилиши мумкин. Стандарт модуллар жадвалидан (ГОСТ 9563—60) модулнинг аниқланган қийматига яқини олинади.

Ўлчанадиган гилдирак тишларининг нормаллиги ёки коррекцияланганлиги номаълум бўлгани учун тишнинг асосий айлана-си бўйича қалинлиги  $S_b$  аниқланади. 26-шаклдан



$$W_{n+1} = ab = S_b + Z_n \dot{P}_b \quad (27)$$

эканлиги кўриниб турибди. Бундан

$$S_b = W_{n+1} - P_b \cdot Z_n \quad (28)$$

бўлади.

Коррекция коэффиценти  $x$  ни аниқлаш учун тишнинг асосий айланаси бўйича қалинлигини аниқловчи

$$S_b = \frac{F_b}{\pi} \left( 2x \operatorname{tg} \alpha + \frac{\pi}{2} + z \cdot \operatorname{inv} \alpha \right) \quad (29)$$

формуладан фойдаланиб қуйидаги формулани ҳосил қиламиз:

$$x = \frac{\frac{S_b}{P_b} \pi - \frac{\pi}{2} - z \cdot \operatorname{inv} \alpha}{2 \operatorname{tg} \alpha} \quad (30)$$

бу ерда

$$\operatorname{inv} \alpha = \operatorname{inv} 20^\circ = 0,0149$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 20^\circ = 0,364$$

Тишнинг бўлиш айланаси бўйича қалинлиги қуйидагича бўлади:

$$S = m \left( \frac{\pi}{2} + 2x \operatorname{tg} \alpha \right) \quad (31)$$

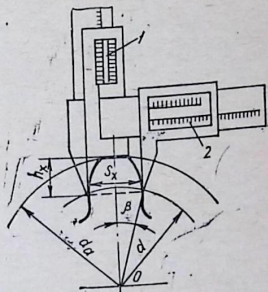
Ғилдирак параметрларининг қанчалик аниқ ўлчанганлигини текшириш учун тишнинг бўлиш айланаси хордаси бўйича қалинлиги  $S_x$  ни штангентишўлчагич билан ўлчанади. Тишнинг бўлиш айланаси ватари бўйича қалинлиги (27-шакл) қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$S'_x = \pi m \sin \beta = \pi m \sin \frac{90^\circ}{z} \quad (32)$$

Бу ватар икки шкалали штангентишўлчагич билан ўлчанади. Бунинг учун ғилдирак радиуси бўйича тиш каллагига айланасидан ўлчанадиган ватар оралиги

$$h_x = \frac{d_a - d \cos \frac{90^\circ}{z}}{2} \quad (33)$$

формула ёрдамида ҳисобланиб, тиш радиуси бўйича штангентишўлчагичнинг пластинкаси тиш каллагига теккизилади, 1 нониус ёрдамида  $h_x$  белгиланади ва 2 нониус ёрдамида тишнинг ватар бўйича қалинлиги  $S'_x$  ўлчанади. Сўнгра ўлчаш аниқлиги қуйидаги формула ёрдамида текширилади:



27-шакл.

Демак, асосий айлананинг  $Ц$  нуқтасидан ўтказилган  $AB$  уринма гилдиракнинг I ва IV тишлари эвольвента чизигининг  $A$  ва  $B$  нуқталаридан ўтказилган уринмалар бўлади.  $AB$  оралиғи умумий нормал узунлик деб аталади. У штангенциркуль ёрдамида ўлчанади.  $AB$  кесма айлана бўйлаб думалатилса, эвольвента хос-сасига кўра  $A$  нуқта  $a$  нуқта устига,  $B$  нуқта  $b$  нуқта устига тушади. Икки тишнинг профилларидаги бир хил нуқталар оралиғи тишнинг асосий қадами дейилади. У  $A'A'_1 = \ddot{a}a_1 = P_b$  бўлади. Шунга асосланиб, аввал гилдиракнинг умумий нормал чизигида жойланувчи ўлчанадиган тишлар сони  $Z_n$  аниқланади. У гилдиракнинг тишлари сони  $z$  га,  $x$  силжиш коэффициентига ва рейканинг профил бурчаги  $\alpha$  га боғлиқ ўзгаради. Агар гилдирак тишлари рейка силжитилмасдан ёки силжиш коэффициенти  $x < 2$  бўлса, ўлчанадиган тишлар сони

$$Z_n = \frac{z}{9} + 1 \quad (23)$$

формула ёрдамида ҳисобланиб, бутун сонга яқин қиймат қабул қилинади.

Бошқа гилдираклар учун  $z_n$  сони махсус жадвал ёки формула ёрдамида аниқланади.

$z_n$  сонини белгилаб, штангенциркуль ёрдамида  $W_n$  оралиқ ўлчанади. Сўнгра тишлар сони битта оширилиб,  $W_{n+1}$  кесма ўлчанади (26-шаклга қаранг). Иккала ҳолда ҳам штангенциркуль лаблари тишлар профилининг эвольвента қисмига тегиши керак.

Гилдиракнинг кам ейилган тишлари ўлчанади. Сўнгра

$$P_b = W_{n+1} - W_n \quad (24)$$

формула ёрдамида тишнинг асосий айлана бўйича қадами ҳисобланади.

Ўлчаш аниқлигини ошириш учун гилдиракнинг турли қисмларида жойлашган бир неча тиши 3—5 марта ўлчаниб унинг ўртача арифметик қиймати

$$P_b = \frac{P_{b_1} + P_{b_2} + \dots + P_{b_n}}{n} \quad (25)$$

формула ёрдамида ҳисобланади. Сўнгра илашиш модули

$$m = \frac{P_b}{\pi \cos \alpha} = \frac{P_b}{3,14 \cdot \cos 20^\circ} \approx 0,34 P_b \quad (26)$$

формула ёрдамида аниқланади.

Модулнинг ўлчанган қиймати стандарт қийматидан фарқ қилиши мумкин. Стандарт модулар жадвалидан (ГОСТ 9563—60) модулни аниқланган қийматига яқини олинади.

Ўлчанадиган гилдирак тишларининг нормаллиги ёки коррекцияланганлиги номаълум бўлгани учун тишнинг асосий айланаси бўйича қалинлиги  $S_b$  аниқланади. 26-шаклдан

$$W_{n+1} = ab = S_b + Z_n \dot{P}_b \quad (27)$$

эканлиги кўриниб турибди. Бундан

$$S_b = W_{n+1} - P_b \cdot Z_n \quad (28)$$

бўлади.

Коррекция коэффициенти  $x$  ни аниқлаш учун тишнинг асосий айланаси бўйича қалинлигини аниқловчи

$$S_b = \frac{f_n}{\pi} \left( 2x \operatorname{tg} \alpha + \frac{\pi}{2} + z \cdot \operatorname{inv} \alpha \right) \quad (29)$$

формуладан фойдаланиб қуйидаги формулани ҳосил қиламиз:

$$x = \frac{\frac{S_b}{P_b} \pi - \frac{\pi}{2} - z \cdot \operatorname{inv} \alpha}{2 \operatorname{tg} \alpha} \quad (30)$$

бу ерда

$$\operatorname{inv} \alpha = \operatorname{inv} 20^\circ = 0,0149$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 20^\circ = 0,364$$

Тишнинг бўлиш айланаси бўйича қалинлиги қуйидагича бўлади:

$$S = m \left( \frac{\pi}{2} + 2x \operatorname{tg} \alpha \right) \quad (31)$$

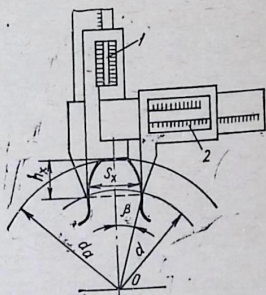
Гилдирак параметрларининг қанчалик аниқ ўлчанганлигини текшириш учун тишнинг бўлиш айланаси хордаси бўйича қалинлиги  $S_x$  ни штангентишўлчагич билан ўлчанади. Тишнинг бўлиш айланаси ватари бўйича қалинлиги (27-шакл) қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$S'_x = \pi m \sin \beta = \pi m \sin \frac{90^\circ}{z} \quad (32)$$

Бу ватар икки шкалалли штангентишўлчагич билан ўлчанади. Бунинг учун гилдирак радиуси бўйича тиш каллагига айланасидан ўлчанадиган ватар оралиги

$$h_x = \frac{d_a - d \cos \frac{90^\circ}{z}}{2} \quad (33)$$

формула ёрдамида ҳисобланиб, тиш радиуси бўйича штангентишўлчагичнинг пластинкаси тиш каллагига теккизилади, 1 нониус ёрдамида  $h_x$  белгиланади ва 2 нониус ёрдамида тишнинг ватар бўйича қалинлиги  $S'_x$  ўлчанади. Сўнгга ўлчаш аниқлиги қуйидаги формула ёрдамида текширилади:



27-шакл.



$$\Delta S = \overline{S}_x - \overline{S}'_x$$

(34)

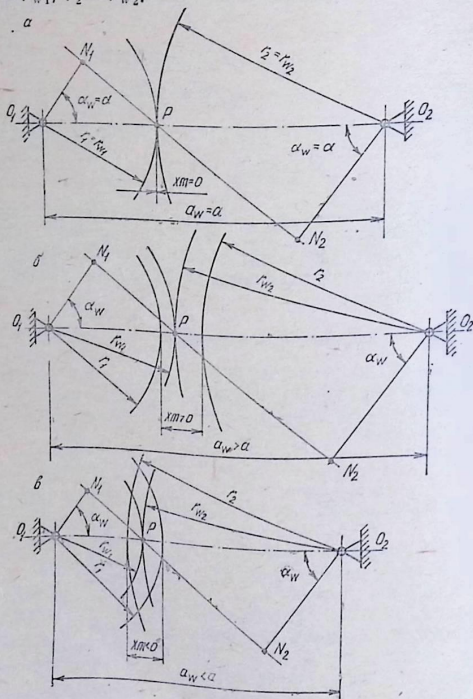
### Узатманинг турини аниқлаш

Тишли узатмалар ғилдиракларнинг илашмасига қараб, нормал (ноль), мусбат ва манфий турларга бўлинади.

#### 1. Нормал узатма

Нормал узатмалар икки хил бўлади.

1. Иккала ғилдирак нормал, яъни уларнинг тишлари рейка силжитилмасдан ясалган бўлиб, ғилдиракларнинг  $x_1$  ва  $x_2$  силжиш коэффициентлари нолга тенг (28-шакл, а), бунда  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 0$ ,  $r_1 = r_{W1}$ ,  $r_2 = r_{W2}$ .



28-шакл.

2. Узатманинг битта ғилдираги рейкани мусбат, иккинчи ғилдираги эса манфий силжитиб ясалган, уларнинг  $+x_1$  ва  $-x_2$  силжиш коэффициентларининг абсолют қийматлари бир-бирига тенг бўлади. Бундай узатма *тенг силжитилган узатма* деб аталади (28-шаклда).

Бу узатмаларда  $x_1 + x_2 = 0$ ,  $\alpha = \alpha_w$  ва уларнинг бошланғич (полонд) айлана радиуси бўлиш айланаси радиуси тенг бўлиб,  $r_w = r = \frac{mz}{2}$ , улар  $P$  қутб нуқтасида тегади ва сирпан масдан бир-бири устида думалайди.

Нормал тишли узатмаларнинг марказлар оралиғи  $a_w$  бўлиш айланаларининг марказлар оралиғи  $a$  га тенг:

$$a_w = r_1 + r_2 = 0,5 \cdot m (r_1 + r_2) = a \quad (35)$$

Лекин уларнинг тиш чиқиғи айланаси ва тиш ботиғи айланаси диаметрлари  $2xm$  қийматга ўзгаради. Уларнинг тиш каллаги ва оёғи баландликлари ҳам ўзгаради.

## II. Мусбат тишли узатма

Илашмадаги тишли ғилдиракларнинг силжиш коэффициентларининг йиғиндиси нолдан катта  $x_\Sigma = x_1 + x_2 > 0$  бўлади. Бундай узатмалар мусбат ёки нотенг силжитилган узатма деб аталади. Улар қуйидаги турларга бўлинади:

1) иккала ғилдирак ҳам рейкани мусбат силжитиш йўли билан ясалади:

$$x_1 = +x, x_2 = +x, x_\Sigma > 0$$

2) битта ғилдирак мусбат силжитиб ясалади, иккинчи ноль ғилдирак бўлиши мумкин:

$$x_1 = +x, x_2 = 0, x_\Sigma > 0$$

3) битта ғилдирак мусбат силжитиб ясалади, иккинчи ғилдирак манфий бўлади. Лекин манфий ғилдирак силжиш коэффициентининг абсолют қиймати мусбат ғилдирак силжиш коэффициентининг абсолют қийматидан кичик, яъни  $|+x_1| > |-x_2|$  бўлиши керак. Шунда

$$x_\Sigma > 0$$

бўлади.

Полоид (бошланғич) айланалар қутб нуқтасига тегиб, сирпан-масдан бир-бири устида думалайди (28-шакл б). Бошланғич айланалар бўлиш айланаларига мос келмайди. Уларнинг радиуслари бўлиш айланалари радиусларидан катта, яъни  $r_{w1} > r_1$  ва  $r_{w2} > r_2$  бўлади, бунда бўлиш айланалари бир-бирига тегмайди.

Узатманинг марказлар оралиғи қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$a_w = 0,5m (r_1 + r_2) \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w} = a \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w} \quad (36)$$

Илашиш бурчаги  $\alpha_w$  катталашади, яъни  $\alpha_w > \alpha$  бўлади. ( $\alpha$  — рей-ка контури профилининг бурчаги).

### III. Манфий узатма

Бунда илашмадаги тишли гилдираклар силжиш коэффициентларининг йиғиндиси нолдан кичик, яъни  $x_1 + x_2 < 0$  бўлади. Манфий узатмалар қуйидаги турларга бўлинади:

1) иккала гилдирак ҳам рейкани манфий силжитиб ясалади:

$$x_1 = -x, x_2 = -x, x_{\Sigma} < 0;$$

2) бир гилдирак манфий, иккинчиси эса ноль қилиб ясалади:

$$x_1 = -x, x_2 = 0, x_{\Sigma} < 0;$$

3) бир гилдирак манфий, иккинчиси мусбат қилиб ясалади:

$$x_1 = -x, x_2 = +x,$$

лекин  $|x_1| > |x_2|$  ва  $x_{\Sigma} < 0$  бўлади. Бунда бошланғич айланаларининг радиуслари бўлиш айланаларининг радиусларидан кичик бўлади, яъни  $r_w < r$  (28-шакл, в). Бўлиш айланалари ўзаро кесишади. Бу узатмаларда  $\alpha_w < \alpha$ ,  $a_w < a$  бўлади.

Силжитилган гилдиракларнинг асосий айланалари ўзгармайди, шунинг учун нормал асосий қадам (илашма қадами) ҳам ўзгармайди. Демак, силжиш коэффициенти исталганча бўлган гилдиракларни ўзаро илаштириб бўлмайди. Лекин улар эволюентанинг баъзи қисмларида, илашмада бўлади.

Узатма турини аниқлашнинг бир неча усули бор. Шуларнинг айримлари билан танишиб чиқамиз:

1. Берилган узатманинг марказлари оралигини

$$a_w = L - \left( \frac{d_{o_1} + d_{o_2}}{2} \right) \quad (37)$$

формула ёрдамида аниқлаймиз; бу ерда  $L$  — гилдираклар валининг ташқи ўлчами оралиғи (29-шакл).

Биринчи ва иккинчи гилдирак валининг диаметри  $d_{o_1}$  ва  $d_{o_2}$ . Буларни штангенциркуль ёрдамида ўлчаймиз. Марказлар оралиғи  $a_w$  нинг ҳақиқий қийматини аниқлаб, уни қуйидаги бўлиш айланаларининг марказлари оралигининг

$$a = 0,5m (z_1 + z_2) \quad (38)$$

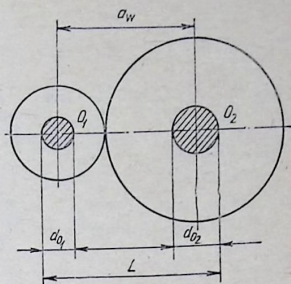
формула ёрдамида аниқланган қиймати билан таққослаймиз. Агар ўлчанган  $a_w$  қиймат билан ҳисобланган  $a$  қиймат тенг бўлса, узатма нормал ёки тенг силжитилган, акс ҳолда эса нотенг сил-



житилган мусбат  $a_w > a$  ёки ман-  
фий  $a_w < a$  узатма бўлади. Шу-  
нингдек, нормал ёки тенг силжи-  
тилган узатмалар ғилдирак тиш-  
ларининг ҳақиқий баландлиги қуй-  
идаги тенглик ёрдамида аниқлана-  
ди:

$$h = (2,2 \dots 2,25) m \quad (39)$$

Агар ғилдиракнинг тишлари  
йирик бўлса, унинг баландлиги  
штангенциркуль ёрдамида тўғри-  
дан-тўғри ўлчанади. Агар ғилдирак-  
нинг тишлари майда бўлса, тиш-  
нинг баландлиги қуйидаги форму-  
ла ёрдамида ҳисобланади:



29-шакл.

$$h = \frac{d_a - d_f}{2} \quad (40)$$

бу ердаги  $d_a$  ва  $d_f$  — ғилдирак тиш каллаги ва ботиғи айланала-  
рининг диаметрлари (штангенциркуль ёрдамида ғилдиракнинг  
ўзидан ўлчанади).

а) Агар ғилдирак тишларининг сони  $z$  тоқ бўлса, 30-шакл,  $a$   
да кўрсатилган тешикнинг  $d_0$  диаметри ва  $H_a$ ,  $H_f$  оралиқлари  
ўлчаниб, тиш каллагининг ва оёғининг диаметри қуйидаги фор-  
мулалар ёрдамида аниқланади:

$$d_a = d_0 + 2H_a, \quad (41)$$

$$d_f = d_0 + 2H_f \text{ ёки } d_f = \frac{H_f}{\cos \frac{\pi}{2z}} \quad (42)$$

б) Агар ғилдирак тишларининг сони  $z$  жуфт бўлса, 30-шакл,  
б да кўрсатилган  $d_a$  ва  $d_f$  диаметрлар ғилдиракнинг ўзидан ўл-  
чанади.

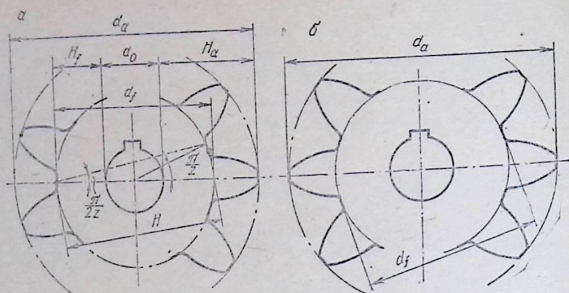
Узатманинг турини тўла аниқлаш учун унинг илашиш  $a_w$  бур-  
чаги қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\cos \alpha_w = \frac{a}{a_w} \cos \alpha \quad (43)$$

Ҳисоблаш натижасида илашиш бурчаги  $a_w$  нинг қиймати  $20^\circ$  га  
тенг бўлмаса, узатма нотенг силжитилган бўлади. Ўлчанган па-  
раметрлар ёрдамида ғилдирак тишларининг қолган параметрла-  
ри қуйидагича ҳисобланади:

1. Тишнинг бўлиш айланаси бўйича қадами:

$$P = \pi m \quad (44)$$



30-шакл.

2. Бўлиш айланасининг диаметри:

$$d = mz. \quad (45)$$

3. Тиш каллагининг баландлик коэффициенти:

$$h_a^* = \frac{d_a - d}{2m} \quad (46)$$

4. Тиш каллагининг баландлиги:

$$h_a = h_a^* \cdot m \quad (47)$$

5. Тиш оёгининг баландлиги:

$$h_f = \frac{d - d_f}{2} \quad (48)$$

Керакли асбоб ва ускуналар. Цилиндрик тўғри тишли узатма, штангенциркуль, штангенцишўлчагич, логарифмик линейка.

### Ишни бажариш тартиби

1. Узатма шестерняси ва гилдиракларининг  $z_1$  ва  $z_2$  тишлари саналади.
2. Ўлчанадиган гилдиракларнинг тишлари сони  $z_n$  (23) формула ёрдамида аниқланади.
3. Гилдиракда тишлар сони  $z_n$  белгиланиб,  $W_n$  кесма ва у битта тиш сони қадар оширилиб,  $W_{n+1}$  кесма ўлчанади.
4. Гилдирак тишининг асосий айлана бўйича 3—4 қисмида ўлчанган қадами  $P_b$  (24) формула ёрдамида ҳисобланиб, унинг ўрта сон қиймати (25) формула билан аниқланади.
5. Илашиш модули  $m$  (26) формула ёрдамида ҳисобланади. Стандарт жадвалидан унга энг яқин қиймат танланади.
6. Тишнинг асосий айланаси бўйича қалинлиги  $S_b$  (29) фор-

мула ёрдамида аниқланиб, (30) формула ёрдамида рейканинг силжиш коэффициентини  $x$  ҳисобланади.

7. Тишнинг бўлиш айланаси бўйича қалинлиги  $S$ , қадами  $P$  ва диаметри  $d$  ҳисобланади.

8. Тишнинг бўлиш айланаси ватари бўйича қалинлиги  $S_x$  (32) формула ёрдамида ҳисобланади. Штангентишўлчагич тиш каллагини айланаси қисмидан бўлиш айланасидаги ватар оралиги  $h_x$  га ўрнатилиб, тиш ватарининг қалинлиги  $S'_x$  ўлчанади. Сўнггра (34) формула ёрдамида  $\Delta S$  нинг ўлчаш аниқлиги ҳисобланади.

9. Шестерня ва гилдиракнинг тиш чиқиғи ва ботиғи диаметрлари  $d_a$  ва  $d_f$  ни аниқлаш учун  $d_o$ ,  $H_a$ ,  $H_f$  ларнинг қийматлари ўлчанади.

10. Гилдиракнинг бўлиш айланаси диаметри  $d$  (45) формула ёрдамида ҳисобланади.

11. Сўнггра тиш каллагининг баландлик коэффициентини  $h_a^*$ , тиш каллагини ва тиш оёғининг баландликлари (46), (47) ва (48) формулалар ёрдамида ҳисобланади.

12. Узатманинг турини аниқлаш: а) берилган узатманинг  $L$ ,  $d_o$  ва  $d_o$  параметрлари ўлчаниб, (37) формула ёрдамида марказлар оралиғи  $a_w$  аниқланади; б) узатма бўлиш айланаларининг марказлар оралиғи  $a$  (38) формула ёрдамида ҳисобланади;  $a_w$  билан  $a$  бир-бирига таққосланиб, қандай узатмалиги белгиланади. в) сўнггра узатманинг илашин бурчаги (43) формула ёрдамида ҳисобланади, узатманинг тури аниқланади.

13. Узатма гилдиракларининг силжиш коэффициентлари  $x_1$  ва  $x_2$  ҳисоблаб топилади.

14. Бажарилган иш ҳисобот варағига ёзилиб, сўнггра топширилади.

#### Контрол саволлар

1. Тишли гилдиракнинг геометрик параметрлари нима сабабдан аниқланади?
2. Тишнинг геометрик параметрларига нималар кирази?
3. Ўлчанадиган ва ҳисобланадиган геометрик параметрларни айтиб беринг.
4. Эвольвентанинг хоссаларини айтиб беринг.
5. Илашин модули қандай аниқланади?
6. Бўлиш айланаси ва асосий айлананинг бир-биридан фарқи нима ва уларнинг қайси бирини ўлчаш мумкин?
7. Силжиш коэффициенти нима? Унинг қиймати тиш профили шаклига қандай таъсир этади?
8. Тиш ясаида (қирқишда) рейкани силжитиш сабабини тушуинтиринг.
9. Нормал, мусбат ва манфий узатмаларининг бир-биридан фарқини тушуинтиринг.
10. Рейкани силжитиб гилдирак тиши ясалганда унинг тиш қалинлиги қандай ўзгаради?

#### 4-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Обкаткалаш усули билан эвольвента профилли тишлар қирқиш. Ишдан кўзланган мақсад. Эвольвента профилли тишлар қирқиш усуллари билан танишиш. Тиш қирқиш асбоблари



дан бири бўлган рейка ёрдамида ноль ва корrekцилланган эвольвента профилли тишлар қирқиш.

### Ишнинг назарий асосланиши

Тишли ғилдиракларнинг заготовкालари материали, шакли ва ўлчамига қараб, қуйма, штаповка ёки поковка тарзида олинади. Ғилдирак тишлари накаткалаш, камроқ ҳолларда қуйиш ва қирқиш усуллари билан тайёрланади.

Накаткалаш усули кейинги вақтларда кўплаб ғилдираклар ишлаб чиқаришда кенг қўламда қўлланилмоқда. Цилиндрик ва конус ғилдиракларда қиздириб накаткалаш ёрдамида тиш шакллари ҳосил қилинади. Пўлат заготовка гардиши юқори частотали ток билан  $\approx 1200^{\circ}\text{C}$  гача қиздирилиб, сўнгра тишлар накаткаланади. Шунда ғилдирак гардишида тишлар ҳосил бўлади. Юқори аниқлик билан ишловчи ғилдирак тишлари қўшимча равишда механикавий ишланади. Илашиш модули 1 мм гача бўлган ғилдирак тишлари қиздирилмасдан накаткаланади. Ғилдирак тишларини накаткалаш йўли билан ясаш усули юқори унумли бўлиб, металл қириндига жуда кам чиқади.

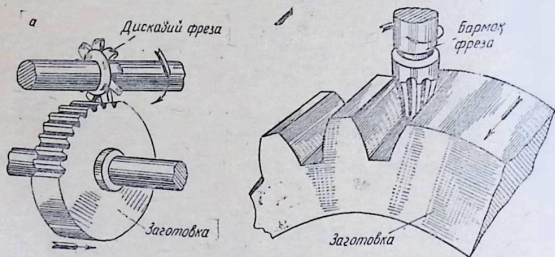
Қуйиш йўли билан тайёрланган тишли ғилдираклар, асосан, айлана тезлиги 2 м/сек дан кам бўлган секин юрар узатмаларда, қўл билан ҳаракатлантирилувчи лебедкалар ва айрим қишлоқ хўжалик машиналарида ишлатилади.

Машинасозликда, асосан, ғилдирак тишлари махсус станокларда фрезалаш ва рандалаш усуллари билан тайёрланади.

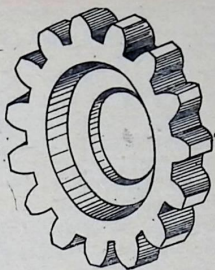
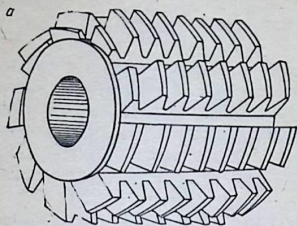
Ҳозирги вақтда тишли ғилдираклар асосан икки усул:

1) бўлиш копирлаш усули, 2) обкаткалаш усули билан ясалади.

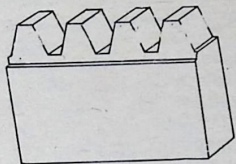
1. Бўлиш усулида, асосан, бўлиш мосламаси ёрдамида фрезалаш ёки тиш қирқиш станокларида фақат ноль (нормал) тишли ғилдираклар қирқилади. Бу усул тайёрланиш аниқлиги юқори бўлмаган тишлар қирқишда, яккалаб ғилдираклар ясашда ва



31-шакл.



32-шакл.



айрим ремонт ишларида қўлланилади. Бу усулнинг иш унуми ва қирқиш аниқлиги паст ва ҳар бир гилдирак тишларини қирқиш учун алоҳида фреза бўлиши керак. Бўлиш усулида кескич, диск (31-шакл, а) ёки бармоқ (31 - шакл, б) модули фрезалар ёрдамида гилдиракнинг икки тиш оралиғи қирқилади. Икки тиш оралиғи қирқилгандан сўнг гилдирак бир тишнинг  $\tau = \frac{2\pi}{z}$  бурчак билан ўлчанадиган қадамича бурилиб,

иккинчи икки тиш оралиғи қирқилади ва барча тишлар ҳосил бўлгунча қирқиш процесси шу тартибда давом эттирилади.

2. Обкаткалаш усулида тиш қирқиш тишлар жуфти илашмасига ўхшаш процессни такрорлашга асосланади. Унинг асосий моҳияти қуйидагидан иборат. Заготовкага тишлар қирқиш процессида қирқиш асбоби билан тишлар қирқилаётган заготовка ўзаро илашма ҳаракатда бўлади. Шунда асбобнинг кесми қирраси тишли жуфтининг илашми чизигида ҳаракат қилиб, бирин-кетин турли ҳолатларни эгаллайди ва заготовканинг икки тиши оралигидан маълум қириндини кесиб олиб, тишларнинг ён профилини ҳосил қилади. Тиш қирқиш процессида асбоб билан заготовка ҳаракати икки гилдирак тишларининг илашмига мос ҳаракатда бўлгани учун бу усул обкаткалаш усули деб аталади.

Тиш қирқиш учун ишлатиладиган кесми асбоблари қуйидагилар: червяк фреза (32 - шакл, а), диск шаклида долбяк (32 - шакл, б) ва рейка шаклидаги долбяк — гребенка (32 - шакл, в). Червяк фрезанинг ўқ бўйлаб кесими рейка шаклида бўлади. Тиш қирқишда фреза ва заготовка ўз ўқи атрофида айланади-да, узлуксиз қирқиб боради. Червяк фреза тишлари сиртқи бўлган цилиндрик гилдираклар тайёрлашда кенг қўламда ишлатилади. Тишлари сиртқи бўлган гилдираклар тайёрлашда дискавий долбяк ҳам ишлатилади. Рейка ёрдамида илашма модули катта бўлган тўғри ва қийшиқ тишли гилдираклар қирқилади.

Обкаткалаш методи тишлар қирқишда кесувчи асбобнинг шакли ва станокларнинг конструкциясига қараб, уч хил усул қўлланилади:

Червяк фреза ёрдамида тиш фрезалаш станогинда тишли ғилдираклар тайёрлаш. Бу усул билан, асосан, цилиндрлик ғилдирак тишлари қирқилади. Фреза эвольвента червягини бўлиб тишлари қирқиладиган шестерня билан зазорсиз илашади. Фреза узлуксиз айланувчи заготовкага нисбатан айланиб силжийди (33-шакл, а). Фреза заготовка ўқиға параллел йўналишда силжиб, тишларни бирин-кетин қирқади. Шунда кесиш асбоби ва заготовка узлуксиз ҳаракатланади. Бунинг натижасида станокларнинг иш унуми бир неча марга ошади.

2. Долбяк ёрдамида тиш ўйиш станокларида тишли ғилдираклар тайёрлаш. Эвольвента профили долбяк тишли ғилдирак кесиш асбоби вазифасини бажаради. Бу усулда тишлар қирқиш процесси қуйидагича амалга оширилади (33-шакл, б, в): заготовка 2 станок столиға ўрнатилади, станокнинг шпинделиға эса долбяк 1 маҳкамланади. Долбяк заготовка ўқиға параллел йўналишда илгариланма-қайтар ҳаракатланади. Тиш қирқиш процессида долбяк ва заготовка секин айланади. Уларнинг бурчак тезликларининг нисбати тишлар сонининг нисбатига тескари пропорционал бўлади:

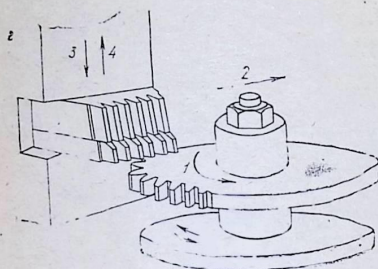
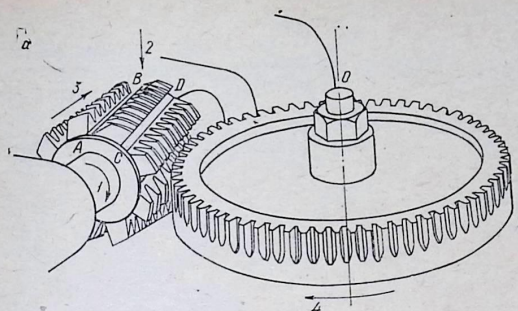
$$\frac{\omega_d}{\omega_3} = \frac{z_3}{z_d}$$

Бир пайтнинг ўзида долбяк илгариланма-қайтар ҳаракат қилиб, заготовкага тишлар қирқади. Бу усулда ички тишли ғилдиракларнинг тишлари ҳам қирқилади (33-шакл, в).

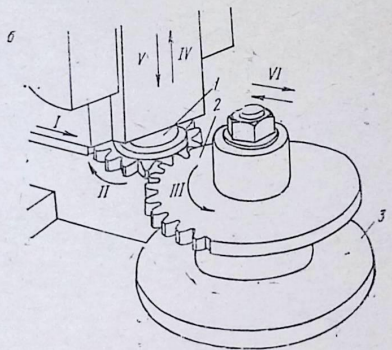
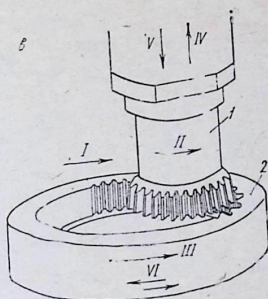
3. Тишли гребенка (рейка) ёрдамида рандалаш станокларида тишлар қирқиш. Рейканинг ишлаш процесси долбякнинг ишлаш процессига ўхшаш бўлиб, рейка қирқиладиган ғилдирак ўқиға параллел текислик бўйича вертикал йўналишда силжийди-да, тишлар қирқади (33-шакл, г).

Рейка тиш қирқиш процессида фақат юқори ва пастга силжийди. Заготовка эса бир вақтнинг ўзида  $\omega_3$  бурчак тезлиги билан айланиб, айланиш томонига тескари йўналишда  $v = r_w \cdot \omega_3$  тезлик билан силжийди. Қирқиш процесси қуйидагича бўлади: заготовка бир неча дақиқа тўхтаб туради. Рейка эса шу вақт ичида юқоридан пастга силжийди-да, заготовкадан қирқинди қирқиб, тиш профилини ҳосил қилади. Сўнгра рейка юқори томон яна кўтарилиб, тўхтайди. Рейка тўхтаган замон заготовка соат стрелкаси юрадиган томонга тескари йўналишда  $\Delta\varphi = \omega \cdot \Delta t$  бурчакка бурилади ва шу билан бирга ўнг томонга  $\Delta s = r \cdot \Delta\varphi = r\omega \cdot \Delta t$  оралikka силжийди. Заготовка ана шундай мураккаб ҳаракат қилиб тўхтайди, рейка эса яна ҳаракатланиб қирқиш процессини бажаради. Бу иш цикли ғилдиракнинг ҳамма тишларини қирқиб бўлингунча такрорланади. Заготовканинг бутун айланаси рейка билан қирқилади, сўнгра заготовка рейка томон озгина сурилади.





3-шакл.



Заготовка ўнга сил-  
жиб, рейка таъсир  
доирасидан чиққан за-  
мони тўхтатилади. Шу  
вақт ичида заготовка  
яна орқага олдинги  
туриш ҳолатига силжи-  
тилади ва тишлар қир-  
қиш вазиятига ўрна-  
тилади. Бу ҳаракатлар-  
нинг ҳаммаси автома-  
тик равишда тез бажар-  
илади. Бу усул билан  
барча ўлчамдаги гил-  
дирак тишлари қирқи-  
лади. Рейка профили-  
нинг қирралари тўғри  
чизиқли ва оддий

бўлгани учун у жуда юқори аниқлик билан тайёрланади. Лекин қирқиш процесси узлукли. Бу эса тиш қирқиш аниқлигини ва иш унумини камайтиради ва станокнинг конструкциясини мураккаблаштиради. Обкаткалаш процессини узлуксиз қилиш учун червяк фреза трапеция нусха резьба шаклли винт бўлиб, унинг нормал кесимдаги профили рейка профилига мос келади, яъни фреза айланаси бўйича бир неча рейка жойлаштирилганга ўхшайди (33-шакл, а). Фрезанинг айланиши рейканинг илгариланма ҳаракатига тенг бўлади.

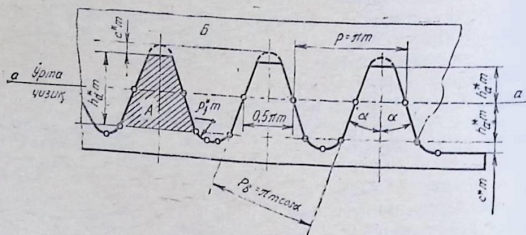
Фрезанинг қирқиладиган филдирак билан бирга бўлиши червяк билан червяк филдираги илашмасидек бўлади. Филдирак гардишининг бутун эни бўйича тиш қирқиш учун фреза айланишдан ташқари, филдирак ўқи бўйлаб илгариланма ҳаракат қилиши ҳам керак (33-шакл, а га қаранг). Бу усулнинг иш унуми ва тиш қирқиш аниқлиги юқори бўлади.

Обкаткалаш методининг асосий афзалликларидан бири шундаки, тиш профилининг эвольвента қисми эгрилиги рейканинг қирқиладиган филдирак маркази  $O$  га нисбатан силжиш қиймати  $x \cdot m$  га боғлиқ бўлади. Тишнинг асосий профиллари  $xm$  қиймати ўзгара борганда худди ўша (бир хил) профилнинг турли қисмлари билан чизилади: рейка мусбат  $xm > 0$  силжитилганда тишнинг профили эвольвентанинг қияроқ қисмига, рейка манфий  $xm < 0$  силжитилганда эса эвольвентанинг эгрилиги тикроқ қисмига тўғри келади.

Обкаткалаш методининг иккинчи афзаллиги — битта асбоб ёрдамида шу модулли тишлари сони исталганча бўлган филдиракни қирқиш мумкин. Бунда асосий қадамларнинг қиймати тенг бўлиши керак.

Лаборатория ишида рейка ёрдамида тиш қирқиш процесси билан моделда танишиб чиқамиз.

Рейка контурининг параметрлари стандарт бўйича олинади. Рейкада трапециодал шаклли икки тиш оралиги ўйиқлар ва симметрик тишлар кетма-кет жойлаштирилган (34-шакл). Тиш қалинлиги икки тиш оралигига тенг бўлган жойдан ўтган асосий  $aa$  чизиқ рейканинг бўлиш ўрта чизиги ёки модуль чизиги деб ата-



34-шакл.

лади. Тиш қирқиш асбобининг номенклатурасини чегаралаш мақсадида модуль  $m$  нинг қиймати стандарт (СТ СЭВ 310-76) бўйича қуйидагича олинади: 0,05; 0,06; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 60; 80; 100.

Бўлиш чизигидаги икки қўшни тишнинг профиллари орасидаги  $P$  масофа асосий контур тишларининг қадами дейилади. Тишнинг қадами ва асосий контурнинг барча чизигий параметрлари  $m = \frac{P}{\pi}$  модуль билан ифодаланади ва қуйидаги қийматларга тенг бўлади:

|                                                              |                                                   |        |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------|
| Тиш қадами                                                   | $- P = \pi m$                                     | } (49) |
| Асосий қадам                                                 | $- P_n = P \cdot \cos \alpha = \pi m \cos \alpha$ |        |
| Тиш каллагининг баландлиги                                   | $- h_a = h_a^* \cdot m$                           |        |
| Тиш оёғининг баландлиги                                      | $- h_f = (h_a^* + c^*) m$                         |        |
| Тиш қалинлиги                                                | $- S = 0,5 \pi m$                                 |        |
| Икки тиш оралиги                                             | $- e = 0,5 \pi m$                                 |        |
| Тиш профили билан асоснинг бурилиш қисмининг эгрилик радиуси | $- \rho_f = \rho_f^* \cdot m$                     |        |

Бу ерда  $h_a^* = 1,0$  — тиш каллагининг баландлик коэффициенти,  $c^* = 0,25$  — радиал тирқиш коэффициенти,  $\rho^* = 0,38$  — бурилиш қисмининг эгрилик радиуси коэффициенти. Рейканинг қирқувчи асосий  $B$  контур деб аталувчи ҳақиқий контури асосий  $A$  контурдан тиш чўққисининг юмалоқлашган қисми ва унинг баландлиги  $S = C^* m$  қиймати билан фарқ қилади. Бу қисм тиш профилининг эвольвента бўлмаган қисми — бурилиш эгрилигини қирқиш учун мўлжалланган.

### Рейка билан қирқиладиган тишли ғилдиракнинг параметрлари

Қирқиладиган ғилдиракда битта айлана (бўлиш айланаси) бўлиб, унда ғилдирак тишларининг қадами рейка асосий контуридаги тишлар қадами  $P$  га тенг бўлади. Агар бу айлана ва рейканинг ўрта чизиги центроида бўлса, у ҳолда қирқиладиган ғилдиракнинг бўлиш айланасида тишларнинг сони  $z$  га рейка тишлари асосий контурининг  $P$  қадами жойлашади, шунинг учун ғилдиракнинг бўлиш айланаси узунлиги қуйидагича бўлади:

$$\pi d = zp$$

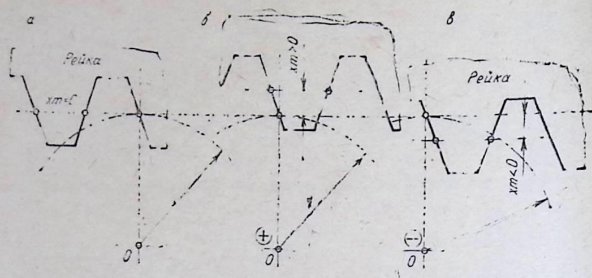
буандан бўлиш айланасининг диаметрини топамиз:

$$d = \frac{zp}{\pi} = zm \quad (50)$$

Демак, бўлиш айланаси ғилдиракнинг шундай айланасики, бунда тишларнинг модули, қадами ва профиль бурчаги  $\alpha$  рейка тишлари асосий контурининг модули, қадами ва профиль бурчагига тенг бўлади.

Тишлар қирқишда рейканинг ўрта чизиги заготовкага нис-





35-шакл.

батан радиус бўйлаб, ғилдирак марказидан мусбат  $xm (x > 0)$  (35-шакл, б) ёки ғилдирак марказига манфий қийматга  $-xm (x < 0)$  (35-шакл, в) тенг оралиққа силжитиш мумкин. Агар рейка силжитилмаса  $x = 0$  бўлса (35-шакл, а), ноль ёки нормал ғилдирак қирқилади.

Рейканинг силжиш қиймати  $xm$  ўзгариши билан бўлиш айланасининг радиуси ўзгармайди. Барча ҳолатларнинг илашиш бурчаги  $\alpha = 20^\circ$  бўлгани учун асосий айлана радиуси ҳам ўзгармайди:

$$r_b = r \cdot \cos \alpha = \frac{mz}{2} \cos \alpha, \quad (51)$$

бу ерда  $m$  ва  $\alpha$  — рейка асосий контурининг модули ва профиль бурчаги.

Эвольвентанинг шакли фақат асосий айлана радиуси  $r_b$  га боғлиқ бўлгани учун барча ғилдиракларнинг маълум модули  $m$  ва тишлари сони  $z$  бўлганда  $xm$  силжишнинг турли қийматларида тишнинг асосий профили худди ўша бир хил эвольвента билан чизилади. Шунда бўлиш айланасида тишлар қадами  $P = \pi m$  бўлиб, унинг ташкил этувчилари ўзгаради:  $x > 0$  бўлганда бўлиш айланасида тишнинг қалинлиги  $\Delta s = 2x \tan \alpha$  ёйи қалар ошадди, бўлиш айланасининг икки тиш оралиғи шу ёй қийматига камаяди. У ҳолда, бўлиш айланасида тишнинг қалинлиги қуйидагича бўлади:

$$S = \left( \frac{\pi}{2} + 2x \tan \alpha \right) m, \quad (52)$$

бўлиш айланасидаги икки тиш оралиғи

$$e = \left( \frac{\pi}{2} - 2x \tan \alpha \right) m \quad (53)$$

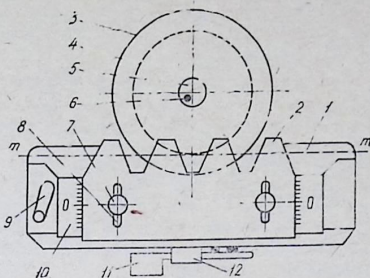
формула ёрдамида аниқланади.

Рейка ёрдамида тиш қирқиш процессини ТММ-42 маркали моделда кўриб чиқамиз.

## Моделнинг тузилиши ва ишлаши

Модель, асосан, корпус 1 қирқиш асбоби — рейка 2, заготовкани ўрнатиш диски 4 ва рейкани ҳаракатлантирувчи механизм 11, 12 дан иборат (36-шакл).

Корпусга рейка ва диск ўрнатилган. Диск икки қисмдан: устки қисми — диаметри заготовка диаметрига тенг бўлган органик шишадан тайёрланган доира 3 ва остки қисми — диаметри бўлиш



36-шакл.

айланаси диаметрига тенг бўлган доира 4 дан иборат. Иккала доира бир-бири билан қўшилган бўлиб, модель ўқида айланади.

Дискнинг учта игнасиغا заготовка—қоғоз доира ўрнатилади ва қопқоқ 5 ҳамда винт 6 воситасида дискка маҳкамланади. Рейка корпусга иккита винт 7 билан маҳкамланади. Рейканинг икки чеккасида иккита кесик 8 бўлиб, рейкани у ғилдирак марказига нисбатан ана шу кесикларда силжитиш мумкин.

Корпуснинг тепа қисмининг икки чеккасига бўлинмалар 10 кертилган. Бўлинма чизиқлари ораси 1 мм. Корпуснинг ўнг томонида туткич пўлат симнинг бир учи маҳкамланган. Симнинг иккинчи учи чап томондан дискни ўраб соат стрелкасининг юриш гомони бўйлаб, туткичга маҳкамланади. Пўлат сим тарангловчи ричаг 9 ва эксцентрик механизм ёрдамида тарангланади ёки бўшатилади. Рейка билан диск бир-бирига мос равишда храповикли механизм 11 ва 12 ёрдамида ҳаракатланади.

Ричаг 11 босилганда рейка 2 храповикли механизм 12 ёрдамида чапга бир тиш сурилади. Шунда рейка тишининг контури қоғозга қалам ёки ручка билан чизилади. Шу тариқа, рейка чап томонга сурилгунча ва қоғозга 2—3 тишнинг профили чизилгунча, чизиш давом эттирилади. Тарангловчи ричаг 11 ни бураб, сим бўшатилади ва диск қоғоз билан бирга исталган бурчакка бурилади. Илмоқни илашмадан ажратиб, рейкани қўл ёрдамида исталган томонга чапга ва ўнгга эркин суриш мумкин. Рейкани ўнг томонга суриб, модель ишга соزلанади.

## Тишли ғилдиракнинг асосий параметрларини аниқлаш

Студент чизилган ғилдиракларнинг параметрларини модель ёрдамида ўлчаб, уларни аналитик усулда ҳисобланган ўлчамлар билан таққослаши керак. Моделда қуйидаги асосий параметрлар

берилган бўлади: рейка модули  $m$ ; рейка профилининг бурчаги  $\alpha$ , тиш каллагининг баландлик коэффициенти  $h_a^* = 1,0$  бўлиш айланасининг диаметри  $d$ .

Лаборатория ишида рейканинг абсолют силжиши  $\Delta = x \cdot m$  нинг уч хил  $\Delta = \pm m = 0$  ва  $\Delta = \pm x m$  қийматида тиш профили қирқилади.

Асосий параметрларни ҳисоблаш тартиби билан айрим-айрим танишиб чиқамиз.

I. Агар  $\Delta = x m = 0$  ноль ғилдирак бўлса, уни ҳисоблаш тартиби қуйидагича бўлади: ғилдиракнинг тишлари сони

$$z = \frac{d}{m}; \quad (54)$$

асосий айлана диаметри

$$d_b = d \cdot \cos \alpha; \quad (55)$$

тиш каллаги айланасининг диаметри

$$d_a = d + 2h_a^* m; \quad (56)$$

тиш оёғи айланасининг диаметри

$$d_f = d - 2(h_a^* + C^*) m; \quad (57)$$

бўлиш айланасининг илашиш қадами

$$P = \pi m; \quad (58)$$

тишнинг бўлиш айланаси бўйича қалинлиги

$$s = 0,5 \pi m; \quad (59)$$

тишнинг асосий айлана бўйича қалинлиги

$$s_b = d_b \left( \frac{s}{d} + \operatorname{inv} \alpha \right); \quad (60)$$

тишнинг тиш каллаги айланаси бўйича қалинлиги

$$s_a = d_a \left( \frac{s}{d} + \operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha_a \right); \quad (61)$$

бу ерда

$$\alpha_a = \arccos \frac{d_b}{d}. \quad (62)$$

II. Агар рейка мусбат ёки манфий коррекцияга мосланиб,  $\Delta = \pm x m$  (+) — мусбат коррекцияланган тишли ғилдирак, (—) — манфий коррекцияланган тишли ғилдирак қийматга сурилган бўлса, уни ҳисоблаш тартиби қуйидагича бўлади.

Ғилдирак тишлари сони  $z$  ва бўлиш айланасининг диаметри  $d$  юқоридагидек ҳисобланади; тиш каллаги айланасининг диаметри

$$d_a = m(z + 2) \pm 2\Delta; \quad (63)$$

тиш оёғи айланасининг диаметри

$$d_f = m(z - 2,5) \pm 2\Delta; \quad (64)$$



тишнинг бўлиш айланаси бўйича қалинлиги

$$S = \frac{\pi m}{2} \pm 2\Delta \operatorname{tg} \alpha; \quad (65)$$

тишнинг тиш каллаги айланаси бўйича қалинлиги

$$s_a = d_a \left( \frac{0,5\pi + 2x \operatorname{tg} \alpha}{z} + \operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha_a \right) \quad (66)$$

III. Агар ғилдиракнинг тишлар сони 17 дан кам бўлса, моделдаги бўлиш айланасига рейканинг ўрта чизиги мос ( $x = 0$ ) бўлса, тиш асоси қирқилиши мумкин. Бу эса тиш асосининг мустақкамлигини пасайтиради. Тиш асоси қирқилмаслиги учун рейканинг ўрта чизиги ғилдиракнинг бўлиш айланасига нисбатан  $\Delta = 1,7$  мм оралиққа сурилади.

Агар  $h_a^* = 1,0$ ,  $\alpha = 20^\circ$  деб олсак, рейканинг силжиш коэффициенти  $x$  қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$x = \frac{17 - z}{17} \quad (67)$$

Демак, тишнинг асоси қирқилмаслиги учун ғилдирак тишларининг минимал сони 17 дан кам бўлмаслиги керак. Агар тишлар сони 17 дан кам бўлса, рейкани суриб, ғилдирак тиши тиш асоси қирқилмайдиган қилиб қирқилади.

Рейкани мусбат силжитиб қирқилган тиш нормал тишдан қуйидагилар билан фарқ қилади:

- 1) тиш оёғи баландлиги бўлиш айланасидан рейканинг силжиш қиймати  $\Delta$  ча кам бўлади;
- 2) тишнинг бўлиш айланаси бўйича қалинлиги икки тиш кенглигидан катта бўлади.

Икки тиш кенглиги рейка бўлиш чизигининг тиш кенглигига тенг бўлади. Икки тишнинг бўлиш айланаси ораллиғи

$$e = \frac{\pi m}{2} - 2x m \operatorname{tg} \alpha,$$

тиш қалинлиги эса

$$s = \frac{\pi m}{2} + 2x m \operatorname{tg} \alpha$$

бўлади. Манфий ғилдирак учун мусбат ғилдирак қийматларининг тескари қийматлари олинади. Ноль ва коррекция қилинган тишли ғилдираклар учун асосий айлана радиуси  $r_b$  бир хил, яъни

$$r_b = 0,5mz \cos \alpha$$

бўлади. Демак, барча бир хил  $m$  модулли,  $\alpha$  илашиш бурчагили ва тишлари сони  $z$  бўлган ғилдираклар учун, рейканинг силжишидан қатъи назар, асосий айлана бир хил бўлади.

Агар мусбат коррекцияланган тишли ғилдиракларда силжиш қиймати  $\Delta$  катта олинса, тиш учли бўлиши мумкин.

Қабул қилинган нормага биноан тишнинг тиш каллаги айланаси бўйича эни қуйидагича бўлиши керак:

эни

$$s_a > (0,2 \dots 0,3) m.$$

Керакли асбоб ва ускуналар. ТММ-42 маркали тиш қирқиш модели; қалин қоғоз доира — заготовка; қалам ёки шарикли ручка; циркуль, логарифмик линейка.

### Ишни бажариш тартиби

1. Моделда кўрсатилган диск 3-нинг диаметрига мослаб, қоғоз доира қирқилади. У қисм шайбаси 5 ёрдамида моделга ўрнатилади. Доира юзаси уч бўлакка бўлинади. Рейканинг ноль чизиги моделнинг „0“ чизигига мослаб ўрнатилади.

Бунинг учун маҳкамлаш винт 7 ни бўшатиб, рейкадаги чизикча модель корпусидаги „0“ рақамга тўғрираниб, рейканинг винтлари бураб қотирилади.

Шунда рейка ғилдиракнинг нормал (ноль) тишини қирқишга ўрнатилган бўлади.

Симни тарангловчи ричаг 9 буралиб, рейка 2 ўнг томонга сурилади. Ричаг буралиб, сим тарангланади ва доира қоғозга тиш профилни чизишга тайёрланади.

Храповикли механизмнинг ричаги босилиб, рейка ўнгдан чапга сурилади. Ҳар сурилганда қоғоз устида турган рейка тишларининг контури бўйлаб қоғозга чизилади. Рейка чап томонга бутунлай сурилгунча унинг контури бўйлаб қоғозга чизилади. Шунда ғилдиракнинг 2—3 та тишининг қирқилиш процесси моделда кўрсатилади (37-шакл, а).

2. Рейкада ёзилган модуль  $m$  ва бўлиш айланаси диаметри  $d$  қийматлари бўйича ғилдиракнинг тишлари сони қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$z = \frac{d}{m}$$

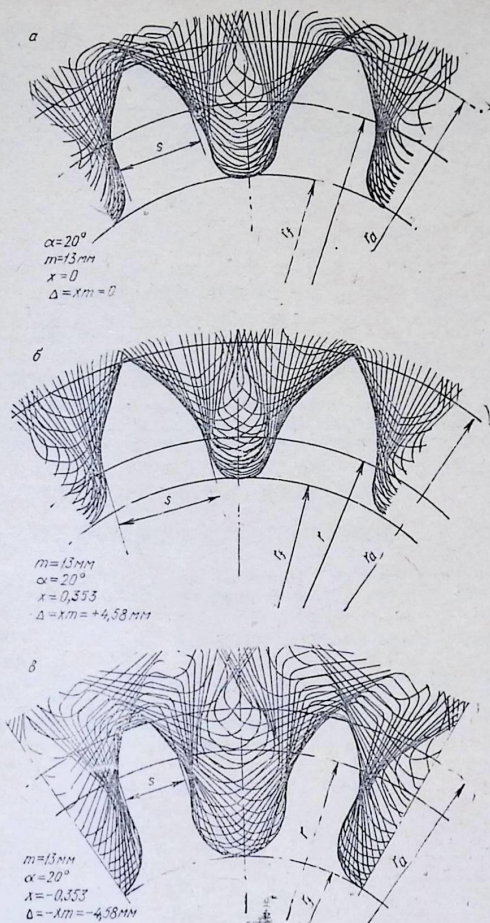
Агар ҳисоблаш натижасида тишлар сони 17 тадан кам чиқса, ғилдиракнинг тиш ости қирқилмаслиги учун рейка маълум  $\Delta$  оралиққа сурилади ва ғилдиракнинг коррекцияланган тиши қирқилади.

Бунинг учун:

а) силжиш коэффициенти  $x$  (67) формула ёрдамида аниқланади;  
б) рейканинг силжиш қиймати  $\Delta = xm$  формула билан топилади;  
в) модели корпусида кўрсатилган бўлима ёрдамида рейка  $\Delta$  оралиққа сурилиб, мусбаб коррекцияланган ғилдирак тишини қирқишга созланади. Рейка ўнг томонга сурилади ва заготовка  $120^\circ$  сурилиб, қоғознинг иккинчи қисмида ғилдиракнинг 2—3 тишининг қирқилиши чизилади (37-шакл, б).

3. Рейка заготовка маркази томонига  $\Delta = -xm$  сурилиб қоғознинг учинчи қисмига ғилдиракнинг коррекцияланган маирий 2—3 тишининг қирқилиши чизилади (37-шакл, в).

4. Тишли ғилдиракнинг асосий ўлчамлари ( $d$  бўлиш,  $d_n$  асосий,  $d_a$  тиш каллаги ва  $d_f$  тиш оёғи айланаси диаметрлари) (50), (55), (56), (57) формулалар ёрдамида ҳисобланади.



37-шакл.

5. Моделдан ғилдирак тишлари чизилган қоғоз доирани олиб, ҳар бир чоракдаги ғилдиракка ҳисобланган  $d, d_{в}, d_{а}, d_{г}$  диаметрлар бўйича айланалар чизилади.



6. Чизилган айланалар бўйича тишларнинг  $s'$ ,  $s_b$ ,  $s_a'$ , қалинлиги ўлчанади ва улар (59) ва (61) формулалар ёрдамида ҳисобланган қийматлар билан таққосланади.

7. Хулосада ноль ва коррекцияланган тишлар қалинликларининг қандай ўзгариши ёзилади.

9. Иловада берилган намуна бўйича ишнинг ҳисоботи ёзилиб, ғилдирак тишлари чизилган доира—қоғоз билан бирга топширилади.

### Контрол саволлар

1. Моделнинг тузилиши ва ишлашини айтиб беринг.
2. Ғилдирак тишларини қирқиш усуллари айтиб беринг.
3. Қирқиш асбоби — рейканинг асосий параметрларини айтиб беринг.
4. Ноль ва коррекцияланган ғилдирак тишлари бир-биридан нималар билан фарқ қилади?
5. Нима учун ғилдирак тишлари коррекцияланиб қирқилади?
6. Тиш асоси нима сабабдан қирқилади ва уни қандай йўқотиш мумкин?
7. Тиш қалинликларини ҳисоблаш формулаларини ёзинг.
8. Ғилдирак айланаларининг номи ва уларни ҳисоблаш формулаларини ёзинг.
9. Эвольвента нима ва унинг асосий хоссалари нималардан иборат?
10. Ғилдирак тишларининг минимал сонини ҳисоблаш формуласини ёзинг.
11. Рейканинг силжиш қийматини аниқлаш формуласини ёзинг.

## 5-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### ТИШЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИНГ КИНЕМАТИК АНАЛИЗИ

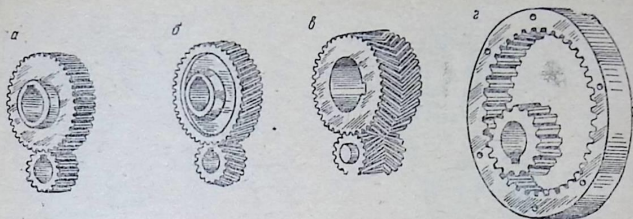
Бу лаборатория иши уч қисмдан иборат. Ҳар бир қисм учун алоҳида лаборатория иши ўтказилади.

#### 1. Ўқлари қўзғалмас тишли механизмлар

Ишдан кўзланган мақсад. Тишли механизмларнинг кинематик схемасини чизишни ўрганиш ва уларнинг қўзғалувчанлик даражаси, узатиш сони ва етакланувчи ғилдиракларнинг бурчак тезлигини (ёки айланиш частотасини) аниқлаш.

#### Ишнинг назарий асосланиши

Звенолари тишли ғилдираклардан иборат механизм *тишли механизм* дейилади. Иккита тишли ғилдирак ва стойкадан тузилган оддий тишли механизм *тишли узатма* деб аталади. Тишли узатмалар бир валдан иккинчи валга ҳаракат (тезлик), куч ва буровчи момент узатиш учун хизмат қилади. Улар автомобил ва трактор, қишлоқ хўжалик ва қурилиш машиналарида, металл кесиш станокларида, ўлчаш асбоблари ва ҳисоблаш машиналарида ва бошқа механизмларда ишлатилади. Узатмада қуйидаги афзаллик ва камчиликлар бўлади. Узатмаларнинг афзаллиги: 1) катта тезлик ва нагрузкада ишлаш хусусияти юқори ва кенг, 2) габарит ўлчамлари кичик, 3) чидамлилиги юқори, 4) фойдали



38-шакл

иш коэффициенти юқори, 5) подшипник ҳамда валларга тушади-  
ган нагрузка бошқа узатмалардагига нисбатан кам, 6) узатиш  
нисбати ўзгармас, 7) ишлатилиши оддий, 8) тузилиши ихчам,  
9) ишқаланишга бўладиган сарф кам, 10) талаб қилинган тезликни  
ҳосил қилиш мумкин, 11) ишончли ишлайди.

Узатмаларнинг камчиликлари: 1) механизмларни йиғиш ва  
тайёрлаш аниқлигига қўйилган талаблар юқори, 2) катта тезлик-  
да шовқин билан ишлайди, 3) тайёрланиш усули нисбатан мурак-  
каб, 4) узатиш нисбатини бепогона ўзгартириб бўлмайди,  
5) филдираклар аниқ тайёрланмаса, катта зарб кучлари ва гебра-  
нишлар пайдо бўлади.

Узатмалар вазифасига кўра куч, тезлик ва ҳисоблаш турла-  
рига бўлинади. Тишли узатманинг тишлари кам филдираги *шес-  
терня* деб, тишлари кўпи эса *тишли филдирак* деб аталади.

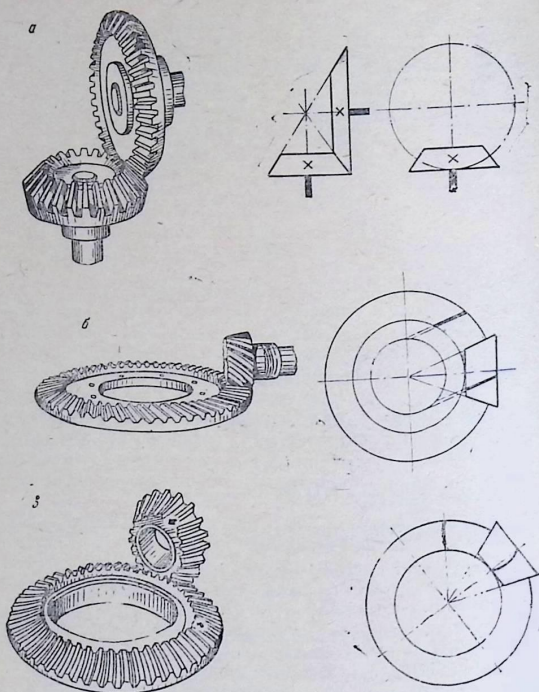
Узатмада шестерня 1 индекс билан, тишли филдирак эса  
2 индекс билан белгиланади. Кўп ҳолларда, двигатель вали би-  
лан иш машинаси тишли узатмалар (редуктор, узатмалар қутиси  
ва бошқалар) ёрдамида бирлаштирилади. Тишли механизмлар те-  
кис ва фазовий бўлади. Текис механизмнинг барча филдираклари  
параллел текисликда айланади ёки ҳаракат қилади, яъни филди-  
рак ўқлари параллел жойлашади (38-шакл, а, б, в — ташқи узат-  
ма ва 38-шакл, г — ички узатма).

Фазовий механизмларда филдиракларнинг геометрик ўқлари  
фазода кесишади ва айқашади.

Ўқ атрофида айланма ҳаракат узатиш учун тўғри тишли  
(39-шакл, а), қия тишли (39-шакл, б), эгри тишли (39-шакл,  
в) кесишувчи конуссимон узатмалар ва ўқлари кесишмай, ўзаро  
перпендикуляр жойлашувчи червякли (40-шакл, а), винтавий  
(геликоидаль) (40-шакл, б) узатмалар бўлади. Ўқлари кесиш-  
майдиган ва ўзаро перпендикуляр бўлмайдиган гиперболоид  
(40-шакл, в) ва гипонд (40-шакл, г) айқаш узатмалар ҳам  
бўлади. Тишли мураккаб механизмлар филдиракларининг ўқлари  
қўзғалмас ва қўзғалувчан турларга бўлинади.

Ўқлари қўзғалмас тишли механизм икки гурпуага бўлинади:

1) Ҳар бир валга биттадан филдирак ўрнатилган қаторли узатма



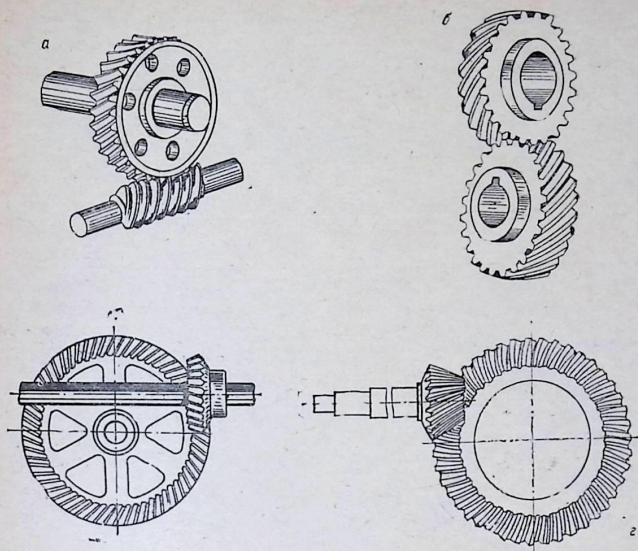
39-шакл.

2) валларнинг ҳар бирига (чекка валдан ташқари) иккитадан гилдирак ўрнатилган погонали узатмалар.

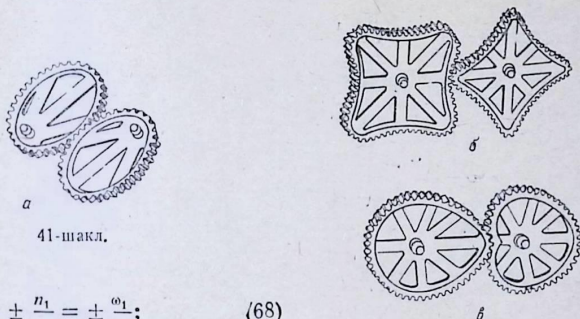
Узатмалар тишли гилдиракларининг тузилишига қараб, улар узатиш сони ўзгармас доиравий (38...40-шаклларга қаранг) ва узатиш сони ўзгарувчан нодоиравий (41-шакл, *а, б, в*) бўлади. Узатманинг асосий характеристикаси узатиш нисбати (сони) бўлиб, у узатма бир валининг айланиш частотаси бошқа валининг айланиш частотасидан неча марта ортиқ ёки кам эканлигини кўрсатади. Узатиш нисбати (сони) *U* ҳарфи билан белгиланади.

Узатиш нисбати етакчи валнинг бурчак тезлигини (ёки айланиш частотасини) етакланувчи валнинг бурчак тезлигига (ёки айланиш частотасига) нисбати билан аниқланади:





40-шакл.



41-шакл.

$$U_{12} = \pm \frac{n_1}{n_2} = \pm \frac{\omega_1}{\omega_2}; \quad (68)$$

бу ерда мусбат ишора ички илашмали, манфий ишора эса ташқи илашмали узатмаларга тааллуқли бўлади.

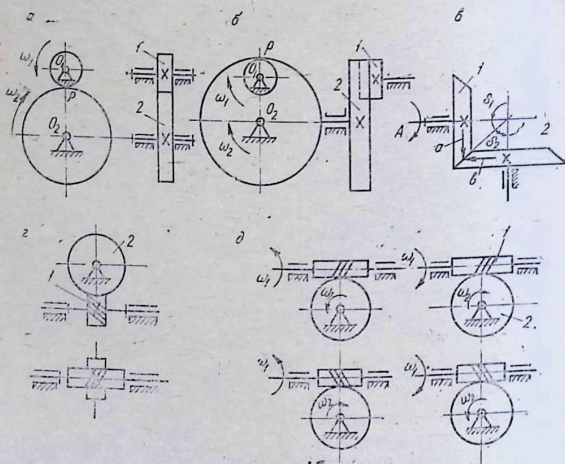
Бурчак тезликларнинг нисбатига қараб, бурчак тезлиги пасаядиган ва бурчак тезлиги ошадиган узатмалар бўлади. Бурчак

тезлиги пасаядиган узатмада  $\omega_2 < \omega_1$  ва  $U_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} > 1$  бўлиб, у куч узатувчи тишли механизм деб, бурчак тезлиги ошадиган узатмада  $\omega_2 > \omega_1$  ва  $U_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} < 1$  бўлиб, у кинематик тишли механизм деб аталади. Уч звеноли тишли механизмлар (узатмалар) узатиш нисбати унча катта бўлмаган ҳаракатни узатади. Амалда, узатиш сони қуйидаги қийматларга тенг бўладиган узатмалар ишлатилади:

| № | Узатма тури | Узатиш сони |          |
|---|-------------|-------------|----------|
|   |             | ўртача      | максимал |
| 1 | Цилиндрик:  |             |          |
|   | тўғри тишли | 3 . . . 5   | 10       |
|   | қия тишли   | 3 . . . 6   | 15       |
| 2 | Конуссимон: | 2 . . . 6   | 10       |
| 3 | винтавий    | 2 . . . 4   | 5        |
| 4 | червякли    | 10 . . . 60 | 100      |

Тишли оддий узатмаларнинг узатиш сонини аниқлаш усуллари кўриб чиқамиз.

А. Цилиндрик тишли узатма ташқи (42-шакл, а) ва ички (42 шакл, б) илашмали бўлади. Бу узатманинг филдирак 1 дан



42-шакл.

гилдирак 2 га ҳаракат узатиш сони қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$U_{12} = \pm \frac{\omega_1}{\omega_2} = \pm \frac{z_2}{z_1} \quad (69)$$

Бу ердаги минус ишора иккинчи гилдиракнинг биринчи гилдиракка нисбатан тескари томонга айланишини билдиради.

Б. Конуссимон тишли узатманинг (42-шакл, в) узатиш сони цилиндрик узатманики каби аниқланади:

$$U_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (70)$$

Иккинчи гилдиракнинг айланиш йўналиши „стрелка“ қондаси бўйича аниқланади (42-шакл, в), яъни вал А нинг стрелка йўналиши звено 1 бўйлаб „а“ ҳолатига кўчирилади ва иккинчи гилдиракнинг „в“ стрелкаси учини „а“ га йўналтириб, унинг айланиш томони аниқланади.

В. Винтавий узатманинг винтавий гилдираги тишлари сони киримлар сонига тенг бўлган қисқа (энсиз) кўп киримли винт деб ҳисобланади (42-шакл, г). Унинг узатиш сони қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$U_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (71)$$

Г. Червякли узатманинг (42-шакл, д) узатиш сони червяк гилдираги тишлари сони  $z$  нинг червякнинг киримлар сони  $z_q$  га нисбати билан аниқлади:

$$U_q = \frac{z}{z_q} \quad (72)$$

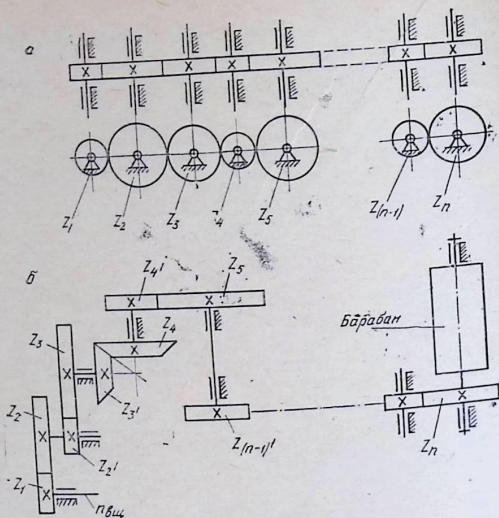
Червяк гилдирагининг айланиш йўналиши кирим чизигининг қиялик бурчагига ва червякнинг айланиш йўналишига боғлиқ бўлади.

Тишли мураккаб узатмалар бир неча оддий тишли узатмалардан иборат бўлади. Улар қаторли (43-шакл, а) ва поғонали (43-шакл, б) бўлиши мумкин. Қаторли тишли узатмалар, асосан, узатманинг охириги гилдирагининг айланиш йўналишини ўзгартириш ва етакчи валнинг ҳаракатини узоқ оралиқда жойлашган етакланувчи валга узатиш учун хизмат қилади. Қаторли узатмадаги гилдираклар бир текисликда кетма-кет жойлашган бўлиб, гилдиракнинг ҳар бири ўз ўқи атрофида айланади (43-шакл, а).

Қаторли тишли узатманинг умумий узатиш сони қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$U_{1n} = (-1)^k \frac{\omega_1}{\omega_n} = (-1)^k \frac{z_n}{z_1} \quad (73)$$





43-шакл.

бу ерда  $z_n$ —етакланувчи (охирги) гилдиракнинг тишлари сони;  
 $z_1$ —етакчи гилдиракнинг тишлари сони;  $k$ —ташқи тишли гилди-  
 ракларнинг илашмалари сони.

Погонали узатмаларда ҳар бир валга икки ва ундан ортиқ  
 гилдирак ўрнатилади (43-шакл, б). Уларнинг умумий узатиш  
 сони кетма-кет поғона бўлиб қўшилган ҳар бир узатманинг уза-  
 тиш сонлари кўпайтмасига тенг:

$$U_{1n} = \frac{\omega_1}{\omega_n} = (-1)^k U_{12} U_{2'3} U_{3'4} \dots U_{(n-1)'n} = (-1)^k \frac{z_2 z_3 z_4 \dots z_n}{z_1 z_2' z_3' \dots z_{(n-1)'}} \quad (74)$$

Ташқи илашма „к“ нинг қиймати жуфт сонга тенг бўлса, уза-  
 тиш нисбати мусбат бўлиб, етакчи звено 1 билан етакланувчи  
 гилдирак  $n$  бир томонга айланади, акс ҳолда—тесқари томонга  
 айланади. Формула (74) нинг суратидаги кўпайтма ҳар бир по-  
 гонанинг етакланувчи гилдираклари тишлари сонини, махраждаги  
 кўпайтма эса етакчи гилдиракларнинг тишлари сонини билдиради.  
 Лаборатория ишини бажариш учун 44-шаклда тишли меха-  
 низмларнинг кинематик схемалари келтирилган.

Керакли асбоб ва ускуналар. Тезликлар қутисининг модели  
 ёки редуктор, узатмаларнинг кинематик схемаси, чизмачилик  
 асбоблари ва логарифмик линейка.

## Ишни бажариш тартиби

I. Узатмалар қутисининг модели ёки реал машинанинг узатмалар қутиси кинематик анализ қилинади. Бунинг учун:

1) моделнинг етакчи ғилдираги валини секин айлантириб, узатмадаги звеноларнинг ҳаракат қилиши кузатилади;

2) унинг кинематик схемасини чизиб, ҳаракатланувчи звенолар ва кинематик жуфтларнинг турлари аниқланади;

3) узатманинг қўзғалувчанлик даражаси ҳисобланади;

4) барча ғилдиракларнинг тишларини санаб, узатманинг узатиш сони ҳисобланади;

5) етакчи ғилдиракнинг маълум айланиш частотасида етакланувчи ғилдиракнинг айланиш частотаси нечага тенг эканлиги ҳисобланади ва ҳисоб натижаси тажриба ўтказиш ёрдамида текширилади. Бунинг учун берилган  $n_1$  қиймат бўйича етакчи ғилдиракни айлантириб, етакланувчи валдаги шкала ёрдамида унинг айланиш сони аниқланади. Тажрибада аниқланган қиймат ҳисобланиб, натижалари билан таққослаб кўрилади ва уларнинг фарқи аниқланади.

II. Ўқитувчи берган 44-шаклдаги тишли механизмларнинг кинематик схемаси текширилади. Бунинг учун:

1) берилган кинематик схема ихтиёрий масштабда ҳисобот варағига чизилади;

2) схеманинг қўзғалувчанлик даражалари сони ҳисобланади;

3) етакчи валдан етакланувчи валгача бўлган ҳар бир узатма поғонасининг узатиш сони ҳисобланади ва унинг кўпайтмаси олиниб, умумий узатиш сони аниқланади.

4) ҳар бир узатманинг етакланувчи валининг айланиш сони ҳисобланади;

5) ҳисобот варағи намуна бўйича тўлдирилиб, иш топширилади.

## Контрол саволлар

1) Қатор ва поғонали узатмалар нима билан фарқ қилади?

2) Узатиш сони ва-нисбати қандай аниқланади?

3) Қаторли тишли узатмаларнинг узатиш сони қандай ҳисобланади?

4) Поғонали тишли узатмаларнинг узатиш сони қандай ҳисобланади?

5) Узатмалар қутисининг вазифасини тушунтиринг.

6) Қаторли узатмалардаги оралиқ тишли ғилдираклар нима учун ишлатилади?

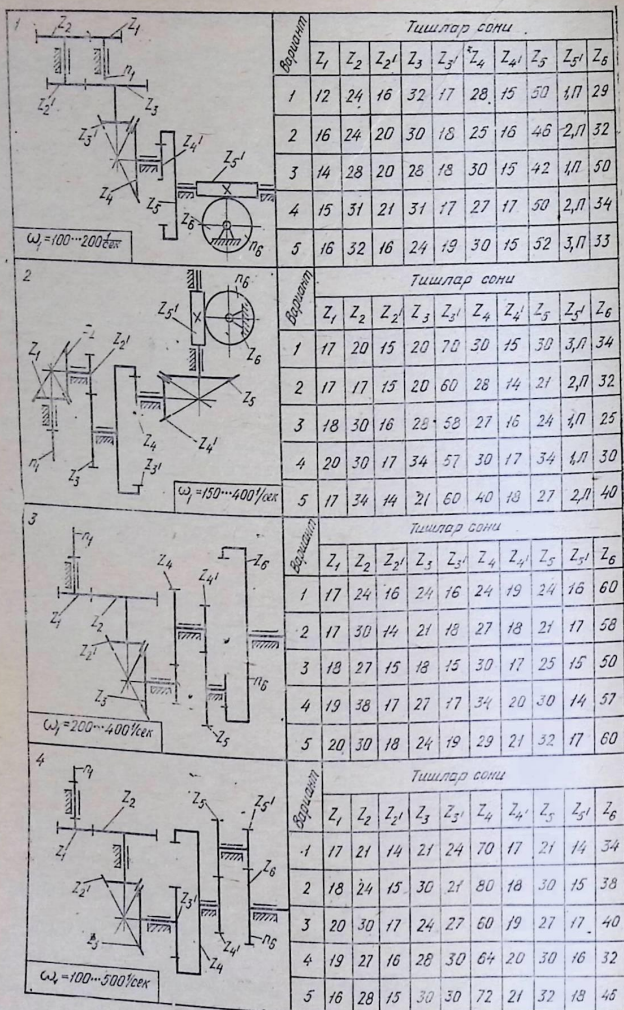
7) Ташқи, ички, конус, винтавий, червякли узатмалар бир-биридан нима билан фарқ қилади?

8) Куч узатмаси билан кинематик узатманинг бир-биридан фарқини айтиб беринг.

9) Доғравий ва подоғравий узатмаларда узатиш сони қандай ўзгаради?

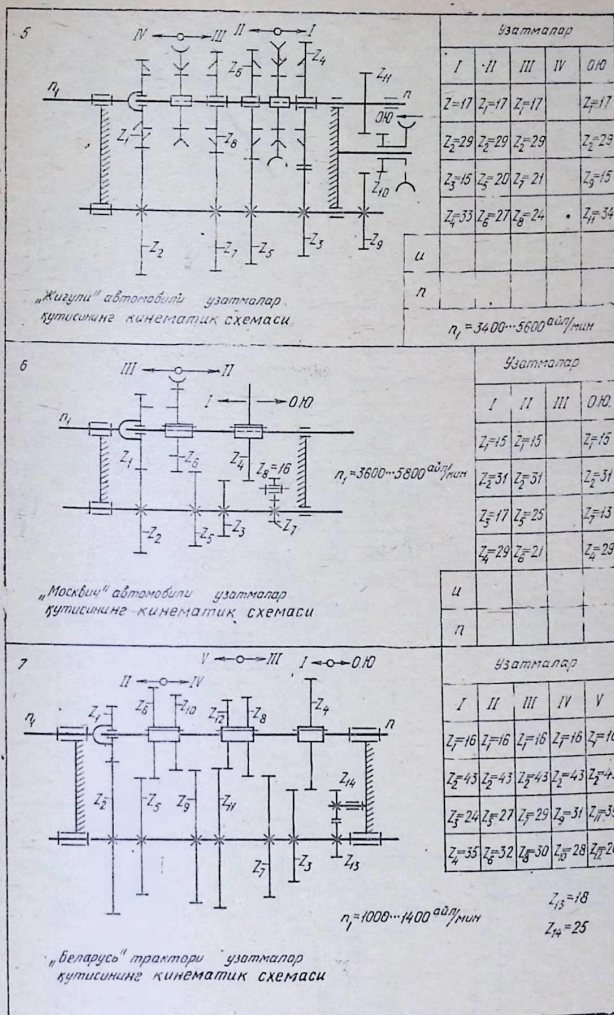
## II. Ўқлари қўзғалувчан тишли механизмлар

Бу қисмда планетар ва дифференциал тишли механизмларга онд лаборатория ишлари қилинади.



44-шакл.

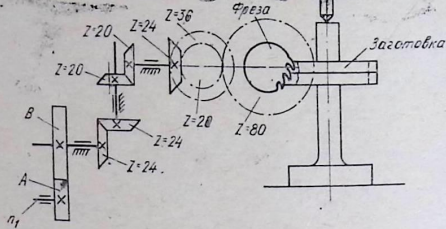




44-шақл (б)

8

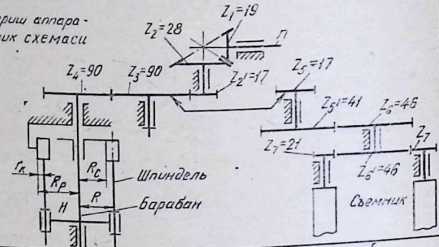
Тош қирғиш станогининг кинематик схемаси



| A  | B  |
|----|----|
| 24 | 24 |
| 20 | 30 |
| 24 | 36 |
| 20 | 80 |
| 28 | 60 |

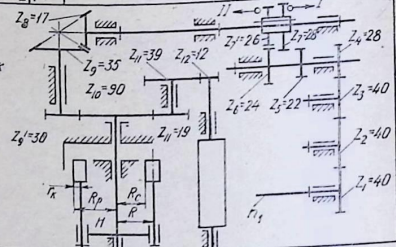
9

ХТ-12 пахта териш аппаратынинг кинематик схемаси



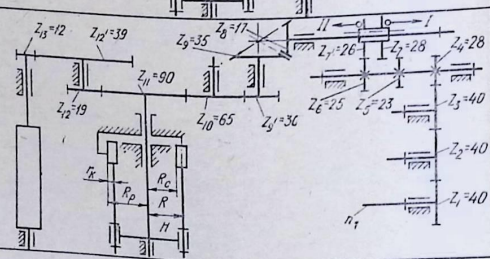
10

4XB-2,4 пахта териш аппаратынинг кинематик схемаси



11

17XB-1,8 аппаратынинг кинематик схемаси



## 1. Планетар механизмнинг кинематик анализи

Ишдан кўзланган мақсад. Планетар механизм моделининг кинематик схемасини чизиш, унинг қўзғалувчанлик даражаси ва узатиш сонини, етакланувчи звенонинг айланиш частотасини (бурчак тезлигини) аниқлаш,

### Ишнинг назарий асосланиши

Таркибидаги бирор ғилдиракнинг геометрик ўқи қўзғалувчан бўлган узатма *планетар механизм* дейилади.

Планетар механизмнинг қўзғалувчанлик даражалари сони бир-га тенг бўлиб, у қуйидаги формулалар ёрдамида аниқланади:

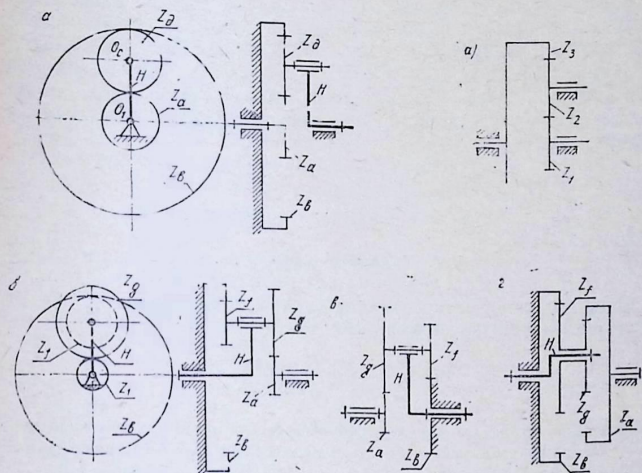
$$W = 3n - 2P_5 - P_4 \quad (75)$$

ёки

$$W = n - P_{\text{ил}}, \quad (76)$$

бу ерда  $P_{\text{ил}}$  — тишли илашмалар (олий кинематик жуфтлар) сони,  $n$  — қўзғалувчан звенолар сони.

Планетар узатма, асосан, қўзғалувчан марказий ғилдирак  $Z_a$ , ўқи ҳаракатланувчи ғилдирак  $Z_d$  — сателлит, ўз ўқи атрофида айланувчи ва унга сателлит ўрнатилган звено — водило  $H$  ва қўзғалмас марказий ғилдирак  $Z_b$  дан иборат (45-шакл, а). Пла-



45-шакл



нетар узатма бошқа тишли узатмаларга нисбатан массаси кичик, ихчам, равои ва кам шовқин билан ишлайди, ФИК юқори, узатиш сони катта. Унинг асосий камчилиги деталларини тайёрлаш ва йиғиш анча мураккаб, у юқори аниқлик даражасини талаб қилади.

Бу узатмалардан металл кесиш станоклари, юк кўтариш машиналари, транспорт ва иш машиналари, авиация двигателлари, пахта териш аппарати, ҳисоблаш машиналари ва машинасозлик ҳамда асбобсозликда ишлатиладиган редукторлардан кенг қўламда фойдаланилади. Планетар механизм ёрдамида турли узатиш нисбатларини ҳосил қилиш мумкин.

Қуйида 4 ва 5 звеноли цилиндрлик гилдиракли энг кўп тарқалган планетар узатмаларнинг узатиш нисбатини аниқлаймиз:

$$U_{aH} = \frac{\omega_a}{\omega_H}. \quad (77)$$

Оддий Джемс планетар механизми (45-шакл,  $a$ ) марказий етакчи гилдирак  $Z_a$ , сателлит  $Z_b$ , водило  $H$  ва марказий қўзғалмас гилдираклар  $Z_a$  дан иборат. Унинг узатиш нисбатини аниқлаш учун „ҳаракатни қайтариш“ усулини татбиқ этамиз, яъни ҳаёлан водилонинг бурчак тезлигига тенг ва тескари йўналишда барча звеноларни қўшимча ( $-\omega_H$ ) тезлик билан айлантирамиз. Бунинг натижасида водило сателлитнинг қўзғалмас ўқиға, механизм эса оддий тишли узатмага (45-шакл,  $a$ ) айланади. У ҳолда марказий  $a$  гилдирак  $\omega'_a = \omega_a - \omega_H$  бурчак тезлик билан, иккинчи марказий қўзғалмас  $b$  гилдирак эса  $\omega'_b = -\omega_H$  бурчак тезлик билан айланади. Бунда „қайтарилган“ механизмнинг узатиш нисбатини (сонини) аниқлашнинг қуйидаги формуласини ҳосил қиламиз:

$$U_{ab}^H = \frac{\omega'_a}{\omega'_b} = \frac{\omega_a - \omega_H}{-\omega_H} = 1 - \frac{\omega_a}{\omega_H} = 1 - U_{aH}^b$$

ёки

$$U_{aH}^b = 1 - U_{ab}^H. \quad (78)$$

Агар водилони етакчи звено, марказий гилдирак  $Z_a$  ни эса етакланувчи деб қабул қилсак,

$$U_{Ha}^b = \frac{1}{U_{Ha}^b} = \frac{1}{1 - U_{ab}^H} \quad (79)$$

бўлади. Бу ерда  $U$  нинг юқориги  $H$  ва  $b$  индекслари звеноларнинг қўзғалмаслигини, пастки индексларнинг биринчи рақами етакчи ва иккинчи рақами етакланувчи звенони билдиради.

„Қайтарилган“ механизмнинг узатиш сони ( $U_{aH}^H$ ) қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$U_{ab}^H = (-1)^1 \frac{z_b}{z_a} = -\frac{z_b}{z_a}.$$

У ҳолда Джемс планетар механизмнинг узатиш сони

$$U_{aH}^b = 1 - U_{ab}^H = 1 - \left(-\frac{z_b}{z_a}\right) = \frac{z_a + z_b}{z_a} \quad (80)$$

бўлади.  $U_{aH}^b$  ни ҳисоблашда формуланинг ишорасига катта аҳамият бериш керак. Ишорани хато олиш нотўғри натижага олиб келади.

Турли планетар механизмларнинг (45-шакл, *a, б, в, г*) узатиш сонларини аниқлаш формулалари ва узатиш сонларини таҳминан қанча қабул қилиш кераклиги 3-жадвалда берилган.

Пахта териш аппаратининг шпинделларини айлантириш учун фрикцион планетар механизм (46-шакл, *a, б*) ишлатилади. Шпинделлар барабанидан шпинделларга ҳаракат узатишда узатиш сони (сирпаниш ҳисобга олинмаганда) қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

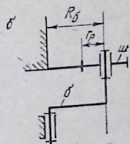
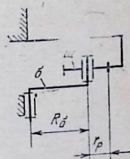
$$U_{\text{ош}} = \frac{\omega_{\text{б}}}{\omega_{\text{ш}}} = \frac{R_{\text{б}} \pm r_{\text{р}}}{r_{\text{р}}} \quad (81)$$

бу ерда  $\omega_{\text{б}}$  ва  $\omega_{\text{ш}}$  — барабан ва шпинделнинг бурчак тезлиги, 1/сек;  $R_{\text{б}}$  — барабанининг шпиндель ўқлари бўйича радиуси;  $r_{\text{р}}$  — шпиндель ролигининг радиуси. Формуладаги  $+$  ишора барабанининг иш зонаси (46-шакл, *a*), — ишора эса барабан шпинделидан пахтани ажратиб олиш зонаси (46-шакл, *б*) га тегишли.

Керакли асбоб ва ускуналар. Планетар механизмнинг модели, пахта териш аппарати, механизмнинг кинематик схемаси, чизмачилик асбоблари, логарифмик линейка.

### Ишни бажариш тартиби

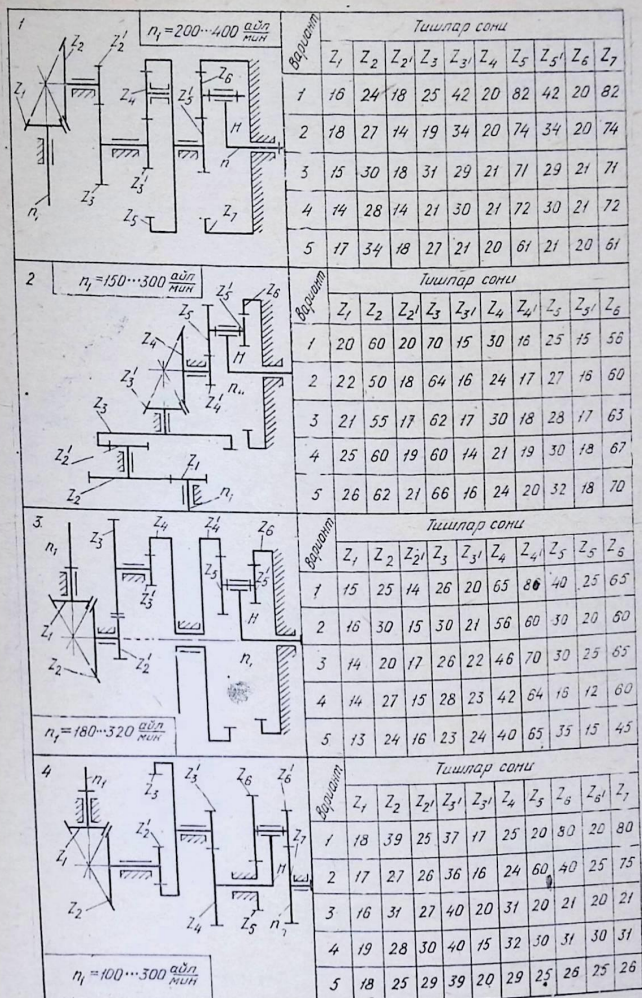
1. Моделнинг етакчи ғилдирагини секин айлантириб, унинг тузилиши билан танишилади ва кинематик схемаси чизилади.
2. Схеманинг эркинлик даражаси  $W$  ва узатиш сони  $u$  ҳисобланади.
3. Механизмнинг берилган кинематик схемаси чизилади. (Кинематик схеманинг варианти 47-шаклдан олинади).
4. Унинг эркинлик даражаси ва узатиш сони ҳисобланади.
5. Етакланувчи звенонинг бурчак тезлиги ҳисобланади.
6. Ҳисобот вараги тўлдирилиб, иш топширилади.



46-шакл.

| Тартиб<br>номери | Планетлар<br>механизмларнинг тури                                                     | $U_{Ha}^b$                                                                  | $U_{Hb}^a$                                                                  | $U_{bH}^a$                                                       | $U_{aH}^b$                                                      | $U_{ba}^H$                             | $U_{ab}^H$                             |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 1                | Ташқи ва ички<br>илашмалар бир қатор-<br>ли редуктор (45-шакл,<br>a)                  | $\frac{1}{1 + \frac{z_b}{z_a}} =$<br>= 0,445..<br>· 0,111                   | $\frac{1}{1 + \frac{z_a}{z_b}} =$<br>= 0,565..<br>· 0,888                   | $1 + \frac{z_a}{z_b} =$<br>= 1,77..<br>· 1,125                   | $1 + \frac{z_b}{z_a} =$<br>= 2,3..<br>· 9,0                     | $-\frac{z_a}{z_b}$                     | $-\frac{z_b}{z_a}$                     |
| 2                | Битта ташқи ва бит-<br>та ички илашмалар ик-<br>ки қаторли редуктор<br>(45-шакл, б)   | $\frac{1}{1 + \frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f}} =$<br>= 0,5..<br>· 0,067 | $\frac{1}{1 + \frac{z_a \cdot z_f}{z_g \cdot z_b}} =$<br>= 0,5..<br>· 0,933 | $1 + \frac{z_a \cdot z_f}{z_g \cdot z_b} =$<br>= 20..<br>· 1,071 | $1 + \frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f} =$<br>= 2,0..<br>· 150 | $-\frac{z_a \cdot z_f}{z_g \cdot z_b}$ | $-\frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f}$ |
| 3                | Икки ташқи ёки ик-<br>ки ички илашмалар ик-<br>ки қаторли редуктор<br>(45-шакл, в, з) | $\frac{1}{1 - \frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f}} =$<br>= 30..<br>· 1500   | $\frac{1}{1 - \frac{z_a \cdot z_f}{z_g \cdot z_b}} =$<br>= 30..<br>· 1500   | $1 - \frac{z_a \cdot z_f}{z_g \cdot z_b} =$<br>= 30..<br>· 1500  | $1 - \frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f} =$<br>= 30..<br>· 1500 | $\frac{z_a \cdot z_f}{z_g \cdot z_b}$  | $\frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f}$  |





47-шакл.

## Контрол саволлар

1. Қандай механизм планетар механизм деб аталади?
2. Планетар механизмлар қаерларда ишлатилади?
3. Планетар механизмнинг эркинлик даражаси қандай ҳисобланади?
4. Етакланувчи звеноларнинг бурчак тезлигини ҳисоблаш тартибини айтиб беринг.
5. Планетар механизмларнинг қайси турларини биласиз?
6. Планетар механизмнинг афзалликлари ва камчиликларини айтиб беринг.
7. Пахта териш аппарати шпинделининг бурчак тезлиги қандай аниқланади?

## 2. ДИФФЕРЕНЦИАЛ МЕХАНИЗМНИНГ КИНЕМАТИК АНАЛИЗИ

Ишдан кўзланган мақсад. Дифференциал механизмларнинг модели билан танишиш; уларнинг кинематик схемасини чизиш; текширилаётган механизмнинг кўзгалувчанлик даражаси, узатиш сони ва етакланувчи звеноларнинг бурчак тезлигини ҳисоблаш.

### Ишнинг назарий асосланиши

Таркибидаги ўқлари кўзгалувчан ва эркинлик даражалари со-ни икки ва undan ortiq бўлган тишли механизмлар *дифференциал механизм* ёки қисқача *дифференциал* деб аталади.

Улар самолёт, вертолёт, автомобиль, ҳисоблаш ва турли иш ҳамда транспорт машиналари редукторларининг узатмаларида етакчи филдиракларнинг айланма ҳаракатини қўшиш ва тақсимлаш учун ишлатилади.

48-шакл  $a$ ,  $b$ ,  $g$  да оддий дифференциалларнинг кинематик схемалари кўрсатилган. Улар  $H$  водило, сателлитлар  $z_g$  (ёки  $z_g - z_f$ ) ва марказий филдираклар  $z_a$  ва  $z_b$  дан иборат. Дифференциалнинг кўзгалувчанлик даражалари сони (76) формула ёрдамида ҳисоблаб топилади.

Узатиш нисбатини аниқлаш. Дифференциалнинг узатиш нисбати, юқорида ёзилгандек, „ҳаракатни қайтариш“ (Виллис) методи татбиқи этилиб аниқланади. У ҳолда звеноларнинг бурчак тезликлари қуйидагича ўзгаради:

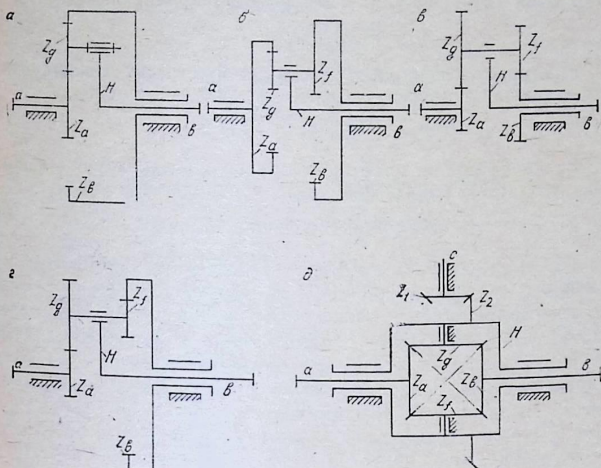
$$\omega_a^H = \omega_a - \omega_H, \quad \omega_b^H = \omega_b - \omega_H \quad \text{ва} \quad \omega_H - \omega_H = 0$$

Водило  $H$  кўзгалмас бўлганда  $\omega_a - \omega_H$  ва  $\omega_b - \omega_H$  тезликларнинг ўзаро боғланиши оддий узатманинг абсолют тезликларининг боғланишидек бўлади:

$$U_{ab}^H = \frac{\omega_a^H}{\omega_b^H} = \frac{\omega_a - \omega_H}{\omega_b - \omega_H}, \quad (82)$$

бу ерда  $U_{ab}^H$  — водило  $H$  кўзгалмас бўлганда ҳаракатнинг  $a$  звенодан  $b$  звенога узатилиш нисбати.

Агар сателлитнинг узатиш нисбатини аниқлаш керак бўлса,



48-шакл.

48-шаклда кўрсатилган узатма учун барча звеноларга  $(-\omega_H)$  тезлик берамиз, у ҳолда

$$U_{ag}^H = \frac{\omega_a^H}{\omega_g^H} = \frac{\omega_a - \omega_H}{\omega_g - \omega_H} \quad (83)$$

бўлади.

Маълумки, 48-шакл узатмаларида тўртта асосий звено —  $a$ ,  $b$ ,  $g$  ва  $H$  звенолар қўзғалувчан. Иккита етакчи звенонинг берилган бурчак тезликлари ва нисбий узатиш нисбатлари ёрдамида етакланувчи звенонинг бурчак тезлигини аниқлаш талаб қилинади.

Дифференциал механизмда (учинчи звено қўзғалмас бўлганда) бир валдан иккинчи валга ҳаракат узатиш сони олтига бўлади:

$$U_{ab}^H, U_{ba}^H, U_{bH}^a, U_{Hb}^a, U_{aH}^b, U_{Ha}^b.$$

Улар гилдираклар тишлари сонларининг нисбати ёрдамида аниқланади.

Етакланувчи звенонинг бурчак тезлиги қуйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланади.



1. Вал  $a$  ва  $b$  лар етакчи бўлганда етакланувчи водило  $H$  нинг бурчак тезлиги қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\omega_H = U_{Ha}^b \cdot \omega_a + U_{Hb}^a \cdot \omega_b \quad (84)$$

2. Гилдирак  $a$  ва водило  $H$  етакчи бўлганда, етакланувчи  $b$  валнинг бурчак тезлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$\omega_b = U_{ba}^H \cdot \omega_a + U_{bH}^a \cdot \omega_H \quad (85)$$

3. Вал  $b$  ва водило  $H$  етакчи бўлганда, етакланувчи валнинг бурчак тезлиги қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\omega_a = U_{ab}^H \cdot \omega_b + U_{aH}^b \cdot \omega_H \quad (86)$$

бу ерда  $U_{Ha}^b$  — звено  $b$  қўзғалмас бўлганда ҳаракатни водило  $H$  дан звено  $a$  га узатиш сони;  $U_{Hb}^a$  — звено  $a$  қўзғалмас бўлганда ҳаракатни водило  $H$  дан звено  $b$  га узатиш сони;  $U_{ba}^H$  — звено  $a$  қўзғалмас бўлганда звено  $b$  дан водило  $H$  га ҳаракат узатиш сони;  $U_{bH}^a$  — водило  $H$  қўзғалмас бўлганда звено  $b$  дан звено  $a$  га ҳаракат узатиш сони;  $U_{ab}^H$  — водило  $H$  қўзғалмас бўлганда звено  $a$  дан звено  $b$  га ҳаракат узатиш сони;  $U_{aH}^b$  — звено  $b$  қўзғалмас бўлганда звено  $a$  дан водило  $H$  га ҳаракат узатиш сони.

3-жадвалда турли планетар механизмларнинг узатиш сонини қисоблаш формулалари келтирилган.

48-шакл,  $d$  да кўрсатилган дифференциал механизм ёрдамида битта етакчи вал  $c$  нинг ҳаракатини иккинчи етакланувчи звено  $a$  ва  $b$  га узатиш мумкин. Бундай дифференциал, кўпинча, автомобиль гилдиракларига ҳаракат узатишда ишлатилади. Дифференциал конуссимон бир хил марказий гилдираклар  $z_a$  ва  $z_b$  ҳамда водило  $H$  га ўрнатиб, ўз ўқи атрофида айланувчи сателлитлар  $z_g$  ва  $z_f$  дан иборат. Водило  $H$  гилдирак  $z_2$  билан бирга айланади.

Ярим ўқларга ўрнатиш марказий тишли гилдирак  $z_a$  ва  $z_b$  лар автомобиль гилдираклари билан бирга айланади.

(84) формулага биноан:

$$\omega_H = U_{Ha}^b \cdot \omega_a + U_{Hb}^a \cdot \omega_b, \quad (87)$$

бу ерда

$$U_{Ha}^b = \frac{1}{U_{aH}^b} = \frac{1}{1 - U_{ab}^H} = \frac{1}{1 - \left(-\frac{z_b}{z_a}\right)} = \frac{z_a}{z_a + z_b} = \frac{1}{1 + 1} = \frac{1}{2};$$

$$U_{Hb}^a = \frac{1}{U_{bH}^a} = \frac{1}{1 - U_{ba}^H} = \frac{1}{1 - \left(-\frac{z_a}{z_b}\right)} = \frac{z_b}{z_b + z_a} = \frac{1}{1 + 1} = \frac{1}{2}.$$

Тишли узатмаларда  $z_a = z_b$  бўлгани учун  $U_{ab}^H = -\frac{z_a}{z_a} = -1$  ёки

$U_{ba}^H = -1$  бўлади. Манфий ишора  $z_a$  ва  $z_b$  ғилдиракларнинг бир-бирига нисбатан қарама-қарши томонга айланишини кўрсатади.

Узатиш сонлар  $U_{Ha}^b$  ва  $U_{Hb}^a$  нинг қийматларини (87) формулага қўйиб, водилонинг бурчак тезлигини аниқлаймиз:

$$\omega_H = \frac{1}{2} (\omega_a + \omega_b), \quad (88)$$

яъни водилонинг тезлиги марказий ғилдиракларнинг бурчак тезликларининг ярим йиғиндисига тенг.

1. Агар  $\omega_a = \omega_b$  бўлса, дифференциалнинг барча звенолари биргаликда айланади.

2. Агар  $\omega_H = 0$  бўлса,  $\omega_a = -\omega_b$  бўлади, яъни ғилдиракларнинг бурчак тезликлари тенг ва айланиши қарама-қарши бўлади.

3. Агар  $\omega_a = 0$  бўлса, ғилдирак  $z_b$  нинг тезлиги водило тезлигидан икки марта ортиқ, яъни  $\omega_b = 2\omega_H$  бўлади.

Керакли асбоб ва ускуналар. Дифференциал механизмнинг моделлари, чизмачилик асбоблари, логарифмик линейка.

### Ишни бажариш тартиби

1. Моделнинг тузилиши билан танишиб, унинг кинематик схемаси чизилади.

2. Моделнинг эркинлик даражалари сони (76) формула ёрдамида аниқланади.

3. Ғилдирак тишларининг сони саналади.

4. Етакланувчи берилган звенонинг бурчак тезлиги ва унинг узатиш сони ҳисобланади.

5. Ҳисобланган қийматлар тажриба йўли билан текширилади. Бунинг учун битта етакчи звено (масалан,  $z_b$  ғилдирак) маҳкамланиб, етакчи звенони (масалан, водило) берилган  $\varphi_H$  бурчакка бурилади ва етакланувчи звенонинг бурилиш  $\varphi_a^b$  бурчаги ўлчанади. Сўнгра иккинчи етакчи звено (водило) маҳкамланиб, биринчи етакчи звено (ғилдирак  $z_b$ ) берилган  $\varphi_b$  бурчакка бурилади ва етакланувчи звенонинг бурилиш  $\varphi_a^H$  бурчаги иккинчи марта ўлчанади, ўлчанган бурилиш бурчаклари қўшилиб, етакланувчи  $z_a$  звенонинг умумий бурилиш бурчаги қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$\varphi_a = \varphi_a^b + \varphi_a^H. \quad (89)$$

6. Ҳисобланган ва тажриба йўли билан аниқланган  $\varphi_a$  қийматларининг нисбий хатоси ҳисобланади.

7. Лаборатория ишининг ҳисобот варағи ёзилиб, иш топширилади.

## Контрол саволлар

1. Дифференциалнинг вазифаси ва қаерда ишлатилишини айтиб бериңг.
2. Дифференциал планетар механизмдан нима билан фарқ қилади?
3. Дифференциал етакланувчи звеносининг бурчак тезлигини аниқлаш усулини айтиб бериңг.
4. Автомобиль дифференциали марказий гилдиракларининг тезликлари қандай ўзгаради?
5. Турли дифференциалларнинг ўзатиш нисбатларини аниқлаш усулларини айтиб бериңг.

## 6-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### КУЛАЧОКЛИ МЕХАНИЗМЛАРНИНГ КИНЕМАТИК АНАЛИЗИ

Ишдан кўзланган мақсад. Кулачокнинг берилган ҳаракат қонуни ва профили бўйича турткичнинг ҳаракат қонунини аниқлаш.

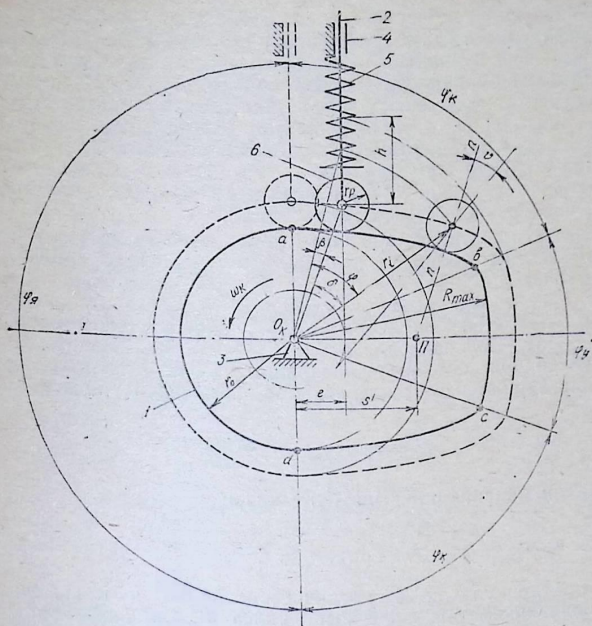
#### Ишнинг назарий асосланиши

Кинематик занжири тартибида кулачок бўлган механизм кулачокли механизм дейилади. Эгрилик радиуси ўзгарувчан звено кулачок деб аталади. Кулачок билан турткич ўзаро олий кинематик жуфт ёрдамида бирлашади. Бу механизмлар ёрдамида етакланувчи звенонинг исталган ҳаракат қонунини олиш мумкин. Шунинг учун бу механизмлар металл кесиш станокларида, автоматларда, нусха олиш қурилмаларида, газ тақсимлаш механизмларида, турли электрик аппаратларда, ҳисоблаш машиналарида, оптик приборларда, шунингдек, машинасозлик, тўқимачилик, полиграфик ва асбобсозлик саноатининг машина ва механизмларида кенг қўламда ишлатилади.

Кулачокли механизмлар ёрдамида автомат ва ярим автомат тузилмаларида турли функцияларни бошқариш, иш механизмларини ишга солиш ва тўхтатиш учун уларга олдиндан команданинг ҳаракат функцияларини бошқариш мумкин.

Кулачокли механизм, асосан, етакланувчи звеноларининг силчокли механизмнинг афзалликлари: ихчам; ўлчамлари нисбатан звено бир текисда айланганда етакланувчи звенонинг исталган ҳаракат қонунига татбиқ этиш керак бўлганда кулачокларнинг мураккаб ва уни ясаш учун махсус ускуналар талаб қилинмайди; етакланувчи звенонинг катта силжишини ҳосил қилиш ҳаракат қонунига таъсир қилади; кулачок профилининг иш юзатермик ишлашни талаб қилади ва ҳоказо.





Кулачокли механизм, асосан, етакчи звено — диск кулачок 1, етакланувчи звено — турткич 2; стойка — 3 ва йўналтиргичдан иборат (49-шакл). Турткичнинг кулачокка доим тегиб туришини таъминлаш учун пружина 5 ва кулачок билан турткичнинг уруниш юзасининг ишқаланишини камайтириш учун ролик 6 ўрнатилади. Улар механизмни қўзғалувчанлик даражасини ҳисоблашда эътиборга олинмайди.

Кулачокнинг айлана ёйлари профилига турткич тегиб турганда у қўзғалмас вазиятда бўлади. Бу участкалар турткичнинг яқинда ва узоқда туриш вазиятлари дейилади. Профилнинг қол-

ган қисмларида турткич кулачокнинг радиус-вектори ўзгарувчи профилда кулачок марказига нисбатан силжийди.

Профилнинг  $a, b, c, d$  нуқталаридан ўтказилган радиус-вектор орасидаги бурчаклар кулачок *профили бурчаклари* дейилади. Профиль бурчаклари  $\delta$  кулачокнинг  $\varphi$  бурилиш бурчакларига ҳамма вақт ҳам тенг бўлавермайди. Фақат марказий кулачокли механизмларда ( $e = 0$  бўлганда) бу бурчаклар бир хил бўлади.

Кулачокли механизмнинг динамикасини яхшилаш учун илгариланма — қайтар ҳаракатланувчи турткичнинг силжиш чизиги кулачокнинг айланиш ўқиға нисбатан  $e$  оралиққа (эксцентриситетга) силжитилади (49-шаклга қаранг).

Бундай силжитилган механизм номарказий (дезаксиал) кулачокли механизм дейилади. Номарказий механизмда профиль ва фаза бурчаклари  $\varphi = \delta \pm \beta$  бўлади. Бу ерда  $\beta$  силжиш бурчаги бўлиб,  $e$  нинг ва узатма функцияси  $S' = O_k \Pi$  нинг ишорасига боғлиқ. Агар  $e$  ва  $s'$  ишоралари бир хил бўлса (бир томонда ётса),  $+$  ишора, ишоралари ҳар хил бўлганда эса — ишора олинади. Кулачокнинг бир марта айланишида кулачок турткич ҳаракатининг бурилиш бурчакларига мос фазалари қуйидагича бўлади:

$$\varphi_k + \varphi_y + \varphi_k + \varphi_y = 360^\circ$$

Кулачокли механизмнинг иш бурчаклари

$$\varphi_k + \varphi_y + \varphi_k = \varphi_n$$

бўлади. Агар кулачок ва турткич ўзаро ролик ёрдамида бирлашиб, олий кинематик жупт ҳосил қилса, амалий профилдан ташқари, ролик ўқи траекторияси бўйлаб қўшимча назарий (марказий) профиль ҳам бўлади. Механизмни текширишда амалий профиль устида ётган нуқталардан ролик  $r_p$  радиуси билан чизилган айланалар оиласини ҳосил қилган эгри чизиқлар бирлашмаси назарий профиль дейилади (49-шаклда штрихланган чизик). Назарий профиль амалий профилга эквидистант бўлади, яъни иккала профиль умумий нормал  $n - n$  га эга бўлади ва уларнинг оралиғи ҳар доим нормаль  $n - n$  бўйича ролик радиуси  $r_p$  га тенг. Бунда уч назарий профиль бўйича ҳаракатланувчи роликсиз — найзасимон турткичли эквивалент механизм ҳосил бўлади.

Бундай механизмлар соддалаштирилган назарий профиль бўйича анализ қилинади. Кулачокли механизмнинг асосий геометрик параметрларига қуйидагилар киради: турткичнинг юриш йўли  $h$ , силжиш (дезаксиаллик) қиймати  $e$ , турткичнинг ролик радиуси  $r_p$ , кулачокнинг бурилиш  $\varphi_k, \varphi_y, \varphi_k$  ва  $\varphi_y$  фаза бурчаклари.

Кулачокли механизмни анализ қилиш учун механизмни тури, ўлчамлари, профили ва ҳаракат қонунини билиш керак. Кулачокли механизмнинг кинематик схемаси бўйича кулачокнинг тури бурилиш  $\varphi$  бурчакларида турткичнинг  $s = s(\varphi)$  силжиши

аниқланади. Сўнгра  $s = s(\varphi)$  диаграммаси қурилади. Силжиш  $s = s(\varphi)$  диаграммасини график усул билан дифференциаллаб, тезлик аналог

$$\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{dt} \cdot \frac{dt}{d\varphi} = \frac{v}{\omega}, \quad (90)$$

иккинчи марта дифференциаллаб, тезланиш аналог

$$\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{dt^2} \frac{dt^2}{d\varphi^2} = \frac{a}{\omega^2} \quad (91)$$

ҳосил қилинади.

Лаборатория ишини бажаришда кулачокли механизм етакланувчи звеносининг силжиш тезлиги ва босим бурчаги текширилади.

Илгариланма — қайтар ҳаракатланувчи звенонинг кинематикасини график усулда текшириш анча қулай, чунки бу усулда битта параметрнинг графиги мавжуд бўлса, қолган графиклар осон чизилади. Етакланувчи звенонинг силжиш графиги  $s = s(\varphi)$  турли ўлчаш асбоблари ёрдамида тажриба йўли билан ёки тенглама ёрдамида аниқланади. Тенгламани график усулда дифференциаллаб, звенонинг тезлиги ва тезланиши аниқланади.

Дифференциаллаш усуллари бир неча хил бўлади. Шулардан ватар ўтказиш усулидан фойдаланиб, кулачокли механизм турткичининг кинематикасини текширамыз. Автор яратган прибор (51-шакл) ёрдамида турткичининг  $s = s(\varphi)$  графиги тажриба йўли билан чизилади. График усулда  $s = s(\varphi)$  ни дифференциаллашиб,  $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{as}{d\varphi}(\varphi)$  графиги чизилади. Бунинг учун:

1. Приборда чизилган  $s = s(\varphi)$  графикнинг абсциссалар ўқи координатлар бошидан бошлаб бир неча тенг кесмаларга бўлинади (50-шакл, а).

2. Абсциссалар ўқидаги нуқталардан тик чизиқлар ўтказиб,  $s = s(\varphi)$  графигининг эгри чизигида  $0, 1^\circ, 2^\circ, 3^\circ$  нуқталар белгиланади.

3. Эгри чизиқдаги юқориги нуқталардан  $0-1^\circ, 1^\circ-2^\circ, 2^\circ-3^\circ$  ва ҳоказо ватар чизиқлар чизилади.

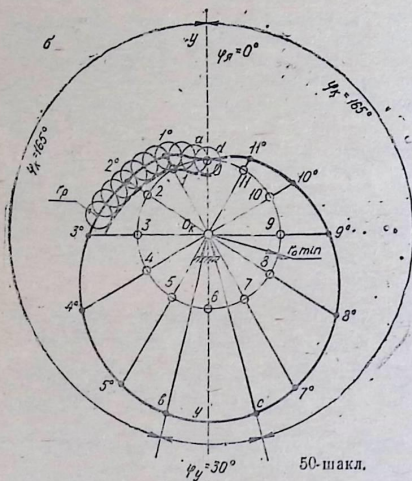
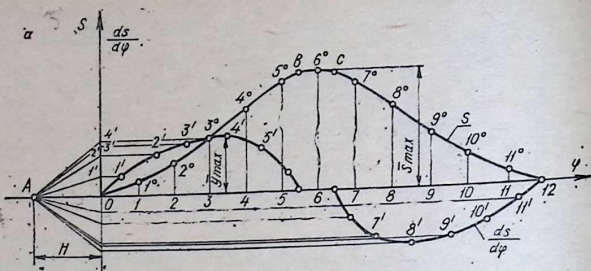
4. Сўнгра  $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{as}{d\varphi}(\varphi)$  графиги чизилади. Бунинг учун абсциссалар ўқининг координаталар бошидан чап томонига

$$H_1 = \overline{OA} = \frac{1}{\mu_\varphi} = \frac{\overline{OM}}{2\pi} \text{ мм} \quad (92)$$

кесма чизилиб, қутб нуқта А белгиланади.

5. Қутб нуқта А дан  $s = s(\varphi)$  графигини  $0-1^\circ, 1^\circ-2^\circ, 2^\circ-3^\circ$  ва ҳоказо ватар чизиқларга параллел қилиб  $A-1', A-2', A-3' \dots$  чизиқлар ўтказилади. Сўнгра  $0-1^\circ$  ватарга параллел ўтказилган  $A-1'$  чизиқнинг ординаталар  $Os$  ўқида учрашиш  $1'$  нуқтаси олиниб, ундан абсциссалар ўқининг  $O1$  бўлинимаси ўр-





тасига қадар гори-  
зонтал ўтказилади  
ва  $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$  графигининг 1' нуқтаси олинади. Шу тарзда  $A - 2'$  чизиқни абсцисса ўқининг 1 - 2 бўлинимасида нуқта 2' ни, шунингдек, 3', 4' ва бошқа нуқталарни белгилаймиз.

6. Белгиланган 1', 2', 3' ... нуқталар лекало ёрдамида бирлаштирилиб,  $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$  тезлик аналогининг графиги ҳосил қилинади.

Сўнгра тезлик аналогининг масштаб коэффициентини қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \frac{\mu_s}{H_1 \cdot \mu_\varphi} \frac{M}{\text{мм}}. \quad (93)$$

Биз кўриб чиқаётган ҳолда,  $H_1 = \frac{1}{\mu_\varphi}$  қабул қилингани учун  $\mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \mu_s$  бўлади.

7. Тезлик аналогининг  $\frac{ds}{d\varphi}$  нинг максимал қиймати қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)_{\max} = \bar{Y}_{\max} \cdot \mu \frac{ds}{d\varphi}, \quad (94)$$

бу ерда  $\bar{Y}_{\max}$  нинг ўлчами  $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$  графигининг максимал ордината қиймати бўйича мм ҳисобида олинади.

8. Сўнгра кулачокнинг профили чизилади. Кулачокнинг айланмиш маркази  $O_k$  нуқта танланиб, у нуқтадан турткичнинг ҳаракат йўналиши  $u-u$  чизиги чизилади (50-шакл, б). Сўнгра  $\mu_e = \mu_s$  масштабда кулачокнинг  $O_k$  марказидан  $r_{0\min} = r_0 + r_p$  радиуси билан айлана ўтказилади. Айлана билан чизик  $u-u$  нинг кесишиш нуқтаси белгиланади. Бу нуқта кулачок марказига турткичнинг энг яқин туриш ҳолатини кўрсатади. Силжиш графиги  $s = s(\varphi)$  неча қисмга бўлинган бўлса,  $r_{0\min}$  радиусли айлана ҳам шунча қисмга бўлинади. Айланадаги  $0, 1, 2, 3, \dots$  нуқталар орқали  $O_k1, O_k2, O_k3, \dots$  радиал чизиклар ўтказилади сўнгра айлана давомиди ҳар қайси радиал чизикқа радиус-векторларнинг силжиш  $s = s(\varphi)$  диаграммасидаги  $\overline{17}^\circ, \overline{22}^\circ, \overline{33}^\circ, \dots$  кесмалар кўчирилади. Белгиланган  $1^\circ, 2^\circ, 3^\circ, \dots$  нуқталар силлиқ чизик билан бирлаштирилиб, кулачокнинг марказий (назарий) профили ҳосил қилинади. Сўнгра кулачокнинг марказий профилидан роликнинг  $r_p$  радиуси бўйича айланалар чизилиб, унинг амалий профили ясалади (50-шакл, б да штрих чизик билан кўрсатилган).

#### Кулачокли механизмнинг максимал босим бурчагини аниқлаш

Кулачокнинг босим бурчаги кулачокли механизмнинг геометрик ўлчамларига таъсир этувчи асосий параметрлардан бири бўлиб, у кулачок профилига турткичнинг тегиш нуқтасидан ўтказилган нормаль  $n-n$  билан турткич ҳаракат чизигининг йўналиши орасидаги бурчакдир. Аналитик усулда бу бурчак роликли механизм учун қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\nu = \arctg \frac{\frac{ds}{d\varphi} \pm e}{\sqrt{r_{0\min}^2 - e^2 + s}}, \quad (95)$$

бу ерда  $s$  — ролик марказининг силжиши;  $\varphi$  — кулачокнинг бурчаниш бурчаги;  $e$  — дезаксиал;  $r_{0\min}$  — кулачокнинг минимал радиуси.

Формуладаги  $e$  ҳарфнинг мусбат ва манфий ишоралари кулачокнинг айланиши билан турткичнинг ҳаракат йўналишига қараб танланади. Масалан, кулачок соат стрелкаси йўналишида айланиганда, турткичининг кўтарилиш ҳолати учун  $+$  ишора, яқинлашиш

ҳолати учун эса — ишора олинади. Агар  $e = 0$  бўлса, марказий роликли кулачокли механизм бўлади. У ҳолда:

$$\nu = \arctg \frac{\frac{ds}{d\varphi}}{r_{0\min} + s}. \quad (96)$$

(96) формуладан кўринадики, кулачокнинг берилган минимал  $r_{0\min}$  радиусида босим бурчаги  $\nu$  турткичнинг  $s$  ва  $\frac{ds}{d\varphi}$  қийматларига қараб ўзгаради. Лаборатория ишини бажаришда босим бурчагининг қиймати  $\frac{ds}{d\varphi}$  нинг максимал қийматида олинади.

Бунинг учун  $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$  графигидан  $\frac{ds}{d\varphi}$  ординатанинг максимал баландлиги ва шунга тегишли турткичнинг силжиш  $s$  қиймати ўлчанади. Ўлчанган  $s$  ва  $\frac{ds}{d\varphi}$  қийматлар (96) формулага қўйилиб, шунга тегишли босим бурчаги аниқланади. Ҳисобланган  $\nu$  график усулда текширилади. Бунинг учун механизмнинг вазиятига тегишли нуқта кулачок профилида белгиланиб, профилига  $n - n$  нормаль ўтказилади. Турткичнинг ҳаракат чизиғи билан ўтказилган нормаль  $n - n$  орасидаги бурчак  $\nu$  ўлчанади (49-шакл-га қarang).

Аниқланган  $\nu$  нинг қиймати ҳисобланган босим бурчаги билан таққосланади. Агар улар бир-биридан фарқ қилса, нисбий хатолик ҳисобланади.

Керакли асбоб ва ускуналар. Турткичнинг силжиш графигини чизиш прибори, штангенциркуль, турли слесарлик ключлари, транспортир, чизмачилик асбоблари, логарифмик линейка, лекал, ҳисобот varaғи.

### Приборнинг тузилиши ва ишлаши

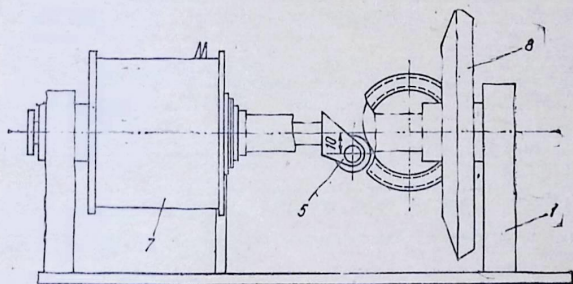
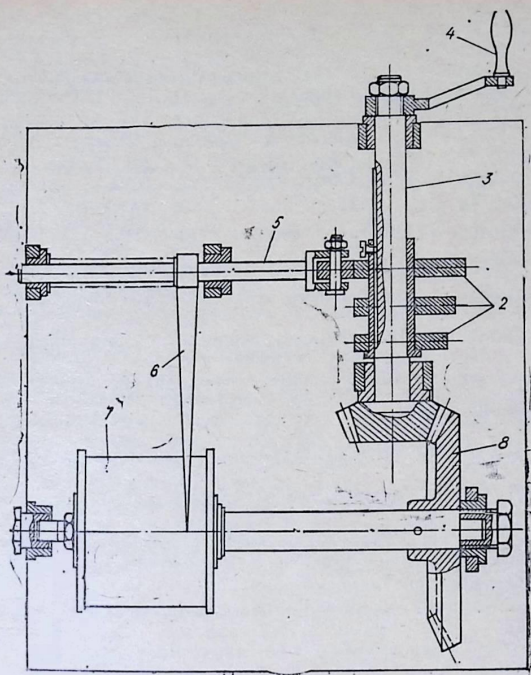
Прибор таянч 1 га (стойкага) ўрнатилган кулачоклар 2, валиги 3, кулачок валигини айлантирувчи рычаг 4, роликли турткич 5 ва унга бириктирилган ёзиш мосламаси 6, қоғозга турткичнинг силжишини чизиш барабани 7, конуссимон тишли узатма 8 дан иборат (51-шакл).

Кулачокли механизмни анализ қилиш учун приборга бир неча хил профили кулачоклар ўрнатилган. Рычаг айлантирилганда кулачок 2 валик 3 билан бирга айланиб, турткич 5 ни силжитади. Айни пайтда конуссимон узатма 8 ёзиш барабани 7 ни айлантиради. Турткичга бирлашган ёзиш мосламаси айланувчи барабандаги оқ қоғозга турткичнинг силжиш графигини чизади.

### Ишни бажариш тартиби

1. Приборнинг тузилиши ўрганилиб, унинг принципиал схема си чизилади.





61-шакл,

2. Барабанга оқ қоғоз ўралади.
3. Текшириладиган кулачокка турткич ўрнатилади.
4. Ричаг айлантририлиб, кулачок марказига яқин ҳолатга турткичининг кўтарилишининг бошланиш вазияти тўғрилианади.
5. Ричаг айлантририлиб, турткичининг силжиш графиги чизилади ва чизма барабандан олинади.
6. Сўнгра чизмага ордината ва абсцисса ўқлари ўтказилади. Абсцисса ўқи бўйича кулачокнинг бурилиши бурчаги  $\varphi$  ва ордината ўқи бўйича турткичининг силжиш  $s$  белгиланади. Сўнгра  $s = s(\varphi)$  графиги ҳисобот варағидаги координаталар системасига ёпиштирилади.
7. Бу график ординаталар ўқининг масштаби  $\mu_s = 0,001 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$  бўлади. Графикнинг абсциссалар ўқининг масштаби куйидаги формула ёрдамида ҳисобланади  $\mu_\varphi = \frac{2\pi}{OM}$  рад/мм; бу ерда  $OM$  кулачокнинг тўла айланишида турткичининг силжишининг кўрсатувчи кесма оралиғи, мм.
8. Ватар усули татбиқ этилиб,  $s = s(\varphi)$  графиги бурчак  $\varphi$  бўйича дифференциалланади - да,  $\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$  графиги чизилади. Бу графикнинг масштаб коэффициентини (93) формула ёрдамида аниқланади.
9. Турткичининг максимал босим бурчаги  $\gamma$  (95) формула ёрдамида ҳисобланади.
10. Кулачокнинг марказий-ва амалий профили  $s = s(\varphi)$  силжиш графиги ёрдамида чизилади. Кулачокнинг  $\varphi_k, \varphi_y, \varphi_k, \varphi_y$  бурчаклари чизмадан ўлчанади.
11. Турткичининг максимал босим бурчаги график усулда аниқланади.
12. Ҳисобот варағи тўлдирилиб, иш топширилади.

### Контрол саволлар

1. Кулачокли механизмни кинематик анализ қилишдан мақсад нима?
2. Қандай механизм кулачокли механизм дейилади?
3. Кулачокли механизмларнинг кенг қўламда ишлатилишига сабаб нима?
4. Нима сабабдан турткичга ролик ўрнатилади?
5. Кулачокли механизмни кинематик анализ қилишда қайси геометрик параметрлар берилади?
6. Профиль ва фаза бурчакларининг фарқи нимада?
7. Кулачокли механизмларнинг афзаллиги ва камчиликларини айтиб беринг.
8. Турли кулачокли механизмларнинг босим бурчаги графикавий усулда қандай аниқланади?
9. Нима сабабдан босим бурчаги максимал қийматдан ошиқ олинмайди?
10. Кулачокнинг назарий профилини чизиш тартибини айтиб беринг.

## 7-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### Кулачокли механизмнинг синтези (лойиҳаланиши)

Ишдан кўзланган мақсад. Турткичнинг берилган ҳаракат қонуни бўйича кулачок профилини чизиш.

#### Ишнинг назарий асосланиши

Кулачок профили шундай лойиҳаланиши керакки, у турткичнинг берилган ҳаракат қонунини юқори аниқлик билан бажарсин. Кулачок лойиҳалаш, асосан, кулачок профилининг иш ва салт юриш қисмларини аниқлашдан иборат.

Механизмнинг берилган функциясини бажарувчи турткичнинг иш йўлига тўғри келган профиль *кулачок профилининг иш қисми* дейилади. Бунда турткичнинг силжиш қонуни талаб қилинган технологик процессни бажариши керак.

Турткичнинг иш йўлидаги ҳаракат тезлиги, кўпинча, доимий бўлиши талаб қилинади. Турткичнинг илгариланма текис силжиши цилиндрлик кулачокларда винт чизиғи, тебранувчи турткичларда цилиндрга ўралган циклоида, илгариланма ҳаракатланувчи кулачокли механизмда эса архимед спирали ёрдамида олинади. Кўп кулачокли механизмларда турткичнинг ҳаракати мураккаб қонун асосида содир бўлади. Уларнинг ҳаракат қонунлари график ёки тенглама тарзида берилади. Кулачокли механизмнинг технологик иш процессини бажармайдиган қисми *кулачок профилининг салт юриш қисми* дейилади. Бунда турткич бир вазиятдан иккинчи вазиятга берилган вақт ичида силжиши керак. Унинг ҳаракати ҳар хил бўлади. У механизмда динамик кучлар ҳосил бўлиши билан аниқланади. Шунинг учун бу кулачокли механизмларда турткичнинг ҳаракати тезланишнинг ўзгариш қонуни билан белгиланади, яъни инерцион кучлар жуда кичик бўлиши ва механизм ишлаганда зарб кучлари бўлмаслиги керак. Салт юриш вақтини камайтириш учун турткичнинг қайтиш бурчаги, кўпинча, кичик қилиб олинади.

Кулачокли механизмни синтез қилишда механизмнинг схемаси, турткичнинг ҳаракат қонуни ва механизмнинг асосий геометрик ўлчамлари аниқланиши, кулачокнинг профилини чизиш масалалари ҳал қилиниши керак. Механизмнинг асосий геометрик ўлчамини аниқлашда кулачокнинг айланиш ўқининг ўрни танланади ва унинг минимал радиуси аниқланади. Бу ўлчамлар механизмнинг кинематик, динамик ва конструктив шартлари бўйича аниқланади. Лаборатория ишида берилган схемага ва турткичнинг маълум ҳаракат қонунига мос кулачок профилини чизиш масаласи кўрсатилади.

#### Кулачок профилини чизиш прибори

Кулачок профилини чизишда ТММ-21 маркали прибор ишлатилади. Бу прибор ёрдамида турткичи бурилма ва илгариланма



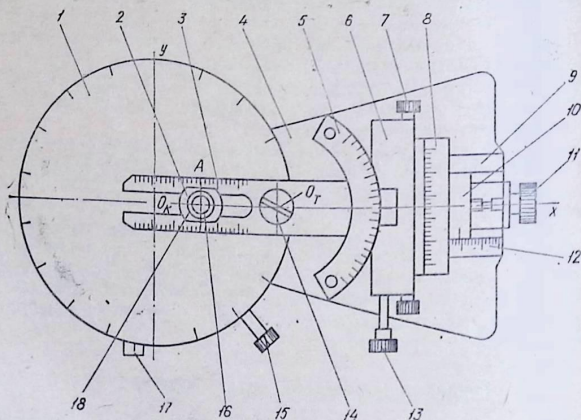
ҳаракат қилувчи механизмнинг кулачок профили икки усулда:  
1) кулачокнинг бурилиш бурчаклари ва турткичнинг унга мос  
силжиши, 2) кулачок профилининг ҳисобланган бурчаклари ва  
унга мос радиус-вектор усулларида чизилади.

### Приборнинг асосий техникавий кўрсаткичлари

1. Қоғоз доира ўрнатиладиган дискнинг бурилиш бурчаги  $\varphi_k = 0 \dots 360^\circ$ .
2. Коромислонинг айланиш ўқидан кулачок марказигача бўлган оралиқ  $A = 50 \dots 120$  мм.
3. Коромисло узунлиги  $L = 35 \dots 120$  мм.
4. Ролик радиуси  $r_p = 10$  мм.
5. Дезаксиал қиймати  $e = 0 \dots 45$  мм.
6. Турткич йўли  $h = 0 \dots 90$  мм.
7. Коромислонинг бурилиш бурчаги  $\psi = 0^\circ \dots 59^\circ$ .
8. Кулачок профили чизиладиган қоғоз доиранинг диаметри  $D = 190$  мм.

### Приборнинг тузилиши

Асос 4 га доиравий диск 1 ўрнагилган (52-шакл). Дискнинг айланиши  $360^\circ$  га бўлинган. Дискнинг устига кулачок профили чизиладиган доира қоғоз (заготовка) ўрнатилади. Фрикцион тузилма 15 ёрдамида диск 1 нинг маркази  $O_k$  атрофида айлантирилади. Дискнинг бурилиш бурчаклари кўрсаткич 17 ва даража-



52-шакл.

ларга бўлинган дискнинг шкаласи ёрдамида белгиланади. Прибор асосининг ўнг томонида корпус 6 ўрнатилган бўлиб, унинг ўқи 14 га турткич 3 нинг йўналтиргичиси маҳкамланган. Йўналтиргичга бурилиш бурчакларининг даражалари кўрсатилган сектор 5 бириктирилган.

Йўналтиргич 3 бўйлаб, каретка 10 ни винт 11 ёрдамида суриш йўли билан йўналтиргич 3  $O_x$  ўқ бўйлаб илгариланма ҳаракатга келтирилади. Каретка 10 нинг силжиш қиймати шкала 12 ёрдамида аниқланади.

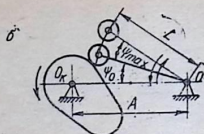
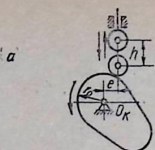
Корпус 6 йўналтиргич 3 билан биргаликда винт 7 ёрдамида  $O_u$  ўқ бўйлаб силжитилади. Силжишнинг қиймати шкала 8 ёрдамида белгиланади. Червякли узатма 13 ёрдамида йўналтиргич 3  $O_r$  ўқ атрофида айлантирилади. Унинг неча градусга бурилганлиги сектор 5 шкаласидан аниқланади. Йўналтиргич 3 нинг кесигига ползун 2 ўрнатилган бўлиб, унинг силжиш қиймати йўналтиргичдаги шкала ёрдамида ҳисобланади. Ползун 2 га игнали кнопка 16 ва ролик айланасини чизувчи циркуль тузилма 18 бириктирилган. Циркуль тузилма ёрдамида қоғоз доирага ролик радиуси 10 мм бўлган айланалар чизади.

### Илгариланма чизик бўйлаб ҳаракатланувчи турткичнинг кулачок профилини чизиш

Кулачокнинг назарий профилини чизиш учун қуйидаги қийматлар (топшириқ жадвалида) берилади:

1. Механизм схемаси (53-шакл, а).
2. Кулачокнинг бурилиш  $\varphi_k, \varphi_y, \varphi_k, \varphi_y$  бурчаклари.
3. Дезакснал— $e$ .
4. Кулачокнинг минимал радиуси  $r_0$ .
5. Турткичнинг максимал силжиши (йўли)  $h$ .
6. Турткичнинг  $S=S(\varphi)$  силжиш қонуни (53-шакл, в).

**Профилини чизиш тартиби.** Червякли узатма бурагичи 13 билан турткич йўналтиргичи 3 сектор 5 шкаласи ёрдамида полга қўйилади. Корпус 6 турткич 3 билан бирга винт 7 ёрдамида шкала 8 бўйлаб, берилган дезакснал қиймати  $e$  га сўрилади. Каретка 10 ни (силжимасини) винт 11 ёрдамида шкала 12 бўйлаб, „12“ ҳисоб сонидан бошлаб, турткич берилган  $h$  ораликқа  $O_x$  ўқ бўйича чап томонга силжитилади. Турткич йўналтиргичи 3 нинг ариқчаси бўйлаб диск 1 марказига нисбатан ползун 2 ( $r_0 + r_p$ ) ораликқа ўрнатилади. Фрикцион тузилма 15 ёрдамида диск бурилиб ноль бўлинимага қўйилади. Турткичнинг берилган  $S=S(\varphi)$  ҳаракат қонуни тенгламасидаги  $\varphi$  нинг турли қийматларида  $S$  нинг ўлчамлари ҳисобланиб, натижалари жадвалга ёзилади. Дискка доира қоғоз маҳкамланади. Стрелка 17 га нисбатан диск кетмакет  $\varphi = 10 \dots 15^\circ$  га бурилиб, унга тегишли турткичнинг ҳисобланган  $S=S(\varphi)$  графигининг силжиш қийматлари белгиланади. Сўнгра винт 11 ёрдамида турткичнинг дискнинг ҳар бир бурилиш бурчагига тегишли  $S$  қиймати каретка 10 ёрдамида сурилади.



| N° | r <sub>0</sub> | h  | φ  | φ <sub>κ</sub> | φ <sub>ψ</sub> | φ <sub>κ</sub> | φ <sub>ψ</sub> |
|----|----------------|----|----|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1  | 30             | 40 | 10 | 120            | 30             | 120            | 90             |
| 2  | 35             | 30 | 10 | 90             | 75             | 90             | 105            |
| 3  | 40             | 35 | 15 | 120            | 45             | 120            | 75             |
| 4  | 30             | 40 | 10 | 90             | 30             | 90             | 150            |
| 5  | 35             | 45 | 15 | 120            | 90             | 120            | 30             |
| 6  | 35             | 40 | 10 | 90             | 60             | 90             | 120            |
| 7  | 40             | 35 | 10 | 120            | 75             | 120            | 45             |
| 8  | 40             | 45 | 15 | 90             | 105            | 90             | 75             |
| 9  | 30             | 35 | 10 | 120            | 60             | 120            | 60             |
| 10 | 30             | 40 | 15 | 90             | 90             | 90             | 90             |

| N° | A   | L  | φ <sub>0</sub> | φ <sub>max</sub> | φ <sub>κ</sub> | φ <sub>ψ</sub> | φ <sub>κ</sub> | φ <sub>ψ</sub> |
|----|-----|----|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1  | 75  | 40 | 15             | 30               | 90             | 90             | 90             | 90             |
| 2  | 80  | 45 | 20             | 32               | 120            | 60             | 120            | 60             |
| 3  | 85  | 50 | 25             | 34               | 90             | 105            | 90             | 75             |
| 4  | 95  | 60 | 15             | 30               | 120            | 75             | 120            | 45             |
| 5  | 105 | 70 | 20             | 30               | 90             | 60             | 90             | 120            |
| 6  | 115 | 80 | 15             | 40               | 120            | 90             | 120            | 30             |
| 7  | 120 | 85 | 10             | 50               | 90             | 30             | 90             | 150            |
| 8  | 110 | 75 | 20             | 35               | 120            | 45             | 120            | 75             |
| 9  | 100 | 65 | 20             | 30               | 90             | 75             | 90             | 105            |
| 10 | 100 | 60 | 25             | 30               | 120            | 30             | 120            | 90             |

6 Турткининг ҳаракат қонуни

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>Текис</p> $S = h \frac{\varphi}{\varphi_{\kappa}}$ <p>ёки</p> $\psi = \psi_{\max} \frac{\varphi}{\varphi_{\kappa}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  | <p>Косинусoidal</p> $S = \frac{h}{2} \left( 1 - \cos \frac{\pi \varphi}{\varphi_{\kappa}} \right)$ <p>ёки</p> $\psi = \frac{\psi_{\max}}{2} \left( 1 - \cos \frac{\pi \varphi}{\varphi_{\kappa}} \right)$                                                                                   |  |
| <p>Текис тезланувчан</p> <p><math>\frac{\varphi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\varphi_{\kappa}}{2}</math></p> $S = 2h \left( \frac{\varphi}{\varphi_{\kappa}} \right)^2$ <p>ёки</p> $\psi = 2\psi_{\max} \left( \frac{\varphi}{\varphi_{\kappa}} \right)^2$ <p><math>2\frac{\varphi_{\kappa}}{2} \leq \varphi \leq \varphi_{\kappa}</math></p> $S = h - 2h \left( \frac{\varphi_{\kappa} - \varphi}{\varphi_{\kappa}} \right)^2$ <p>ёки</p> $\psi = \psi_{\max} - 2\psi_{\max} \left( \frac{\varphi_{\kappa} - \varphi}{\varphi_{\kappa}} \right)^2$ |  | <p>Синусoidal</p> $S = h \frac{\varphi}{\varphi_{\kappa}} - \frac{h}{2\pi} \sin \left( \frac{2\pi \varphi}{\varphi_{\kappa}} \right)$ <p>ёки</p> $\psi = \psi_{\max} \frac{\varphi}{\varphi_{\kappa}} - \frac{\psi_{\max}}{2\pi} \sin \left( \frac{2\pi \varphi}{\varphi_{\kappa}} \right)$ |  |

53-шакл

Дискнинг ҳар бир бурилиш  $\varphi$  бурчаги ва турткининг шунга тегишли силжиш  $S$  қиймати вазиятида чизғич ручка 18 айлантирилиб, қозғоз доирада роликнинг айланаси чизилади. Бунда ролик марказлари бирлаштирилиб, кулачокнинг назарий профили ва ролик айланаларининг ички қисмлари бирлаштирилади да, амалий профиль ҳосил қилинади.



## Тебранма ҳаракатланувчи коромисло турткичлы механизмнинг кулачоги профилини чизиш

Кулачок профилини чизиш учун топшириқ жадвалида қуйидагилар берилади: механизмнинг схемаси (53- шакл, б) , кулачокнинг бурилиш бурчаклари  $\varphi_k, \varphi_y, \varphi_k, \varphi_n$  коромислонинг бошланғич бурчаги  $\varphi_0$ , коромисло билан кулачок марказлари оралиғи  $A$ , коромислонинг узунлиги  $L$ , коромислонинг максимал бурилиш бурчаги  $\psi$  тах, коромислонинг бурилиш қонуни  $\psi = \psi(\varphi)$  (53- шакл, в).

### Профилни чизиш тартиби

Механизмнинг кинематик схемаси прибор ёрдамида чизилади. Коромисло 3 сектор 5 ва червякли узатма бурагичи 13 ёрдамида бошланғич чизиш ҳолатига ўрнатилади. Бунинг учун корпус 6 даги чизикча винт 7 ёрдамида шкала 8 бўйлаб полга қўйилади. Винт ручкаси 11 билан шкала 12 да  $O_k$  ўқ да топшириқ жадвалидан олинган  $A$  ўлчам белгиланади. Каретка 10 нинг „О“ белгиси шкала 12 нинг „12“ рақамида бўлганда кулачок маркази  $O_k$  нуқта билан коромисло маркази  $O_t$  нуқта оралиғи  $O_k O_t = 120$  мм бўлади. Йўналтиргич 3 кесиги бўйлаб, ползун 2 силжитилиб, коромислонинг  $L = AO_t$  узунлиги ўрнатилади. Бурагич 15 ёрдамида дискининг ноль даражаси стрелка 17 нинг чизигига тўғрилаб ўрнатилади. Коромислонинг берилган ҳаракат қонуни  $\psi = \psi(\varphi)$  тенгламасидаги  $\varphi$  нинг турли қийматларидаги  $\psi$  нинг ўлчамлари ҳисобланиб, натижалари жадвалга ёзилади. Қоғоз доира дискка маҳкамланади. Сўнгра бурагич 13 ёрдамида сектор 5 бурилиб, коромислонинг бошланғич бурчаги  $\varphi_0$  га ўрнатилади. Сўнгра дискнинг стрелкаси 17 га нисбатан кетма-кет  $\varphi = 10 \dots 15^\circ$  га бурилиб, коромисло 3 нинг унга тегишли ҳисобланган бурилиш бурчаги қийматлари сектор 5 шкаласи ёрдамида белгиланади. Дискнинг ва коромислонинг бурилиш бурчаклари  $\psi$  га ўрнатилган ҳар бир ҳолат учун ручка 18 қоғоз доирада айлантирилиб, ролик айланаси чизилади. Бунда ролик марказларини бирлаштирувчи чизик назарий профиль, ролик айланаларининг ички қисмларини бирлаштирувчи чизик эса амалий профиль бўлади (54- шакл).

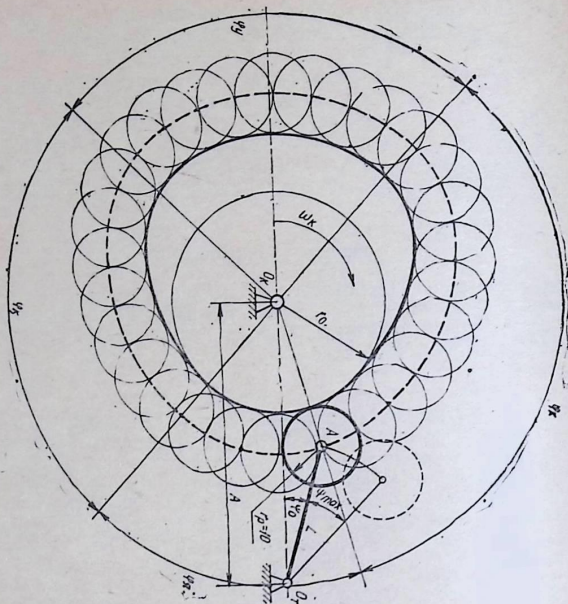
Керакли асбоб ва ускуналар. ТММ- 21 маркали прибор, қоғоз доира (заготовка), чизмачилик асбоблари, транспортир, логарифмик линейка.

### Ишни бажариш тартиби

1. Диск 1, корпус 6 ва сектор 5 нинг барча кўрсаткичлари шкалаларининг ноль белгиларига ва каретка 10 нинг бўлинимаси 12 га тўғрилаб ўрнатилади.

2. Қоғоз доира дискка маҳкамланади.

3. Механизм схемаси топшириқ жадвали а ёки б да берилган қийматлар бўйича прибор созланади.



4. Турткичининг ҳаракат қонуни  $s = s(\varphi)$  ёки  $\psi = \psi(\varphi)$  тенгламаларининг параметрлари ҳисобланиб, жадвалга ёзилади.

### Контрол саволлар

3. Турткич қайси қонун билан ҳаракат қилганда кулачокли механизм зарб-  
сиз ишлайди?

4. ТММ-21 приборининг тузилишини айтиб беринг.

5. Прибор турткичи илгариланма ёки бурилма ҳаракатланувчи механизм  
кулачок профилини чизишга қандай созланади?

## 8-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### ЗВЕНОЛАРНИНГ ИНЕРЦИЯ МОМЕНТЛАРИНИ АНИҚЛАШ

Звеноларнинг ҳаракатини текширишда уларнинг динамик па-  
раметрларини ҳисоблашда, машинанинг барқарор ва рагон иш-  
лашини ўрганишда, ўлчаш асбобларининг кўрсатишларини синаш-  
да, айланувчи деталарни мувозанатлашда, звенонинг массаси  $m$   
ни, масса маркази  $S$  нинг вазияти ва инерция моменти  $I$  ни би-  
лиш зарур бўлади.

Инерция моменти звенонинг айланма ҳаракатидаги инертлик  
ўлчамлари вазифасини бажаради. У бир вақтда массанинг қий-  
мати ва унинг звенода жойлашиш қонуниятини ҳисобга олади.  
Инерция моментининг вазифасини тушунтириш учун  $O$  ўқ атро-  
фида  $\omega$  бурчак тезлик билан айланувчи звенони кўриб чиқамиз.  
Элементар заррачалар массасини  $m_i$  ва унинг чизигий тезлигини  
 $v_i$  билан белгилаймиз (55-шакл).

У ҳолда звенонинг кинетик энергияси, унинг барча заррача-  
ларининг кинетик энергиялари йиғиндисига тенг бўлади:

$$T = \sum \frac{m_i v_i^2}{2}. \quad (97)$$

Агар  $v_i = \omega \cdot r_i$  ни назарга олсак,

$$T = \frac{\omega^2}{2} \sum m_i r_i^2 \quad (98)$$

келиб чиқади; бу ерда  $r_i$ —элементар заррачаларнинг айланиш  
ўқигача бўлган оралиги.

Бу формуладаги  $\sum m_i r_i^2$  қиймат звенонинг  $O$  ўққа нисбатан  
инерция моменти:

$$I_0 = \sum m_i r_i^2. \quad (99)$$

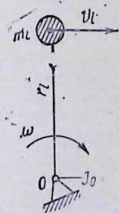
Демак, звенонинг бирор ўққа нисбатан инер-  
ция моменти звенонинг барча заррачалари  $m_i$  мас-  
салари йиғиндисининг уларнинг шу ўққа нисба-  
тан  $r_i^2$  масофалари квадратлари кўпайтмасига тенг.

Яхлит жисмнинг инерция моменти қуйидагича  
ифодаланади:

$$I_0 = \int r^2 dm. \quad (100)$$

Бу ифодада интеграл звенонинг барча массалари  
бўйича олинади.

Инерция моменти  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$  билан ўлчаниб, унинг



55 шакл.



қиймати мусбат сон бўлади.  $\frac{I_0}{m}$  нисбат узунлик квадратининг ўлчамини беради ва  $\rho_0^2$  билан белгиланади:

$$\rho_0^2 = \frac{I_0}{m} \quad (101)$$

$\rho_0$  нинг қиймати звенонинг айланиш ўқи  $O$  га нисбатан инерция радиуси дейилади.

Амалда, кўпинча, звеноларнинг текис ҳаракати билан шуғулланилади. Шунинг учун звенонинг текис ҳаракатига тик бўлган ўққа нисбатан инерция моментини билиш керак бўлади. Кўпгина ҳисобларда бу ўқ марказий бўлади, яъни у звено массасининг маркази  $S$  дан ўтади. Параллел ўқларга нисбатан (улардан биттаси марказий ҳисобланади) инерция моментларининг ўзаро боғланиши Гюйгенс теоремаси билан аниқланади:

$$I_0 = I_s + ml^2, \quad (102)$$

бу ерда  $I_0$ —звенонинг бирор айланиш  $O$  ўқи га нисбатан инерция momenti;  $I_s$ —звенонинг масса марказига нисбатан инерция momenti;  $l$ —масса маркази  $S$  дан  $O$  ўққача бўлган масофа. Бу теоремадан кўринадики, звенонинг марказий инерция momenti исталган бошқа параллел ўқларга нисбатан олинган инерция momentидан доимо кичик бўлади.

Жисмнинг инерция momenti, асосан, аналитик ва экспериментал усуллар билан аниқланади.

Аналитик усул билан оддий геометрик шаклларнинг бутун ҳажми бўйича бир жинсли ва бир хил зичликка эга бўлган жисмларнинг инерция momenti ҳисобланади.

Аналитик усулда жисмнинг ўққа нисбатан инерция momenti қуйидагича топилади:

$$I = \sum m_k r_k^2, \quad (103)$$

бу ерда  $m_k$ —ҳар бир элементар заррачанинг массаси;  $r_k^2$ —элементар заррачанинг шу ўққача бўлган масофаси.

Лекин табиатда бир хил геометрик шаклдаги ва зичликдаги жисмлар кам учрайди. Аналитик усул билан уларнинг инерция momentини ҳисоблаш мураккаб бўлиб, айрим ноаниқликка йўл қўйилиши мумкин. Шунинг учун аналитик усулдан, асосан, янги машина ёки механизмнинг звеноларини лойиҳалаш ва яратишда фойдаланилади.

Мавжуд физик жисмларининг инерция momenti, асосан, тажриба усули билан аниқланади.

Тажриба усулининг турлари жуда кўп. Тажриба усули билан ҳисоблаш машиналар ва соат механизмларининг жуда кичик деталлари, гидроэлектрик станцияларнинг улкан турбина роторлари, магнит стрелкалари, қишлоқ хўжалик ва тегирмон машиналари, автомобиль, трактор, вагон, сув ости кемалари, самолёт ва бошқа машина звеноларининг инерция momentлари аниқланади.

Қуйида айрим звеноларнинг инерция моментини аниқлаш усулларини кўриб чиқамиз.

### 1. Звенонинг инерция моментини физик ва математик маятник усулида аниқлаш

Ишдан кўзланган мақсад. Стерженларнинг (шатун, кривошип, рычаг ва бошқаларнинг) масса маркази ва инерция моментини тажриба йўли билан аниқлаш.

#### Ишнинг назарий асосланиши

Оғирлик кучи таъсирида қўзғалмас ўқ атрофида бурила оладиган (тебрана оладиган) қаттиқ жисм *физик маятник* деб ағалади. Масалан, шатуннинг бир томони қўзғалмас призма қиррасига илғиб, симметрик вертикал у—у ўқдан маълум  $\varphi$  бурчакка бурилса-ю, қўйиб юборилса, у осиш  $O$  нуқтаси атрофида тебраниб, физик маятник вазифасини бажаради (56-шакл).

Физик маятник усулида, асосан, шакли узун бўлган дегалларнинг, масалан, шатун, турли рычаглар, тарози шайини, соат стрелкаси, маятниклар ва ҳоказоларнинг инерция momenti аниқланади.

Физик маятник ёрдамида материалларнинг физик хоссалари, қаттиқлиги, эгиловчанлиги, ишқаланиш коэффициенти, ейилиши ва бошқа хоссалари текширилади. Жисмларнинг инерция моментини физик маятник усулида аниқлаш ва уларни ҳисоблаш формулалари жуда кўп ва турли-тумандир. Шундай бўлишига қарамасдан, звенонинг инерция momenti, асосан, маятникнинг  $T$  тебраниш даврини (вақти) ни ёки унинг  $I_k$  келтирилган узунлигини топиш билан аниқланади.

Бу усулларни гатбиқ этиб, звенонинг инерция моментини аниқлаймиз.

#### А. Физик маятникнинг инерция моментини тебраниш даври (вақти) бўйича аниқлаш

Маятникнинг осилиш ўқиға нисбатан инерция momenti  $I$  ва унинг тебраниш даври  $T$  бир-бирига боғлиқ. Бу боғланишни аниқлаш учун қаттиқ жисм ҳаракатининг дифференциал тенгламасини ёзамиз:

$$I_0 \ddot{\varphi} + G l_{os} \sin \varphi = 0, \quad (104)$$

бу ерда  $I_0$ —жисмнинг осилиш ўқиға нисбатан инерция momenti;  $G$ —жисмнинг оғирлиги;  $l_{os}$ —осилиш нуқтаси  $O$  дан массалар маркази  $S$  гача бўлган оралиқ;  $\varphi$ —маятникнинг бурилиш бурчаги. (104) тенгламадаги  $\frac{G \cdot l_{os}}{I_0}$  ни  $k^2$  билан белгилаб, қуйидаги иккинчи тартибли дифференциал тенгламани ҳосил қиламиз:

$$\ddot{\varphi} + k^2 \cdot \sin \varphi = 0 \quad (105)$$





ҳаракат қилганда, унинг бир марта тўла тебраниш даври қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$T_{\psi} = \frac{2\pi}{k} = 2\pi \sqrt{\frac{I_0}{Gl_{os}}} \quad (107)$$

(107) формуладаги  $G = mg$ ,  $\pi^2 \approx 9,81$  м/сек<sup>2</sup> ва  $I_{os}$  бирлигини метр ҳисобида олиб, уни соддалаштирсак, физик маятникнинг осилиш ўқи  $O$  га нисбатан инерция моментини ҳисоблаш формуласини ҳосил қиламиз:

$$I_0 = \frac{ml_{os}}{4} T_{\Phi}^2. \quad (108)$$

Звенонинг масса маркази  $S$  га нисбатан инерция моменти эса

$$I_s = \frac{ml_{os}}{4} (T_{\Phi}^2 - 4l_{os}) \quad (109)$$

формула ёрдамида аниқланади.

Бу формулалардан кўринадики, звенонинг инерция моменти аниқлаш учун, звено массаси  $m$  нинг осилиш нуқтаси  $O$  дан масса маркази  $S$  гача бўлган  $l_{os}$  оралиқни ва бир марта тўла тебраниш вақти  $T_{\Phi}$  ни аниқлаш керак.

1. Звенонинг оғирлиги ва массасини аниқлаш. Звенонинг оғирлиги  $G$  тарозидида ўлчанади. Массаси эса  $m = \frac{G}{g}$  формула ёрдамида ҳисобланади.

2. Звенонинг масса маркази  $S$  ни аниқлаш. Звенонинг масса маркази  $S$  бир неча усул ёрдамида аниқланади. Шунлардан айримларини кўриб чиқамиз.

а) Призма қиррасига иллинг звенонинг бирор қисмига ип боғлаб, уни динамометр ёки дастаки тарози билан бурамиз (56-шакл). Сўнгра осилиш ўқи  $O$  га нисбатан кучлар моменти олиниб,  $l_{os}$  нинг қиймати қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$l_{os} = \frac{Ph}{G \cdot \sin \varphi}, \quad (110)$$

бу ерда  $P$ —тортиш кучи,  $h$ —кучнинг елкаси,  $m$ ;  $\varphi$ —звенонинг бурилиш бурчаги. Агар звено  $\varphi = 30^\circ$  га бурилгунча тортилса,

$$l_{os} = \frac{2ph}{G}$$

бўлади.

б) Симметрик звенолар призма қиррасининг ўқ чизиғига тик қилиб, мувозанатда тургунча ўрнатилади. Сўнгра призма қирраси тегиб турган чизиқ билан осилиш ўқи гача бўлган масофа ўлчаниб,  $l_{os}$  аниқланади.

в) Агар шатуннинг иккала учидан осиб имконияти бўлса, икки учидан осиб, тебранма ҳаракатга келтирилади-да, унинг масса маркази аниқланади.

Шатуннинг бир учидан призмага осиб, 20 марта тебратилади-да,  $t$  вақт ўлчанади ва бир марта тўла тебраниш  $T_1$  даври  $T_1 = \frac{t}{20}$  формула ёрдамида ҳисобланади. Сўнгра иккинчи учидан осилиб, яна тебратилади-да,  $T_2$  ни аниқланади. Осилиш нуқтаси  $O$  дан масса маркази  $S$  гача бўлган масофа

$$l_{os} = \frac{(T_2^2 - 4l)l}{(T_2^2 - T_1^2) - 8l} \quad (111)$$

формула ёрдамида ҳисоблаб топилади; бу ерда  $l$ —шатуннинг иккита осилиш нуқтаси оралиғи.

### Б. Физик маятникнинг инерция моментини келтирилган узунлик бўйича аниқлаш

Чўзилмайдиган ипга осилган ва массаси  $m$  бўлган материал нуқта қўзғалмас ўқ атрофида бир текис тебранса, у математик маятник бўлади. Агар  $I_0$  ни  $ml_k^2$  билан ва  $l_{os}$  ни  $l_k$  билан алмаштирсак, математик маятникнинг тебраниш даврини ҳосил қиламиз:

$$T_m = 2\pi \sqrt{\frac{I_k}{g}}. \quad (112)$$

Ипга осилиб, физик маятник билан биргаликда тебранувчи математик маятникнинг  $l_k$  узунлиги маятникнинг келтирилган узунлиги дейилади.

Физик маятникнинг келтирилган узунлиги  $l_k$  ни аниқлаш учун физик ва математик маятникларнинг (107) ва (112) формулалардаги тебраниш давлари тенг, яъни  $T_\phi = T_m$  бўлиши керак. У ҳолда, келтирилган  $l_k$  нинг қиймати

$$l_k = \frac{I_0}{ml_{os}} \quad (113)$$

бўлади. Иккала маятникнинг тебраниш амплитудалари бир хил бўлганда, келтирилган  $l_k$  узунлик тебраниш амплитудасига боғлиқ бўлмайди. Физик маятникнинг осилиш нуқтаси  $O$  дан масса маркази  $S$  давомида аниқланган  $l_k$  оралиқдаги  $\Pi$  нуқта звонининг тебраниш маркази деб аталади.

Демак, жисмнинг келтирилган узунлиги  $l_k$  маълум бўлса, уни физик маятник деб қабул қилиб, унинг инерция моментини осилиш ўқи  $O$  га нисбатан қуйидаги формула ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$I_0 = ml_{os} l_k \text{ кгм}^2, \quad (114)$$

Керакли асбоб ва ускуналар. ТММ-25 маркали ускуна: секундомер, масштабни пўлат линейка, динамометр ёки дастаки тарози, шарсимон тош, чўзилмайдиган ип ёки сим; инерция моменти аниқланадиган звено: шатун, кривошип, ричаг.

ТММ-25 ускунанинг тузилиши. Ускуна уч оёқли штативга ўрнатилган, стойкадан ва уч ёқли пўлат призмадан иборат. Шатуннинг ўрнатиш винти ва лаппаклар ёрдамида штатив горизонтал туриш ҳолатига соланади. Звенонинг бурилиш бурчагини кўрсатувчи шкалалар транспортёр ва тортиш кучи ўлчанадиган динамометр ёки дастаки тарози махсус мосламага ўрнатилади.

### Ишни бажариш тартиби

Звенонинг инерция моменти икки усулда аниқланади.

1. Физик маятникнинг тебраниш вақтини аниқлаш усули. Бу усулда ускуна схемаси чизилади. Звенонинг оғирлиги  $G$  ва массаси  $m$  аниқланади. Юқорида келтирилган усуллар билан звенонинг масса маркази  $S$  аниқланади ва осилиш ўқи  $O$  дан масса маркази  $S$  гача бўлган  $l_{os}$  масофа ҳисоблаб топилади. Звено призмага илинади. У тахминан  $5...8^\circ$  га бурилиб қўйиб юборилади. 20 марта тўла тебранишга кетган вақт  $t$  секундомер ёрдамида ўлчанади ва бир марта тўла тебраниш даври ҳисоблаб топилади:

$$T_{\phi} = \frac{t}{20}. \quad (115)$$

Тажриба 5 марта ўтказилади ва  $T_{\phi}$  нинг ўртача сон қиймати аниқланади.

Сўнгра аниқланган  $m$ ,  $l_{os}$  ва  $T_{\phi}$  лар (108) ва (109) формулаларга қўйилиб, звенонинг инерция моментлари  $I_0$  ва  $I_s$  ҳисобланади.

II. Физик маятникнинг келтирилган узунлигини аниқлаш усули. Биринчи усулдаги 1, 2, 3-пунктларни такрорлаб, уларга қўшимча равишда қуйидагилар бажарилади:

4. Звено призмага илинади. Ипнинг бир учига шарсимон тош боғланиб, ипнинг иккинчи учи призмадан оширилади-да тортилади. Осилган бу тош математик маятник массаси бўлади.

5. Иккала маятник маълум бурчакка бурилиб, қўйиб юборилади. Шунда иккала маятник бараварига тебраниши керак. Сўнгра уларнинг бир неча марта баравар тебраниш даври аниқланади. Агар маятниклар баравар тебранмаса, ипнинг узунлигини ўзгартириб, улар баравар тебраниш ҳолатига келгунча тажриба давом эттирилади.

6. Сўнгра ипнинг осилиш ўқи  $O$  дан тошнинг марказ  $\Pi$  гача бўлган  $o\pi$  масофа ўлчаниб, келтирилган узунлик  $l_k$  аниқланади.

7. Тажриба 5 марта такрорланиб,  $l_k$  нинг ўртача сон қиймати топилади.



8. Аниқланган  $m$ ,  $I_{OS}$  ва  $I_k$  лар (114) формулага қўйилиб, звенонинг инерция моменти  $I_0$  ҳисобланади. Икки усул билан аниқланган  $I_0$  нинг нисбий хатолиги қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\Delta I_0 = \frac{I_0^\Phi - I_0^M}{I_0^\Phi} \cdot 100\% \quad (116)$$

9. Тажриба натижаларини ҳисобот варағига ёзиб, иш топширилади.

### Контрол саволлар

1. Звенонинг инерция моменти нима?
2. СИ ва МКГСС да инерция моменти бирлигини айтиб беринг.
3. Звено инерция моментининг оғирлик марказига ёки осини нуқтасига нисбатан ўлчамининг қайси бири катта ва нима учун?
4. Нима сабабдан звенонинг инерция моментини аниқлашда уни вертикал ўқ чизикдан катта бурчакка буриб тебратиш мумкин эмаслигини тушунтиринг?
5. Мураккаб шаклли деталларнинг масса марказини аниқлаш усулларини айтиб беринг.
6. Нима учун инерция моментини аниқлашда бир неча тебраниш вақти  $t$  ни ҳисоблаб, бир марта тўла тебраниш даврини аниқлаш керак бўлади?

### II. Звенонинг инерция моментини бир симга осиб (монофиляр) бурилма тебратиш усули билан аниқлаш

Ишдан кўзланган мақсад. Инерция моментини тажрибада аниқлаш усулларининг бири билан танишиш.

#### Ишнинг назарий асосланиши

Ўз ўқи атрофида тебранма ҳаракат қилувчи ва айланиш ўқи сим ўқиға мос келган жисм монофиляр дейилади. Монофилярни Кулон 1784 йилда илмий текшириш ишларида асбоб сифатида ишлатган эди. Бу усулда жисмларининг ўзаро тортилиш ва ытарилиш кучлари ҳамда ерининг магнитавий майдони катта аниқлик билан ўлчанади, газ ва суюқликларнинг қовушоқлиги текширилади, металлларнинг механикавий хоссалари ўрганилади, ўлчаш аниқлиги катта бўлган тарозиларда, доира шаклли звенолар (тишли ғилдирақлар, шкив, диск, маховик ва бошқалар) ҳамда шунга ўхшаш деталларнинг инерция моментлари аниқланади.

Симнинг юқори учи штативга, пастки учи эса текшириладиган звено ўрнатиладиган мослама (патрон, тиски, платформа) га маҳкамланади. Айрим ҳолларда, текшириладиган жисм симнинг ўзига ўрнатилиши мумкин. Текшириладиган звенонинг айланиш маркази симнинг у—у ўқиға (57-шакл) мос келиши керак. Акс ҳолда, қўшимча ён тебранишлар ҳосил бўлиб, тажриба аниқлиги бузилади.

Агар звено патронга маҳкамланиб, у—у ўқ атрофида маълум

бурчакка бурилса-да, қўйиб юборилса, звено симнинг эластиклик кучи моменти таъсирида у—у ўқ атрофида тебрана бошлайди. У ҳолда, тебраниш ҳаракатининг дифференциал тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$(I_3 + I_n) \frac{d^2\varphi}{dt^2} + M = 0, \quad (117)$$

бу ерда  $I_3$ —текширилаётган звенонинг инерция моменти;  $I_n$ —патроннинг инерция моменти;  $M$ —симнинг кўндаланг кесимидаги буровчи момент.

Материаллар қаршилиги курсидан маълумки, симнинг буровчи моменти  $M$  унинг бурилиш бурчаги  $\varphi$  га пропорционалдир:

$$\varphi = \frac{Ml}{I_p \cdot G_9},$$

бундан

$$M = \frac{I_p G_9}{l} \varphi = c\varphi, \quad (118)$$

бу ерда  $c = \frac{I_p G_9}{l}$  — симнинг бурилма бикрлиги, кНМ;  $l$ —симнинг узунлиги;  $G_9$ —силжишдаги эластиклик модули, пўлат сим учун  $G_9 = 8 \cdot 10^7 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$ ;  $I_p = \frac{\pi d^4}{32}$  сим кесимининг қутб инерция моменти;  $d$ —симнинг диаметри.

Аниқланган қийматларни (117) тенгламага қўйиб, бурилма тебранишнинг оддий дифференциал тенгламасини ҳосил қиламиз:

$$(I_3 + I_n) \frac{d^2\varphi}{dt^2} + c \cdot \varphi = 0 \quad (119)$$

ёки

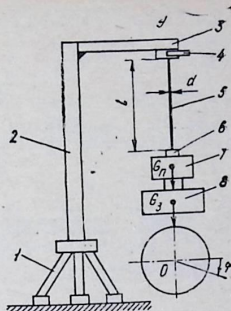
$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{I_p \cdot G_9}{(I_3 + I_n)l} \cdot \varphi = 0, \quad (120)$$

бу ерда  $\frac{I_p \cdot G_9}{(I_3 + I_n)l}$  ни  $\kappa^2$  билан алмашгирсак, қуйидагича бўлади:

$$\ddot{\varphi} + \kappa^2 \varphi = 0, \quad (121)$$

демак,  $\kappa$  частота билан тебранувчи гармоник тебранма ҳаракат тенгламаси ҳосил бўлади. Унинг бир марта тўла тебраниш даври:

$$T = \frac{2\pi}{\kappa} = 2\pi \sqrt{\frac{I_3 + I_n}{c}}, \quad (122)$$



57-шакл.

звено билан патроннинг инерция моменти:

$$I_3 + I_n = \frac{T_{пз}^2}{4\pi^2} c, \quad (123)$$

звенонинг инерция моменти:

$$I_3 = \frac{c}{4\pi^2} T_{пз}^2 - I_n. \quad (124)$$

1-усул. Патроннинг инерция моменти номаълум бўлса, у тажриба йўли билан аниқланади ёки қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаб топилади:

$$I_n = \frac{c}{4\pi^2} T_n^2. \quad (125)$$

Демак, звено ва патроннинг инерция моментини аниқлаш учун уларнинг тебраниш вақтлари  $T_{пз}$ ,  $T_n$  ва симнинг бикрлиги  $c$  маълум бўлиши керак. Симнинг бурилма бикрлигини аналитик ва экспериментал усуллар билан аниқлаш мумкин.

Аналитик усул билан симнинг кесими бутун узунлиги бўйича бир хил бўлса, унинг диаметри  $d$ , қутбий инерция моменти  $I_p = \frac{\pi d^4}{32}$  ва материали пўлат бўлган симнинг силжишдаги эластик-

лик модули  $G_s = 8 \cdot 10^7 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$  деб қабул қилинса,

$$c = \frac{I_p \cdot G_s}{l} = 7,85 \cdot 10^6 \frac{d^4}{l}. \quad (126)$$

бўлади. Агар патроннинг инерция моменти  $I_n$  маълум бўлса, патроннинг тебраниш вақти  $T_n$  тажриба йўли билан топилади ва симнинг бикрлиги  $c$  қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$c = \frac{4\pi^2 I_n}{T_n^2} = 39,44 \frac{I_n}{T_n^2}. \quad (127)$$

Сўнгра звено билан патроннинг тебраниш вақти  $T_{пз}$  тажрибада аниқланиб, звенонинг инерция моменти  $I_3$  қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$I_3 = I_n \left[ \left( \frac{T_{пз}}{T_n} \right)^2 - 1 \right]. \quad (128)$$

2-усул. Звенонинг инерция моменти  $I_3$  ни эталон жисмдан фойдаланиш ёрдамида аниқлаш. Симнинг бурилма бикрлиги аналитик усулда ҳисобланиб, инерция моменти  $I_{пз}$  маълум бўлган цилиндрик эталон жисм патронга маҳкамланади-да, унинг тебраниш даври  $T_1$  ўлчанади. Массаси эталон массасига тенг бўлган текшириладиган звено патронга маҳкамланади. Унинг тебра-



ниш вақти  $T_2$  ўлчанади. Сўнгра текширилаётган звенонинг инерция моменти қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$I_{пз} = I_{пз} \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^2. \quad (129)$$

**Керакли асбоб ва ускуналар.** ТММ-26 маркали ускуна. патрон, патрон калити, секундомер, масштабни линейка, штангенциркуль, тарози, текшириладиган звенолар (тишли филдирак, диск ва бошқалар).

**ТММ-26 ускунасининг тузилиши (57-шакл).** Ускуна, асосан, бир учи патрон 7 га ва иккинчи учи устун 2 кронштейни 3 га маҳкамланган пўлат сим 5 дан иборат. Устун уч оёқли штатив 1 га ўрнатилган махсус мослама 6 ёрдамида патрон 7 сим 5 га маҳкамланади. Симга махсус илгак бириктирилган. Патронга қуйруқ ва маҳкамловчи гайка ўрнатилган. Қуйруқ учига штифт қўйилади. Агар гайка юқори томонга буралса, илгакнинг бир қисми штифт билан қисилади. Шунда штифт илгакнинг ариқча шакли кесигига қисилиб, қуйруқ маҳкамланади ва патроннинг ён томонга бурилиши чегараланади.

Кронштейн 3 га ўрнатилган махсус мослама 4 звено 8 ва патрон 7 га тебранма ҳаракат беради.

### Ишни бажариш тартиби

1. Симнинг узунлиги  $l$  ва диаметри  $d$  ўлчаниб, унинг бурилма бикрлиги қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$c = 7,85 \cdot 10^6 \frac{d^4}{l}.$$

2. Махсус мослама ёрдамида патронга тебранма ҳаракат бериб, унинг 20 марта тебраниш вақти  $t$  ўлчанади.

Тажрибани 5 марта такрорлаб,  $t$  нинг ўртача сон қиймати аниқланади, унинг тебраниш сони 20 га бўлиниб, патроннинг бир марта тўла тебраниш вақти  $T_n$  аниқланади.

Сўнгра (125) формула ёрдамида патроннинг инерция моменти  $I_n$  ҳисобланади.

3. Звено патронга маҳкамланиб, унга тебранма ҳаракат берилади, да, юқоридаги тажрибани такрорлаб,  $T_{пз}$  аниқланади.

Сўнгра (124) формула ёрдамида звенонинг  $I_z$  инерция моменти ҳисобланади.

4. Тажиба натижалари ҳисобот варағига ёзилиб, иш топширилади.

### Контрол саволлар

1. Қандай нарса монофиляр дейилади?
2. Қандай звеноларнинг инерция моменти бурилма тебраниш усули билан аниқланади?
3. Звеноларнинг инерция моментини бурилма тебраниш усули билан аниқлаш тартибини айтиб бериңг.

4. Бурилма тебранишининг дифференциал тенгламасини ёзинг.
5. Симнинг бурилма бикрлиги қандай аниқланади?
6. Звенонинг инерция моментини ҳисоблаш формуласидаги ҳарфларнинг маъносини тушунтиринг.
7. Звенонинг инерция моментини аниқловчи ускунанинг тузилишини айтиб беринг.

### III. Звенонинг инерция моментини икки симга осиб (бифиляр) бурилма тебратиш усули билан аниқлаш

Ишдан кўзланган мақсад. Доира шаклли звенолар (тишли рилдираклар, шкив, маховик ва б.) ни тажриба усули билан инерция моментини аниқлаш усулларини бири билан танишиш.

#### Ишнинг назарий асосланиши

Бу усулда цилиндрик, симметрик звеноларнинг ва оғирлиги жуда кичик бўлган жисмлардан (магнит стрелкалари, соат механизмининг деталлари ва бошқалардан) тортиб, оғирлиги бир неча тоннагача бўлган жисмларнинг (самолёт, автомобиль, вагон ва шунга ўхшаш машиналарнинг) инерция моментлари аниқланади. Инерция моменти асосан икки йўл билан аниқланади.

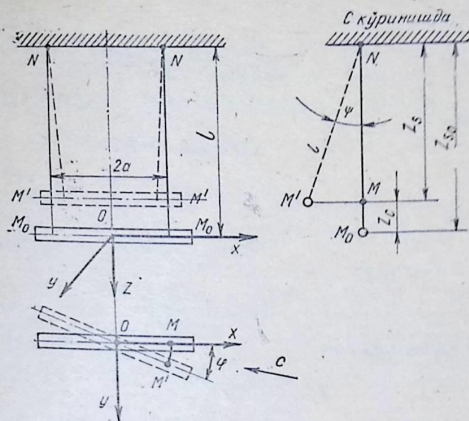
1-йўл. Тикланиш моменти таъсирида жисм ҳаракагининг дифференциал тенгламаси тузилиб, у интеграллаш йўли билан ҳисобланади. Бу усулда купгина факторларнинг таъсирини ҳисобга олиш қийин.

2-йўл. Кинетик энергиянинг ўзгариш теоремаси ёки Лагранж теоремасининг умумлаштирилган координатларига асосланади. Бу усул ёрдамида айрим параметрлар, масалан, сим узунлигининг ва икки сим оралигининг ҳамда бошқа факторларнинг тебраниш даврига таъсирини ҳисобга олиб, жисмнинг инерция моментини чуқур текшириш мумкин.

Қуйида шу усулдан фойдаланилади.

Чўзилмайдиган бир хил узунликдаги вертикал ўрнатилган икки симга осилган ва массасининг маркази осилиш ўқида ётган жисм *бифиляр осма* дейилади.

Жисмнинг мувозанат ҳолатини олиб, унинг тўғри бурчакли  $HOYZ$  координаталар системасини чизамиз ва  $OZ$  ўқини пастга йўналтирамиз (58-шакл). Агар осилган звенони икки сим ўртасидан ўтган вертикал ўқ атрофида кичик бурчакка буриб, кўйиб юборсак, у  $OZ$  ўқ атрофида тебрана бошлайди. Осилган звено  $\varphi$  бурчакка бурилганда симлар айкашади.  $ZZ$  симметрик ўққа нисбатан звенонинг қиялик бурчагини  $\varphi$  билан, текшириладиган звенонинг (оправка билан бирга) массасини  $m$ , симлар оралигини  $a$  ва ҳар бир симнинг узунлигини  $l$  билан белгилаймиз. Бифилярнинг  $OZ$  ўқ атрофида  $\varphi$  бурчакка бурилишини умумлаштирилган координата деб қабул қиламиз. Симнинг қийшайиши натижасида звенонинг масса маркази  $Z_s$  нинг координаталари ўзгаради.  $\varphi = 0$  бўлганда  $Z_{s0} = l$  бўлади.



58-шакл.

Звено  $\varphi$  бурчакка бурилса, унинг масса маркази  $Z_{s0}$  дан  $Z_s$  га силжийди. Унинг қиймати  $Z_s = l \cos \psi$  бўлади. Шунда звено

$$Z_c = Z_{s0} - Z_s = l(1 - \cos \psi) \quad (130)$$

масофага кўтарилади (расмда штрих чизиқлар билан кўрсатилган)  $\triangle MOM'$  ва  $\triangle MNM'$  учбурчакликдаги  $\varphi$  ва  $\psi$  бурчакларнинг қуйидаги боғланишини оламиз:

$$MM' = 2a \sin \frac{\varphi}{2} = l \sin \psi,$$

бундан

$$\sin \psi = \frac{2a}{l} \sin \frac{\varphi}{2}, \quad \cos \psi = \frac{1}{l} \sqrt{l^2 - 4a^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}}$$

ни (130) тенгламага қўйиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$Z_c = -l + \sqrt{l^2 - 4a^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}}$$

Звено кичик бурчакка бурилганда  $\sin \frac{\varphi}{2} \approx \frac{\varphi}{2}$  бўлиши мумкин, ҳолда,

$$Z_c = -l + \sqrt{l^2 - a^2 \varphi^2} \quad (131)$$

Звено массаси марказининг тезлигини топиш учун (131) формулани вақт бўйича дифференциаллаймиз:

$$v_{z_c} = \frac{dZ_c}{dt} = -\frac{a^2 \varphi}{\sqrt{l^2 - a^2 \varphi^2}} \dot{\varphi} = -\frac{a^2 \varphi^2}{2} \dot{\varphi}$$



Лагранж тенгламаси

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q \quad (132)$$

дан фойдаланамиз. Умумлаштирилган  $Q$  кучни қуйидаги шартдан аниқлаймиз:

$$\sum dA_{\text{акт}} = Q d\varphi,$$

яъни

$$dZ_c = Q d\varphi$$

ёки

$$mgz_c dt = Q \dot{\varphi} dt,$$

бундан

$$Q = - \frac{mga^2\varphi}{l_a} \quad (133)$$

Кенинг формуласидан:

$$T = \frac{m\dot{Z}_c^2}{2} + \frac{I\dot{\varphi}^2}{2}. \quad (134)$$

Масса марказининг силжиши жуда кичик бўлгани учун, уни ҳи-  
собга олмасак,  $T = \frac{J\dot{\varphi}^2}{2}$  бўлади. У ҳолда,  $\frac{\partial T}{\partial \varphi} = 0$ ;  $\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = I\dot{\varphi}$ ;

$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = I\ddot{\varphi}$  ва Лагранж тенгламаси:

$$I\ddot{\varphi} = - \frac{mga^2\varphi}{l}$$

ёки

$$\ddot{\varphi} + \frac{mga^2}{Il} \varphi = 0$$

ёхуд

$$\ddot{\varphi} + K^2\varphi = 0. \quad (135)$$

Демак, бифиляр османинг тебраниш даври қуйидагича бўлади:

$$T = \frac{2\pi}{K} = 2\pi \sqrt{\frac{Il}{mga^2}} \quad (136)$$

бундан звенонинг (патрон оправка билан бирга) инерция моменти:

$$I_c = I_a + I_n = \frac{mga^2}{4\pi^2 l} T_c^2. \quad (137)$$

Агар звено патрон ва оправкага ўрнатилса (патрон ва оправка-  
нинг инерция моменти маълум бўлса), у ҳолда, звенонинг инер-  
ция моменти

$$I_a = \frac{mga^2}{4\pi^2 l} T_c^2 - I_n \quad (138)$$

формула ёрдамида ҳисобланади. Бу формула ёрдамида звено-  
нинг инерция моментини аниқлашда бир неча факторини (тебра-  
ниш амплитудаси, масса марказининг силжиши, симминг бикр-

лиги) таъсири ҳисобга олинмайди. Шунинг учун бу формуладан катта аниқлик талаб қилинмайдиган деталларнинг инерция моментини ҳисоблашда фойдаланилади.

**Керакли асбоб ва ускуналар.** ТММ-27 маркали бифиляр ускуна, секундомер, тарози, масштабни линейка, оправка, патрон, калит, текшириладиган звено.

### Ишни бажариш тартиби

1. Ускуна схемаси чизилади.
2. Икки симнинг оралиғи  $a$  ва ҳар бир симнинг узунлиги  $l$  ўлчанади. Патроннинг ва текшириладиган звенонинг массалари  $m_n$  ва  $m_z$  аниқланади.
3. Буриш механизми ёрдамида патронга тебранма ҳаракат берилади ва унинг 20 марта тўла тебраниш вақти  $t$  ўлчанади. Тажриба 5 марта такрорланади-да,  $t$  нинг ўртача сон қиймати ҳисобланади, у 20 та тебраниш сонига бўлиниб, патроннинг бир марта тўла тебраниш даври  $T_n$  ҳисобланади. Сўнгра патрон (оправка) нинг инерция моменти қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$J_n = \frac{mga^2}{4\pi^2l} T_n^2. \quad (139)$$

4. Звенони патронга ўрнатиб, юқоридаги тажриба такрорланади-да, умумий системанинг тебраниш даври  $T_c$  аниқланади, (138) формула ёрдамида звенонинг инерция моменти  $J_z$  ҳисоблаб топилади.

5. Тажриба натижалари ҳисобот варағига ёзилиб, иш топширилади.

### Контрол саволлар

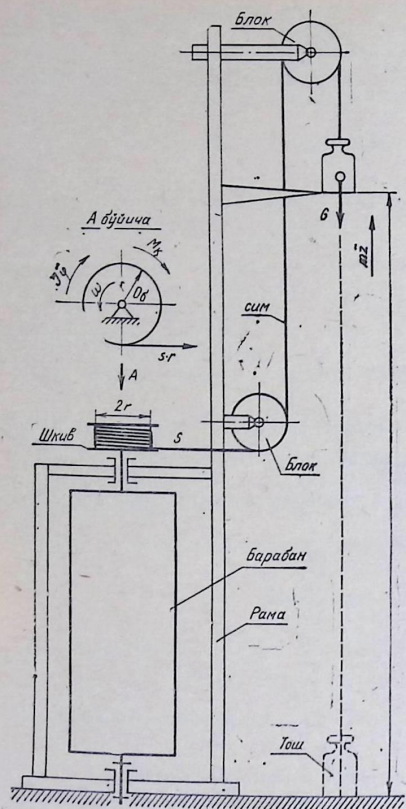
1. Бифиляр осма нима?
2. Бифиляр ёрдамида қандай звеноларнинг инерция моментлари аниқланади?
3. Бифиляр османинг тебраниш даври қандай аниқланади?
4. Звенонинг инерция моментини ҳисоблаш формуласидаги ҳарфларнинг маъносини тушунтириш.
5. Бифиляр усулида звенонинг инерция моментини аниқлаш тартибини айтиб бериш.

### IV. Звенонинг инерция моментини ҳаракат (тезланиш) бериш усули билан аниқлаш

Ишдан кўзланган мақсад. Звенолар машина ёки механизмнинг ўзида турганда инерция моментини аниқлаш усули билан танишиш.

### Ишнинг назарий асосланиши

Айрим ҳолларда бир неча деталлардан тузилган айланувчи мураккаб шакли звенонинг инерция моментини аниқлаш кесак бўлади. Унинг инерция моменти, уни қисмларга ажратмай, ма-



59- шакл.

шина ёки аппаратда турган жойида унга ҳаракат (тезланиш) бериш усули билан аниқланиши мумкин. Бу усул „юк ташлаш“ усули деб ҳам аталади. Масалан, электрик двигателнинг ротори, дон янчиш машинасининг янчигич барабани, пахта териш машиналарининг шпинделлар барабани, шпиндель ва чўткали ажраткич барабанлари ва шунга ўхшаш звеноларнинг инерция моментларини шу усулдан фойдаланиб аниқлаш мумкин.

Масалан, пахта териш машинаси шпинделлар барабанининг инерция моментини аниқлаш талаб қилинсин.

Барабан икки подшипникка ўрнатилган вертикал валда айланади (59-шакл). Системани текширишда ҳавонинг қаршилиги ва ёрдамчи блок подшипникларидаги ишқаланиш кучлари кичик бўлгани учун улар ҳисобга олинмайди.

Айланувчи барабан шкивга чўзил-

майдиган сим ўралиб, унинг блокдан ўтказилган иккинчи учига тош ўрнатилади. Тош  $h$  баландликдан „ташлаб“ юборилса, у симни тортиб, шкивни, айлантиради (барабанга тезланиш беради).

У ҳолда айланувчи барабан билан илгариланма ҳаракатланувчи тош қуйидагича боғланган бўлади.

Барабанинг ҳаракат тенгламаси:



$$J\ddot{\varphi} = Sr - M_K, \quad (140)$$

тошнинг тик тушиш ҳаракат тенгламаси:

$$m\ddot{Z} = mg - S, \quad (141)$$

бу ерда  $I$  — барабаннынг айланиш ўқига нисбатан инерция моменти;  $S$  — симнинг тортиш кучи;  $m$  — тошнинг массаси;  $r$  — барабан шкивининг радиуси;  $M_K$  — қаршилиқ кучи моменти;  $\ddot{\varphi}$  — бурчак тезланиши;  $\ddot{Z}$  — тошнинг тушиш тезланиши.

Тошнинг тушиш баландлиги  $h$  ва барабаннынг бурилиш бурчаги  $\varphi$  бир-бири билан қуйидагича боғланган:

$$Z = r\varphi \quad \text{ёки} \quad \frac{d^2Z}{dt^2} = r \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

(140), (141) тенгламалардаги  $S$  ва  $\ddot{\varphi}$  ларни йўқотиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\ddot{Z} = r g \frac{(mgr - M_K)}{Jg + mgr^2} \quad (142)$$

Агар тошнинг тушиш тезланишини доимий десак,

$$\ddot{Z} = r \frac{mgr - M_K}{I + mr^2} = \text{const} = a \quad (143)$$

бўлади. Буни интеграллаймиз:

$$Z = \frac{at^2}{2} + c_1t + c_2 \quad (144)$$

ўзгармас  $c_1$  ва  $c_2$  ларни бошланғич шартдан аниқлаймиз;  $t = 0$  бўлганда  $Z_0 = 0$ ,  $\ddot{Z} = 0$  ва  $c_1 = c_2 = 0$  бўлади. У ҳолда:

$$Z = \frac{at^2}{2}. \quad (145)$$

Ишқаланиш кучларининг таъсирини йўқотиш учун, ишқаланиш моментини ўзгармас деб қабул қилиб, тошнинг бир хил тушиш баландлигида тажриба икки  $m_1$  ва  $m_2$  массасида ўтказилади ва тошларнинг тушиш  $t_1$  ва  $t_2$  вақтлари ўлчанади. У ҳолда тезланишлар

$$a_1 = \frac{2h}{t_1^2} \quad \text{ва} \quad a_2 = \frac{2h}{t_2^2}$$

бўлади. Юқоридаги тенгламадан  $M_K$  ни йўқотиб ва тенгламани соддалаштириб, барабаннынг инерция моментини ҳисоблаш формуласини оламиз:

$$I = \frac{r^2}{2h} \left[ \frac{(m_1 - m_2)g - 2h \left( \frac{m_1}{t_1^2} - \frac{m_2}{t_2^2} \right)}{\frac{1}{t_1^2} - \frac{1}{t_2^2}} \right] \quad (146)$$

Формуладан кўриниб турибдики, массалари  $m_1$  ва  $m_2$  массаларга тенг тошларни  $h$  баландликдан ташлаб, уларнинг тушиш  $t_1$  ва  $t_2$

вақтларини ўлчаш кифоя. Инерция моментини ҳисоблашни осонлаштириш учун  $r$  ва  $h$  ни танлаб, формулани соддалаштириш мумкин.

Керакли асбоб ва ускуналар. Инерция моментини аниқлаш ускунаси: текшириладиган звено (шпинделлар барабани, чўткали ажратиш барабани ва бошқалар), тошлар, тарози секундомер, рулетка, логарифмик линейка.

### Ишни бажариш тартиби

1. Тошнинг ўрнатилиш баландлиги  $h$  белгиланади.
2. Симнинг бир учини шкивга ўраб, иккинчи учига  $m_1$  массали тош  $h$  баландликда ўрнатилади.
3.  $m_1$  массали тошни ташлаб, полга тушгунча кетган вақт  $t_1$  ўлчанади. Тажриба 5 марта такрорланиб,  $t_1$  нинг ўртача сон қиймати ҳисобланади.
4. Тажриба  $m_2$  массали тош билан такрорланади.
5. Звенонинг инерция моменти (146) формула ёрдамида ҳисобланади.
6. Тажриба натижалари ҳисобот варағига ёзилиб, иш топширилади.

### Контрол саволлар

1. Қандай усул „Юк ташлаш“ усули деб аталади?
2. Бу усул ёрдамида қандай звеноларнинг инерция моменти аниқланади?
3. Бу усулда звенонинг инерция моментини аниқлаш тартибини айтиб беринг.
4. Звенонинг инерция моментини аниқловчи ускунанинг тузилиши ва иш-лашини тушунтиринг.
5. Инерция моментини аниқлаш формуласидаги ҳарфларнинг маъносини тушунтиринг.

## 9-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

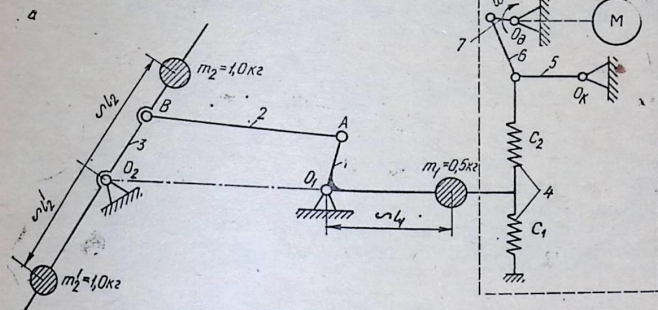
### Механизмларнинг келтирилган инерция моментини аниқлаш

Ишдан кўзланган мақсад. Шарнир-ричагли механизмларнинг келтирилган инерция моментини тажриба усулда аниқлаш.

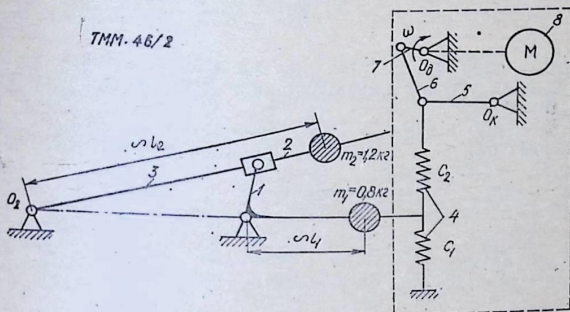
### Ишнинг назарий асосланиши

Етакчи звенонинг ҳақиқий ҳаракат қонуни Лагранж методида келтирилган звено (механизмнинг динамикавий модели) ёрдамида аниқланади. Кўпинча, келтирилган звено сифатида етакчи звено — кривошип (ёки ползун) қабул қилинади. Масалан, кўзгалувчанлик даражаси бирга тенг бўлган тўрт шарнирли механизм берилган, дейлик (60-шакл, а). Унинг етакчи кривошипи  $I$  механизмнинг динамикавий модели бўлади. Шунда кривошипни келтирилган звенога алмаштириш учун унинг инерция моменти  $I_1$

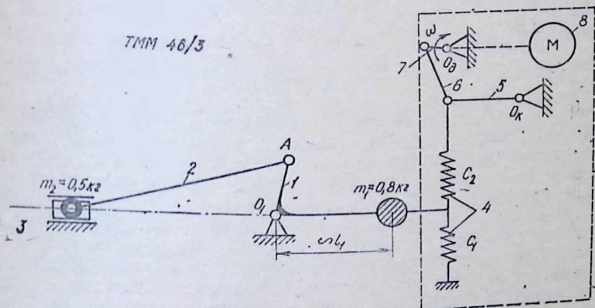
TMM 46/1



TMM 46/2



TMM 46/3



60 шакл.



ни келтирилган инерция моменти  $I_k$  га шундай алмаштириш керакки, келтирилган звенонинг кинетик энергияси  $T_k$  бутун механизмнинг кинетик энергияси ( $\sum T_i$ ) га тенг бўлсин:

$$T_k = \frac{I_k \omega_1^2}{2} = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{I_{si} \omega_i^2}{2} + \frac{m_i v_{si}^2}{2} \right], \quad (147)$$

бу ерда  $v_{si}$  ва  $\omega_i$  — механизмнинг  $i$  та звеноси масса марказининг чизиг'ий ва бурчак тезликлари:  $m_i$  ва  $I_{si}$  —  $i$  та звенонинг массаси ва масса марказига нисбатан инерция моменти.

(147) формуладан келтирилган звенонинг келтирилган инерция моментини қуйидаги тенглама ёрдамида аниқлаймиз:

$$I_k = \frac{2T_k}{\omega_1^2} = \sum_{i=1}^n \left[ I_{si} \left( \frac{\omega_i}{\omega_1} \right)^2 + m_i \left( \frac{v_{si}}{\omega_1} \right)^2 \right]. \quad (148)$$

Формуладан кўринадики, келтирилган инерция моменти  $I_k$  механизмнинг узатиш нисбатларининг квадратига боғлиқ ҳолда ўзгаради.

Узатиш нисбати эса кривошипнинг ҳолатига ( $\varphi$  бурчак қийматига) боғлиқ, келтирилган инерция моменти эса умумлаштирилган  $I_k = I_k(\varphi)$  координаталар функцияси бўлади. Механизмнинг келтирилган инерция моменти  $I_k$  ни аналитик ҳисоблаш йўли билан ва тажриба усулларида аниқлаш мумкин.

Лаборатория ишида ТММ-46 маркали қурилмада тажриба ўтказиб, берилган ричагли механизмларнинг келтирилган инерция моменти  $I_k$  нинг қиймаглари аниқлаймиз. ТММ-46 қурилмаси ёрдамида, асосан, ричагли уч хил механизм — ТММ-46/1 да кривошип-коромислоли, ТММ-46/2 да кривошип-қулисали ва ТММ-46/3 да кривошип-ползунли механизм текширилади.

### ТММ-46 қурилмасининг тузилиши

Қурилманинг ўнг томонида маятник 1 нинг резонанс тебранишини ҳосил қилувчи тузилма (штрихланган қисм), чап томонида эса текшириладиган ричагли механизм ўрнатилган (60-шакл, а). Резонанс частотасини ҳосил қилувчи махсус ричагли механизмнинг эксцентриги 7 электрик двигатель 8 ёрдамида айлантирилади. Маятникнинг битта пружинасига коромисло 5 уланган. Эксцентрикнинг эксцентриситети 1 мм га тенг бўлиб, электрик двигатель вали айланганда пружина юриш йўли 2 мм бўлган тебранма ҳаракат олади. Бу ҳаракат эса маятник 1 ёрдамида механизмга узатилади. Механизмга узатиловчи тебранишларнинг частотаси электрик дви-

гательнинг айланишини ўзгартириш ёрдамида узатилади. Етакчи звено-кривошип 1 га радиал ричаг (маятник) (60- шакл) ўрнатилган бўлиб, у горизонтал ўққа нисбатан перпендикуляр йўналишда қарама-қарши икки томонидан иккита пружина билан тортилган. Пружиналарнинг маҳкамланиш нуқтаси келтирилган масса ўрнатилган нуқта деб қабул қилинади.

Шундай қилиб, механизмнинг келтирилган массасининг осилган эгилувчан моделини ҳосил қиламиз. Келтирилган массанинг қийматини ричагнинг эркин тебраниш даври ва пружиналарнинг бикрлиги йиғиндисини аниқлаш ёрдамида билиш мумкин. Қурилмада ричагнинг эркин тебраниш частотасини резонанс даврининг тебраниш частотасига қараб аниқлаш мумкин. ТММ-46/1 қурилмаси (60-шакл, а) кривошип-коромислоли механизмнинг келтирилган инерция моментини аниқлаш учун хизмат қилади.

Кривошип 1 диск шаклида, коромисло эса оғир маховик кўринишда тайёрланган бўлиб, маховикнинг махсус ричагларига маховик инерция моментини ўзгартириш учун қўшимча юклар  $m_2$  ва  $m_2'$  маҳкамланади. Бу юклар коромислонинг  $L_2$  узунлиги бўйича жойланиши ўзгартирилиб ўрнатилиши мумкин. Диск-кривошип маҳкамланган махсус ричаг (маятник) ка қўшимча юк ўрнатилади.

Ричагнинг учига пружиналар маҳкамланган. Пружиналарнинг биттаси электрик двигателни эксцентрикли механизм ёрдамида илгариланма-қайтар ҳаракатга келтиради. Двигателнинг вали тахогенератор билан бириктирилган. Двигателнинг айланиш частотаси тахогенераторга уланган микроамперметр ёрдамида қайд қилинади.

Махсус тузилма ёрдамида механизмнинг кривошипи исталган бурилиш ҳолатига ўрнатилади. Шунда пружина маҳкамланган маятник ўз ҳолатини ўзгартирмайди.

Механизмнинг келтирилган инерция моменти қуйидагича аниқланади. Двигатель резонанс ҳолатидаги юқори тезликкача айлан-тирилади, сўнгра унинг айланиш тезлиги пасайтирилади. Шунда ричагнинг резонанс тебраниши аниқланган замон микроамперметрнинг стрелкаси двигателнинг айланиш частотасини кўрсатади.

Бу айланиш частотаси ричагнинг эркин тебраниш частотасига мос бўлади.

ТММ-46/2 қурилмаси кривошип-кулисали механизмнинг (60-шакл, б) келтирилган инерция моментини аниқлаш учун хизмат қилади. Қурилма худди ТММ-46/1 нинг ўзи бўлиб, кулиса кривошипдан ҳаракатлантирилади. Кулисанинг инерция моменти унинг юқориги (уч) қисмида жойлашган қўшимча юкни ричаг бўйлаб суриш йўли билан ўзгартирилади.

ТММ-46/3 қурилмаси кривошип-ползушли механизмнинг (60-шакл, в) келтирилган инерция моментини аниқлаш учун хизмат қилади. Бу қурилма ҳам ТММ-46/1 қурилмасининг ўзи бўлиб, ползушнинг массаси унга қўшимча юк ўрнатиш йўли билан ўзгартирилади.

## Қурилманинг асосий параметрлари

| Тартиб<br>номери | Асосий параметрлар                                                   | ТММ-46/1     | ТММ-46/2     | ТММ-46/3     |
|------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| 1                | Маятник пружинасхнинг<br>бирклиги: $C_1$ , н/м<br>$C_2$ , н/м        | 3320<br>3300 | 3470<br>3470 | 3500<br>3540 |
| 2                | Маятникка массанинг ўрнатилиш<br>оралиғи $l_1$ , мм                  | 70...140     | 70...140     | 70...140     |
| 3                | Етакланувчи звенога массанинг ўрнати-<br>лиш оралиғи $l_2$ , мм      | 100...150    | 280...350    | —            |
| 4                | Маятникдаги қўшимча масса $m_1$ , кг                                 | 0,5          | 0,8          | 0,8          |
| 5                | Етакланувчи звенодаги қўшимча масса<br>$m_2$ , кг                    | 1,0          | 1,2          | 0,5          |
| 6                | Двигателнинг айланиш частотаси $n$ , $\frac{\text{айл}}{\text{мин}}$ | 0...1500     | 0...1500     | 0...1500     |

Керакли асбоб ва ускуналар. ТММ-46 қурилмаси, чизмачи-  
лик асбоблари, логарифмик линейка, ҳисобот varaғи.

### Ишни бажариш тартиби

1. Механизм дискидаги даража бўлинмалари бўйича кривошип  
берилган туриш бурчаги  $\varphi$  га ўрнатилади ва стопор ёрдамида  
маҳкамланади.

2. Маятникдаги масса  $m_1$  ни берилган  $l_1$  оралиққа ўрнатиб,  
юк стопор ёрдамида маҳкамланади.

3. Етакланувчи звенодаги қўшимча масса берилган  $l_2$  оралиқ-  
қа ўрнатилиб, стопор ёрдамида маҳкамланади.

4. Қурилма тумблёр ёрдамида электр токига уланади, токка  
уланган-уланмаганлиги сигнал лампочканинг ёниш-ёнмаслигига  
қараб аниқланади.

5. Тезлик регуляторининг дастаси айлантирилиб, электр  
двигатель валининг айланиш частотаси секин-аста оширилади.

6. Резонанс пайдо бўлган заҳоти микроамперметр стрелкаси  
ва тарировка графиги (61-шакл) ёрдамида двигатель эксцентри-  
гининг айланиш частотаси  $n$  аниқланади.

7. Сўнгра электр двигатель тўхтатилиб, маятникнинг теб-  
раниш даври  $T$  қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаб топилади:

$$T = \frac{60}{n}, \quad (149)$$

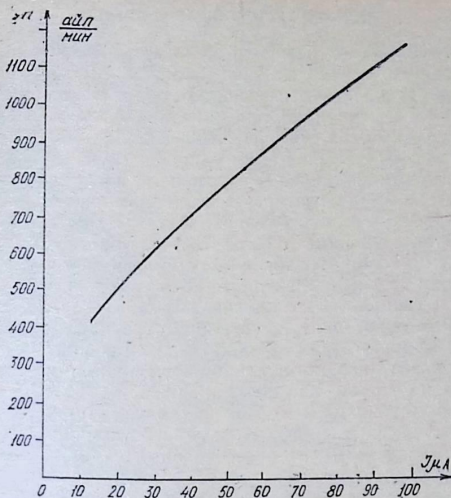
бу ерда  $n$ —эксцентрик валининг резонанс пайтдаги айланиш час-  
тотаси.

8. Механизмнинг келтирилган массаси қуйидаги формула ёрда-  
мида аниқланади:

$$m_k = \frac{C}{4\pi^2} T^2 \text{ кг}, \quad (150)$$

бу ерда  $C = C_1 + C_2$ —пружиналарнинг эквивалент биркликлари  
 $\frac{\text{н}}{\text{м}}$ .





61-шакл.

9. Механизмнинг келтирилган инерция моменти қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$I_k = m_k \cdot l_1^2 \quad \text{кгм}^2. \quad (151)$$

10. Ҳисобот варағи тўлдирилиб, иш топширилади.

#### Контрол саволлар

1. Келтирилган инерция моменти нима мақсадда аниқланади?
2. ТММ-46 қурилмасининг тузилишини айтиб беринг.
3. Келтирилган инерция моментини аниқлаш тартибини айтиб беринг.
4. Лаборатория ишида қўлланилган формулалардаги параметрларнинг ўлчов бирликларини айтиб беринг.
5. Қурилманин кинематик схемасини чизиб, тузилишини тушунтиринг.

### 10-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

#### ВИНТАВИЙ КИНЕМАТИК ЖУФТНИНГ ФОЙДАЛИ ИШ КОЭФФИЦИЕНТИНИ АНИҚЛАШ

Ишдан кўзланган мақсад. Винтавий жуфт (винт-гайка) нинг ўқ бўйлаб юкланишини ва материали ҳар хил бўлган турли параметрли резьбаларнинг фойдали иш коэффицентини аналитик ва тажрибада аниқлаш.

## Ишнинг назарий асосланиши

Винтавий жуфтлар (резьбали бирикма, пресс, домкрат, токарлик станогининг суриш винти ва бошқалар) машинасозлик ва приборсозликда кенг қўламда ишлатилади. Винтавий кинематик жуфт винт ва гайкадан иборат. Винтавий жуфт сифатида тўрт бурчакли, трапецеодал, учбурчакли ва бошқа махсус резьбалар ишлатилади. Резьбалар бир қиримли ва кўп қиримли бўлади. Винт-гайка узатмаси айланма ҳаракатни илгариланма ҳаракатга айлантириш ва кучни узатиш учун хизмат қилади. Агар винтавий чизикнинг кўтарилиш бурчаги катта ( $\alpha \geq 12^\circ$ ) бўлса, илгариланма ҳаракатни айланма ҳаракатга айлантириш мумкин. Бу механизм ёрдамида винт ва гайканинг қуйидаги ҳаракатларини ҳосил қилса бўлади: 1) винт айланганда гайка силжийди; 2) винт айланганда ва илгариланма силжиганда гайка қўзғалмас бўлади; 3) гайка айланганда винт илгариланма ҳаракат қилади; 4) гайка айланганда ва илгариланма ҳаракат қилганда винт қўзғалмайди; 5) винт стойкага нисбатан айланиб, илгариланма ҳаракат қилганда, гайка илгариланма ҳаракат қилади.

Винтавий механизмлар куч ва кинематик турларга бўлинади. Винтавий жуфтларнинг афзалликлари: тузилиши оддий, катта кучларни узатиш мумкин, силжиш бир текисда ва жуда аниқ бўлади, равои ва шовқинсиз ҳаракат қилади, узатиш сони катта, ўз-ўзини тормозлаши оддий, звенонинг тез силжиш ҳаракатини оддий тузилма ёрдамида ҳосил қилиш мумкин.

Камчиликлари: винтавий жуфтларда ишқаланишга кетадиган исрофгарчилик катта, жуфтлар тез ейилади, фойдали иш коэффиценти катта эмас.

Таъриба усулида винтавий жуфтнинг ФИК фойдали қаршилик кучи иши  $A_{ф.к.}$  нинг ҳаракатлантирувчи кучнинг иши  $A_{х.к.}$  га нисбати билан аниқланади:

$$\eta = \frac{A_{ф.к.}}{A_{х.к.}} \quad (152)$$

Винтавий жуфтда кўтариладиган юкнинг оғирлиги  $Q$  фойдали қаршилик кучи бўлади. Уни енгилш учун винтга ҳаракатлантирувчи куч моменти  $M_x$  қуйиш керак. Винтнинг бир марта айла нишида ўқ бўйлаб таъсир этувчи куч  $Q$  нинг фойдали иши

$$A_{ф.к.} = Q \cdot S \cdot a \quad (153)$$

формула билан, ҳаракатлантирувчи кучнинг иши эса

$$A_{х.к.} = M_x \cdot 2\pi \quad (154)$$

формула билан аниқланади.

У ҳолда механик ФИК қуйидаги нисбат ёрдамида топилади:

$$\eta = \frac{Q \cdot s \cdot a}{2\pi M_x}, \quad (155)$$

бу ерда  $s$ —резьба қадами;  $\alpha$ —винтнинг киримлари сони;  $M_x$  — ҳаракатлантирувчи кучнинг буровчи моменти, унинг қиймати индикаторнинг кўрсатишига биноан тарировка графиги (ёки жадвали) дан олинади.

Аналитик усулда айланма ҳаракатни илгариланма ҳаракатга айлантирувчи винтавий жуфтнинг ФИК қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\eta_{\text{ан}} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}, \quad (156)$$

бу ерда  $\alpha$ —винтавий чизикнинг кўтарилиш бурчаги, у қуйидагича аниқланади:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{s \cdot a}{\pi d_{\text{yp}}}, \quad (157)$$

$d_{\text{yp}}$ —резьбанинг ўрта диаметри;  $\varphi$ —винт-гайканинг ишқаланиш бурчаги, у қуйидагича аниқланади:

$$\varphi = \operatorname{acr} \operatorname{tg} f, \quad (158)$$

$f$ —винтавий жуфтнинг ишқаланиш коэффициентини, унинг қиймати махсус жадвалдан олинади.

Агар винтавий жуфт метрик учбурчакли резьбали бўлса, ФИК ни аниқлашда  $\varphi$  нинг ўрнига шартли ишқаланиш бурчаги  $\varphi'$  қабул қилинади:

$$\varphi' = \operatorname{arc} \operatorname{tg} f' = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{f}{\cos \beta}, \quad (159)$$

бу ерда  $\beta$ —резьба профилининг ярим бурчаги.

Винтавий жуфтнинг ФИК га винтавий чизикнинг кўтарилиш бурчаги  $\alpha$  ва киримлар сони  $a$  таъсир қилади. Резьбанинг киримлар сони ошиши билан ФИК ошади. Агар  $\alpha < \varphi$  бўлса, винтавий жуфт ўз-ўзидан тормозланувчи жуфт бўлади. Ўз-ўзидан тормозланувчи винтавий жуфтлар ФИК нинг қиймати 0,5 дан кам бўлади. Бу жуфтлар юк кўтариш механизмларида, прессларда ва бошқа тузилмаларда ишлатилади. Винтавий механизмларнинг резьбаларидаги ишқаланишни камайтириш учун винтавий чизик бўйича махсус ариқча очилиб, унга шариклар қўйилади. Бунинг натижасида жуфтнинг ФИК 0,9...0,95 гача оширилади. Лекин бундай жуфтни тайёрлаш мураккаб бўлади.

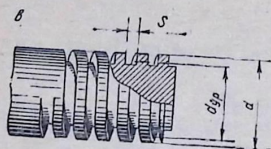
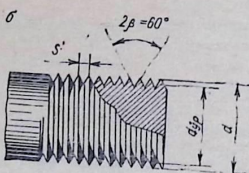
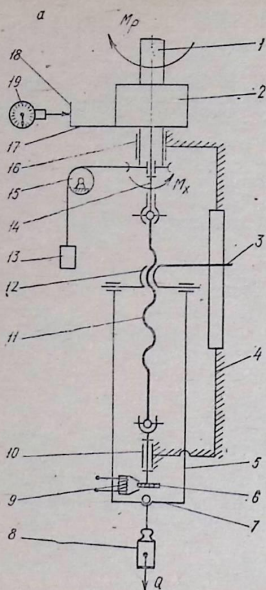
Агар илгариланма ҳаракат айланма ҳаракатга айлантирилса, ФИК қуйидагича аниқланади:

$$\eta_{\text{ин}} = \frac{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi)}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (160)$$

Қуйида махсус қурилма ТММЗМ ёрдамида винт-гайка жуфтини ФИК нинг тажрибада аниқланишини кўриб чиқамиз.

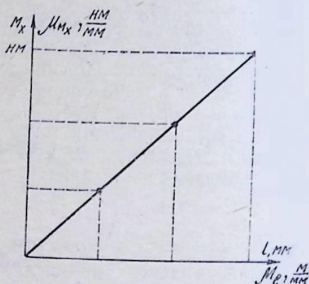


## ТММЗЗМ қурилмасининг түзилиши



Қурилманинг асоси швеллердан  
ясалган станина 4 бўлиб, унга  
иккита 10 ва 16 подшипник ўрнат-  
кичлар маҳкамланади (62-шакл, а).

Юқори ўрнаткича редуктор 2 билан электр двигател 1 ўрнатилган. Электр двигател ротори тишли узатма редуктори 2 орқали текшириладиган винт 11 га айланма ва гайка 12 га илгариланма ҳаракат беради. Редукторнинг вали 14 винт 11 га махсус муфта ёрдамида қўшилади. Винтавий жуфт винт 11 ва гайка 12 дан иборат бўлиб, унга иккита тортқич 5 ёрдамида траверса 7 ва юк 8 осилади. Юкнинг оғирлиги тошлар набори ёрдамида ўзгартирилади. Асос ариқчаси бўйлаб силжувчи бармоқ 3 гайка 12 нинг айланиб кетишидан сақлайди. Ишқаланишни камайтириш учун бармоқ учига шарикли подшипник қўйилган. Ҳаракатлантирувчи кучнинг буровчи momenti  $M_{\text{ж}}$  нинг қиймати реактив момент  $M_p$  ни ўлчаш билан аниқланади. Электр двигател токка уланганда унинг ротори винтни айлантиради ва  $Q$  куч билан юкланган гайкани юқорига кўтара бошлайди. Бир вақтнинг ўзida реактив момент  $M_p$  редуктор корпусини электр



62-шакл.

двигатель билан биргаликда қарама-қарши томонга буради. Шунда редуктор корпуси айланади-да, унинг қопқоғига маҳкамланган ричаг (таянч) 17 юлқа пластинка пружина 18 га таъсир қилиб, уни эгади. Пружинанинг эгилиши соат типдаги индикатор 19 стерженийга таъсир қилиб, уни силжитади. Индикатор стерженийнинг силжиши редуктор ричаги 17 даги реактив моментни кўрсатади, яъни  $M_p = -M_x$  бўлади. Пружинани тарировка қилиш учун махсус мослама 13 ва 15 бор.

ТММЗМ қурилмаси қўйидаги электр ўлчаш тузилмаларига эга: 1) пластинка пружина 3 га тензометрик датчиклар ёпиштирилган. Унинг симлари юқори панелга ўрнатилган клеммалар ёрдамида тензометрик кучайтириш прибори орқали осциллографга уланади; 2) винтнинг бурчак тезлигини ўлчаш учун тишли гилдирак 6 ва тақасимон доимий магнит 9 дан тузилган импульс магнит-электрик датчиги махсус клеммаларга уланади. Қурилмани бошқариш автоматлаштирилган. Тумблёр ёрдамида қурилма электр токига уланади. „Юргизиш“ кнопокasi босилганда, гайка юқорига кўтарилади, двигатель тескари айлантиради, гайка паст томонга юргизилади ва двигатель тўхтатилади.

Қурилмада реверсив бўлгани учун  $Q$  юкни кўтариш ва пастга тушириш (ўз-ўзини тормозламайдиган резбелар учун фақат кўтарилади) пайтидаги винт-гайканинг ФИК ни аниқлаш мумкин. Винтавий жуфтнинг ФИК ни аниқлаш учун гайка  $Q$  юк билан юкланади. Қурилма юргизилиб, винт барқарор ҳаракат қилган пайтда индикатор ва тарировка графиги ёрдамида ҳаракатлантин-рувчи куч моменти  $M_x$  аниқланади.

### Қурилманинг асосий параметрлари

Винтлар набори: 1) метрик резбали винт —  $M42 \times 4,5$  (62-шакл, б). Резбанинг сиртқи диаметри  $d = 42$  мм, резба қадами  $s = 4,5$  мм, профиль бурчаги  $2\beta = 60^\circ$ , резбанинг ўрта диаметри  $d_{\text{ўр}} = d - s \cdot \cos\beta$  бўлади; 2) тўғри бурчакли бир қиримли резба — тўғри  $M42 \times 4,5$  (62-шакл, в). Тўғри бурчакли резбанинг сиртқи диаметри  $d = 42$  мм, резба қадами  $s = 4,5$  мм ва ўрта диаметри  $d_{\text{ўр}} = d - \frac{s}{2}$  бўлади; 3) тўғри бурчакли уч қиримли резба — тўғри  $M42 \times (3 \times 8)$ . Винтларнинг материали — 45 пўлати. Гайкаларнинг материали — 20 пўлати; чўян СЧ12 — 28, латунь ЛС-59 — 1, бронза Бр ОЦС-4 — 2,5. Юкнинг оғирлиги — 30, 50, 80 ва 100 н; Гайканинг винт бўйича иш йўли — 300 мм. Винтнинг айланиш частотаси —  $n = 60 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$ .

Ишқаланиш коэффициентларининг қийматлари: пўлат пўлат бўйича  $f = 0,18$ ; пўлат бронза бўйича  $f = 0,15$ ; пўлат латунь бўйича  $f = 0,16$ ; пўлат чўян бўйича  $f = 0,17$ .

Керакли асбоб ва ускуналар. ТММЗМ қурилмаси, винт ва гайкалар набори, тарози тошлари, тарировка графиги, штанген-

циркуль, резьба ўлчагич, чизмачилик ғисоблари, логарифмик линейка, ҳисобот варағи.

### Ишни бажариш тартиби

1. Қурилманинг кинематик схемаси чизилади.
2. Винт вали буровчи момент  $M_x$  нинг тарировка графиги аниқланади.

Тарировка қилиш тартиби: узилмайдиган сим (ёки ип) редуктор шкивига ўралиб, блок 15 орқали тош 13 га уланади. Винт 11 ва гайка 12 қурилмадан олинади. Тош 13 нинг оғирлигини ўзгартириб, редуктор ричагига таъсир этувчи статорнинг реактив моменти қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$M_p = G \cdot R_{ш}, \quad (161)$$

бу ерда  $G$  — тарировка қилувчи тошнинг оғирлиги;  $R_{ш}$  — редуктор шкивининг радиуси.

Индикатор стерженининг ҳар бир момент бирлигига тегишли силжиш қиймати  $l$  индикатор кўрсатишидан олиниб, ҳаракатлантирувчи куч моменти  $M_x = M_x(l)$  нинг тарировка графиги  $r_{мх}$  ва  $r_l$  масштабларда чизилади. Тарировка графигининг умумий кўриниши 62-шакл, 2 да берилган.

3. Ўқитувчининг кўрсатмасига биноан, берилган винт ва гайканинг асосий параметрлари (винт ва гайканинг материали, резьбанинг тури, қадами  $s$ , қиримлари сони  $a$ , ўрта диаметри  $d_{ур}$  ва профиль бурчаги  $2\beta$  ҳамда винт-гайканинг материалига қараб ишқаланиш коэффиценти  $f$  нинг қиймати жадвалдан танланади.

4. Винтавий чизиқнинг кўтарилиш бурчаги  $\alpha$  (157) формула ёрдамида ва ишқаланиш бурчаги  $\varphi$  (158) формула ёрдамида ҳисобланиб, резьбанинг ўз-ўзини тормозлаш хусусияти текширилади.

5. Винт (резина гардиши пастга қаратилиб) гайка билан қурилмага ўрнатилади. Шунда гайка винтнинг пастки қисмида туриши керак.

6. Оғирлиги 30 Н бўлган юк гайкага осилади.

7. Тумблёр ёрдамида қурилма электр тармоғига уланади.

8. „Юргизиш“ кнопкаси босилиб, электрик двигатель юргизилади.

9. Гайканинг юқорига кўтарилишида индикатор кўрсатмасидан стерженнинг силжиш  $l$  қиймати олинади. Гайкани уч марта кўтариб,  $l$  нинг ўртача сон қиймати аниқланади. Агар резьба ўз-ўзини тормозловчи бўлса, гайкани пастга тушиш пайтида ҳам  $l$  нинг қиймати ёзилади.

10. Оғирлиги 50, 80 ва 100 Н бўлган юклар билан тажриба ўтказилиб, индикатордан  $l$  нинг уларга тегишли қийматлари аниқланади.

11. Тарировка графиги бўйича винтнинг ҳаракатлантирувчи куч моменти  $M_x$  нинг қиймати аниқланади.



12. Индикаторнинг ҳар бир кўрсатишига тегишли винтнинг бир марта айланиши учун (154) формуладан  $A_{х.к.}$  нинг ва (153) формуладан  $A_{ф.к.}$  нинг қийматларини ҳисоблаб, (155) формула ёрдамида винт-гайканинг ФИК аниқланади.

13. Олинган натижалар асосида винт-гайканинг ФИК нинг юк  $Q$  га боғлиқ бўлган иккита  $\eta = \eta(Q)$  графиги чизилади.

14. Аналитик усулда винтавий жуфтнинг ФИК (156) формула ёрдамида топилиб, ФИК нинг тажриба усули билан аниқланган қийматига таққосланади ва уларнинг нисбий хатоликлари аниқланади.

15. Ҳисобот варағи тўлдирилади-да, иш топширилади.

### Контрол саволлар

1. Қандай механизм винтавий механизм дейилади?
2. Винтавий жуфтлар қаерда ишлатилади?
3. Винтавий механизм ёрдамида қандай ҳаракатларни олиш мумкин?
4. Винтавий механизмларнинг афзалликлари ва камчиликлари нималардан иборат?
5. Винтавий жуфтнинг ФИК ни тажрибада ва аналитик усулда аниқлаш формулаларини тушунтириб беринг.
6. Винтавий жуфтнинг ФИК ни аниқлаш қурилмасининг тузилиши ва ишлашини айтиб беринг.
7. Ўз-ўзидан тормозланиш ҳодисаси қайси пайтда пайдо бўлади ва бундай винтавий жуфтлар қаерларда ишлатилади?
8. ФИК нинг қиймати қандай параметрларга боғлиқ ҳолда ўзгаради?
9. Винтавий жуфтларнинг ФИК ни қандай ошириш мумкин?
10. Ҳаракатлантирувчи кучнинг моменти қандай тарировка қилинади?

## II-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### АЙЛАНУВЧИ ЗВЕНОЛАРНИ МУВОЗАНАТЛАШ

Ишдан кўзланган мақсад. Айланувчи звеноларнинг мувозанатланишини тажрибада ўрганиш.

#### Ишнинг назарий асосланиши

Машина ва механизм тезлигининг ортиши нагжасида тез айланувчи звеноларни мувозанатлаш проблемаси асосий вазифалардан бири бўлиб қолди.

Маълумки, кўпинча, тайёрланган звенонинг ҳажми бўйича металлнинг зичлиги бир хил бўлмаслиги, уни ясаш вақтида айрим ноаниқликларга йўл қўйилиши ва ишлаш процессида ейилиши, деталнинг носимметрик шакл билан ясалиши ва уни йиғиш натижасида масса маркази айланиш ўқидан силжиши мумкин.

Бундай звенолар айланганда, уларда қўшимча марказдан қочирма инерция кучлари пайдо бўлади. Бунинг натижасида подшипникларда ҳисобга олинмаган қўшимча реакция кучлари вужудга келади. Кучнинг катталиги ва йўналишининг ўзгариши натижасида турли тебранишлар ҳосил бўлиб, машина ва механизм-

нинг ишлаш муддати қисқаради. Айрим ҳолларда эса деталларнинг тез синишига сабаб бўлади.

Бунинг олдини олиш учун айланувчи звенолар мувозанатланади. Машиналарни ишлатишда уларнинг узоқ ва хавфсиз ишлаши, белгиланган технологик процесс режимларининг бажарилиши талаб қилинади. Бу эса звеноларнинг яхши мувозанатланишига боғлиқ. Амалда (кўпгина авторларнинг тавсиясига кўра) қуйидагиларга амал қилиш керак.

1. Айланиш сони  $n < 300$  айл/мин дан иборат секин айланувчи ва узунлигининг диаметрига нисбати 0,2 дан кам бўлган роторларни статикавий мувозанатлаш етарли бўлади.

2. Узунлиги диаметридан катта ва мувозанатланиши шарт бўлган тез айланувчи роторлар динамикавий мувозанатланади.

Масса маркази айланиш ўқида ётган, ўз массаси билан бурила олмайдиган ва инерция кучининг бош вектори нолга тенг бўлган звено *статик мувозанатланган звено* деб аталади. Звенолар махсус мувозанатлаш параллеллари ва тарозилари, роликли, дискли мосламаларда статик мувозанатланади.

Звеноларни статик мувозанатлашда уларга битта қўшимча посанги ўрнатилади. Унинг марказдан қочувчи инерция кучи мувозанатланади. У ҳолда, роторнинг мувозанат шarti қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$\sum m_i \bar{r}_i + m_n \bar{r}_n = 0. \quad (162)$$

Инерция кучларининг бош вектори ва унинг моменти нолга тенг бўлган звено *динамик мувозанатланган звено* деб аталади.

Звенонинг динамик мувозанатланиши натижасида унинг таянчларида ҳеч қандай динамик босим кучлари бўлмайди.

Динамик мувозанатлашда икки текисликка иккита қўшимча посанги ўрнатилиб, марказдан қочирма инерция кучларидан ташқари, унинг моменти ҳам мувозанатланади, яъни  $\sum P_n = 0$ ,

$\sum M_o(P_n) = 0$ , бу ерда  $M_o(P_n) = O$  нуқтага нисбатан марказдан қочирма инерция кучи моменти,  $M_o(P_n) = P_n \cdot l$ ;  $l = P_n$  кучнинг  $O$  нуқтага нисбатан елкаси.

У ҳолда, роторнинг мувозанат шarti

$$\sum m_i r_i + m_n r_n = 0, \quad (163)$$

$$\sum m_i r_i l_i + m_n r_n l_n = 0 \quad (164)$$

тенгламалар билан ифодаланади.

Ротор тўла (статик ва динамик) мувозанатланганда унинг посанги тошлари I ва II текисликларга ўрнатилади. Уларнинг массалари  $m_I$  ва  $m_{II}$  массалар марказларининг оралиғи  $r_I$ ,  $r_{II}$  ва радиус-векторларининг йўналиш бурчаклари  $\alpha_I$ ,  $\alpha_{II}$  билан белгиланади.

Бу параметрлар аналитик ва график усуллар билан аниқлана-

ди. Студентларнинг тажриба ишларида график усулдан фойдаланиш етарли.

Бешта диск ўрнатилган роторли ускунанинг схемаси 63-шаклда кўрсатилган. Унинг  $Ox$  ўқидан  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  бурчаклар билан йўналган  $r_1, r_2, r_3$  радиус-векторларга  $m_1, m_2, m_3$  посанги тошлар ўрнатилган.

**Статик мувозанатлаш.** Ротор бир текисда айланганда мувозанатланмаган  $m_1, m_2, m_3$  массалар таъсирида  $\bar{P}_{u_1}, \bar{P}_{u_2}, \bar{P}_{u_3}$  инерция кучлари ҳосил бўлади (63-шакл, а, б).

Мувозанат шартини ёзамиз:

$$\bar{P}_{u_1} + \bar{P}_{u_2} + \bar{P}_{u_3} + \bar{P}_c = 0 \quad (165)$$

ёки

$$m_1 \bar{r}_1 \omega^2 + m_2 \bar{r}_2 \omega^2 + m_3 \bar{r}_3 \omega^2 + m_c \bar{r}_c \omega^2 = 0$$

Тенгламадан  $\omega^2$  ларни қисқартириб,

$$m_1 \bar{r}_1 + m_2 \bar{r}_2 + m_3 \bar{r}_3 + m_c \bar{r}_c = 0 \quad (166)$$

ни оламиз. Бундаги  $m_c$  ва  $\bar{r}_c$  нинг қийматини ва ўрнатиш координатасини аниқлаш учун статик момент кўпбурчаклигини чизамиз.

Бунинг учун статик моментнинг масштаб коэффициентини аниқлаймиз:

$$\mu_c = \frac{m_1 \bar{r}_1}{\overline{Oa}} \frac{\text{кгм}}{\text{мм}}, \quad (167)$$

бу ерда  $\overline{Oa}$ —статик моментнинг ихтиёрий кесмаси узунлиги, мм.

Ихтиёрий  $uOx$  координаталар системасини танлаймиз (63-шакл, в).  $O$  нуқтадан  $Ox$  ўққа нисбатан бурилган  $\alpha$ , бурчак йўналишини чизамиз ва бу чизиқда  $\mu_c$  масштаб бўйича  $m_1 \bar{r}_1$  кўпайтманинг қийматини танланган  $\overline{Oa}$  кесмада белгилаймиз, сўнгра  $\overline{Oa}$  кесманинг давомида  $a$  нуқтадан  $Ox$  ўққа нисбатан берилган  $\alpha_2$  бурчак йўналишини чизиб, унда  $m_2 \bar{r}_2$  кўпайтманинг  $ab$  қийматини чизамиз:

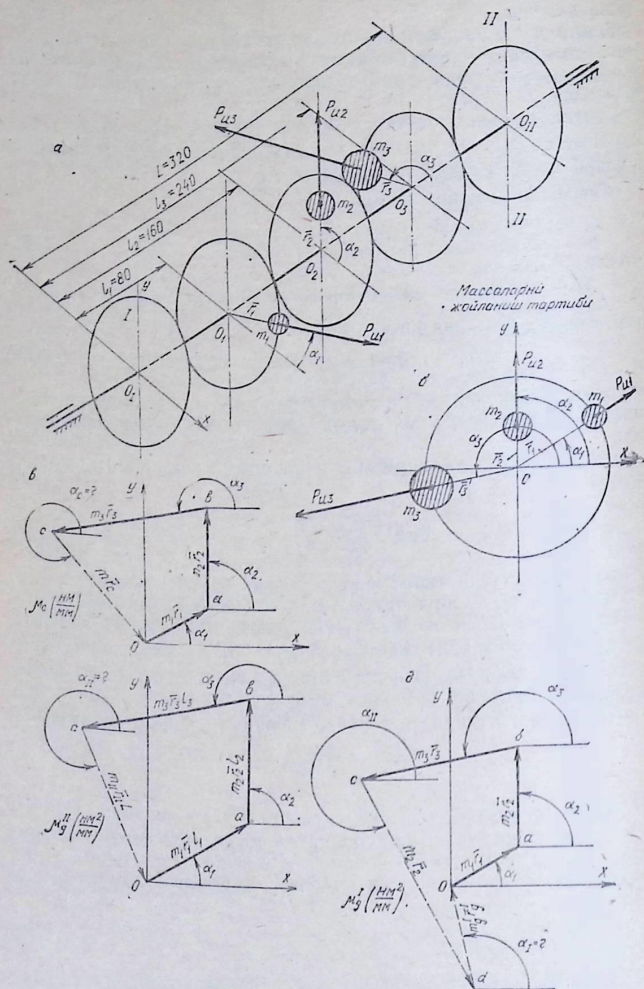
$$\overline{ab} = \frac{m_2 \bar{r}_2}{\mu_c} \text{ мм.}$$

$m_3 \bar{r}_3$  нинг қийматини  $\overline{bc}$  кесма узунлиги билан чизамиз. Сўнг  $c$  ва  $o$  нуқталарни туташтириб, қўшимча  $m_c \bar{r}_c$  статик момент (штрих чизиқ) кесмасини оламиз. Тошнинг массаси  $m_c$  ни олиб, унинг ўрнатиш радиус-векторини қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаймиз:

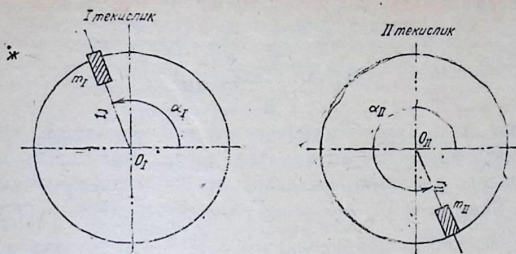
$$r_c = \frac{\overline{co} \cdot \mu_c}{m_c} \quad (168) \quad \text{Г}$$

Чизмадан  $\alpha_c$  бурчакнинг қиймати ўлчанади. Аниқланган параметрлар бўйича  $m_c$  посанги тош I ёки II текисликка ўрнатилиб,





63-шакл.



63-шакл.

роторнинг статик мувозанатга келганлиги текширилади. Агар ротор ихтиёрӣ турғиш вазиятига ўрнатилганда у барча бурилиш бурчакларида ўзининг мувозанат ҳолатини сақласа, ротор статик мувозанатланган бўлади.

Динамик мувозанатлаш учун барча инерция кучлари моментларининг вектор тенгламаси тузилади:

$$m_1 \bar{r}_1 \cdot \omega^2 l_1 + m_2 \bar{r}_2 \omega^2 l_2 + m_3 \bar{r}_3 \omega^2 l_3 + m_{II} \bar{r}_{II} \omega^2 \cdot L = 0. \quad (169)$$

Бундаги  $\omega^2$  ларни қисқартириб,

$$m_1 \bar{r}_1 l_1 + m_2 \bar{r}_2 l_2 + m_3 \bar{r}_3 l_3 + m_{II} \bar{r}_{II} \cdot L = 0 \quad (170)$$

тенгламани ҳосил қиламиз.

$m_{II}$  ва  $r_{II}$  ларининг қийматини аниқлаш учун моментлар векторининг кўпбурчаклигини чизамиз. Масштаб коэффициенти қуйидагича бўлади:

$$\mu_{II}^O = \frac{m_1 \bar{r}_1 \cdot l_1}{\overline{Oa}} \frac{\text{кгм}^2}{\text{мм}}.$$

Момент векторларини  $90^\circ$  га буриб, куч векторларининг йўналиши бўйича моментлар кўпбурчаклигини чизамиз. Бунинг учун  $O$  нуқтадан  $\overline{Ox}$  ўққа нисбатан  $\alpha_1$  бурчак йўналиши бўйлаб  $m_1 \bar{r}_1 l_1$  момент векторининг  $Oa$  кесмасини ўтказамиз (63-шакл, 2). Сўнгра  $a$  нуқтадан  $Ox$  ўққа нисбатан  $\alpha_2$  бурчакнинг йўналиш чизигида  $\overline{ab} = \frac{m_2 \bar{r}_2 l_2}{\mu_{II}^O}$  кесмани ўтказамиз ва ҳоказо. Худди шунингдек, қолган

векторларни ҳам чизамиз. Сўнгра  $c$  ва  $o$  нуқталарни туташтириб, қўшимча  $m_{II} \bar{r}_{II} L$  нинг  $co$  кесмасини (штрих чизик) ўлчаймиз.

Берилган  $L = 320$  мм оралиқни қабул қилиб,  $m_{II}$  масса қий-

матини танлашимизда, унинг ўрнатилиш радиус-векторини қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаймиз:

$$r_{II} = \frac{(\overline{co}) \cdot \mu_{II}^I}{m_{II} \cdot L} \text{ мм} \quad (171)$$

63- шакл, г да кўрсатилган штрихланган чизмадан  $\alpha_{II}$  бурчакнинг қиймати ўлчанади. Аниқланган  $r_{II}$ ,  $\alpha_{II}$  параметрлар бўйича II текисликдаги дискка  $m_{II}$  массали посанги тош ўрнатилади (63- шакл, е). Сўнгра  $m_1 \bar{r}_1 + m_2 \bar{r}_2 + m_3 \bar{r}_3 + m_{II} \bar{r}_{II} + m_I \bar{r}_I = 0$  (172) тенгламанинг векторлар кўпбурчаклиги  $\mu_d^I \left[ \frac{\text{кгм}^2}{\text{мм}} \right]$  масштабда чизилиб, номулум  $m_I \bar{r}_I$  вектор аниқланади (63- шакл, д). Текисликдаги  $m_I$  посангининг қиймати танланиб,  $r_I$  радиус-вектор ҳисобланади ва чизмадан  $\alpha_I$  ўлчанади.

Аниқланган  $\alpha_I$ ,  $r_I$  параметрлар бўйича I текисликдаги дискка  $m_I$  посанги тош ўрнатилади (63- шакл, ж).

Двигатель воситасида ротор айлантрилиб, унинг мувозанатга келганлиги (ротор валининг тебранишига қараб) текширилади.

Керакли асбоб ва ускуналар. ТММ-35М маркали ускуна (посанги тошлари билан); логарифмик линейка, чизмачилик асбоблари, транспортир, ҳисобот вараги.

### Ускунанинг тузилиши ва ишлаши

Ускуна асосан ротор, дисклар, роторни айлантририш механизми ва тошларни ўрнатиш системасидан иборат. Ротор валига оралиғи 80 мм дан қилиб, 5 та диск жойлаштирилган. Ҳар бир дискда бири-бирига нисбатан  $180^\circ$  остида жойлашган иккита кесик бўлиб, унга вал марказдан оралиғи 40 мм дан 90 мм гача бўлган радиус бўйлаб посанги тошлар ўрнатилади. Диск валга нисбатан исталган бурчакка бурилиб, винт ёрдамида маҳкамланади. Ротор устундаги подшипникларга ўрнатилган. Ротор валининг ўнг қисми горизонтал текислик бўйлаб эркин силжиши учун махсус роликли, пружинали аравачага ўрнатилган. Ротор электр двигатель ва фрикцион узатма ёрдамида айлантририлади.

Юргизиш механизмининг ричаги босилганда двигатель ишга тушади ва узатманинг фрикцион диски роторли шкивни босиб, унга ҳаракат узатади. Ричаг бўшатишганда электр двигателнинг фрикцион диски ротордан ажралиб, ротор тўхтайдди. Ускунада массаси 40, 50, 60, 70 граммли тошлар бор.

### Ишни бажариш тартиби

1. Ўқитувчининг топшириғи билан тошларнинг  $m_i$  массалари ва ўрнатилиш  $r_i$ ,  $\alpha_i$  координаталари олиниб, схемада кўрсатилган 1, 2, 3, дискларга ўрнатилади.



2. Ротор ихтиёрий бурчакларга бурилиб, турли ҳолатларда унинг статик мувозанатланганлиги текширилади. Агар турли ҳолатларда ротор бурилиб, ўз мувозанатини сақламаса, уни статик мувозанатлаш керак бўлади.

3. Статик мувозанатлаш учун тошнинг  $m_c$  массаси ва унинг  $\bar{r}_c$  ва  $\alpha_c$  ўрнатилиш координаталари аниқланади. Бунинг учун берилган  $m_1 r_1$  статик моментларнинг  $\mu_c$  масштаби танланиб, уларнинг векторлар кўпбурчаклиги чизилади. Кўпбурчакликнинг бошланиш нуқтаси  $O$  билан туташтирувчи штрихланган  $\overline{CO}$  кесма статик моментнинг  $\mu_c$  масштабдаги мувозанатловчи вектори бўлади. Тошнинг

текисликдаги  $m_c$  массасини танлаб, унинг радиуси  $r_c = \frac{(\overline{m_c r_c}) \mu_c}{m_c} = \frac{(\overline{CO}) \mu_c}{m_c}$  формула ёрдамида ҳисобланади. Ўрнатилиш  $\alpha_c$  бурчаги

векторлар кўпбурчаклигининг  $x-x$  чизигидан ўлчанади.

4. Ускунанинг I ва II чекка дискларига аниқланган  $r_c$  ва  $\alpha_c$  координаталар бўйича  $m_c$  тош ўрнатилиб, роторнинг статик мувозанатга келган-келмаганлиги текширилади.

5. Электрдвиатель ёрдамида ротор айлантирилиб, унинг динамикавий мувозанатга келган-келмаганлиги аниқланади. Агар роторнинг ўнг томони горизонтал текислик бўйича тебранса, ротор динамик мувозанатга келмаган бўлади.

6. Уни динамик мувозанатлаш учун ротор тўхтатилиб, ўрнатиш  $m_c$  тош дискдан олинади.

7. Ротор динамик мувозанатланади. Бунинг учун берилган мас- салар инерция кучларининг  $m_1 r_1 l_1$  моментининг  $\mu_d^{\text{II}} \left( \frac{\text{кгм}^2}{\text{мм}} \right)$  масшта- би танланиб, момент векторларининг кўпбурчаклиги чизилади. Кўпбурчакликнинг бошланиш ва охириги нуқталарини туташти- рувчи  $\overline{CO}$  штрихланган кесма  $m_d r_d l_d$  нинг  $\mu_d^{\text{II}}$  масштабдаги қийма- тини беради. Тошнинг  $m_d^{\text{II}}$  массаси ва ўрнатилиш текислигининг  $l_d$  оралиги қабул қилиниб,  $r_d^{\text{II}}$  радиус ҳисоблаб топилади:

$$r_d^{\text{II}} = \frac{(m_d \bar{r}_d l_d) \mu_d^{\text{II}}}{m_d l_d} \text{ м.}$$

Ўрнатилиш  $\alpha_d$  бурчаги кўпбурчакликнинг  $x-x$  чизигидан ўл- чаб аниқланади. Сўнгра аниқланган  $m_d^{\text{II}}, r_d^{\text{II}}, \alpha_d^{\text{II}}$  параметрлар ҳисоб- га олиниб,  $\mu_d^{\text{II}}$  масштаб танланадида, яна куч кўпбурчаклиги чи- зилади. 63- шакл,  $d$  даги  $d$  нуқта  $O$  нуқта билан туташтирилиб,  $\overline{dO}$  кесма олинади ва  $m_d^{\text{II}} r_d^{\text{II}}$  вектордаги  $m_d^{\text{II}}$  масса танланиб,  $r_d^{\text{II}}$  радиус ҳисобланади. Чизмадан  $\overline{dO}$  қиймати ўлчанади.

8. Аниқланган  $m_d^{\text{II}}, r_d^{\text{II}}, \alpha_d^{\text{II}}$  ва  $m_d^{\text{I}}, r_d^{\text{I}}, \alpha_d^{\text{I}}$  лар II ва I текисликда жой- лашган дискларга ўрнатилиб, роторнинг статик ва динамик му- возанатланганлиги текширилади.

9. Тажриба натижалари ҳисобот варағига ёзилиб, иш топширилади.

### Контрол саволлар

1. Айланувчи звенолар нима учун мувозанатланади?
2. Звенонинг динамик мувозанатланганлигини параллел призмада аниқлаш мумкинми? У қандай аниқланади?
3. Мувозанатлашнинг қайси турида инерция кучлари таъсирида жуфт кучлар ҳосил бўлади?
4. Статик мувозанатлашда звенонинг қаерига қўшимча юк ўрнатилади?
5. Қайси пайтда звенони статик мувозанатлаш билан чегараланса бўлади?
6. Тўла мувозанатлаш учун нималар қилиш керак?

## 12-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### РОТОРНИ ДИНАМИК МУВОЗАНАТЛАШ

Ишдан кўзланган мақсад. Шитиков Б. В. станогида тажриба ўтказиш ёрдамида роторни мувозанатлашни ўрганиш.

#### Ишнинг назарий асосланиши

Звено (масалан, электрик двигатель ротори, тирсакли вал, турли қишлоқ хўжалик машиналарининг барабанлари ва бошқалар) ўз ўқи атрофида айланганда, агар мувозанатланмаган бўлса, марказдан қочирма кучлар ҳосил бўлади. Бу кучлар таъсирида подшипникларда қўшимча босим ва машина рамасида тебраниш пайдо бўлади. Звено катта тезликда айланганда, бу кучлар машина деталларини синдириши мумкин. Бу ҳодисанинг олдини олиш учун айланувчи звеноларда ҳосил бўлган қўшимча марказдан қочирма кучларни мувозанатлаш қиймати ва жойланиш координаталари номаълум бўлади. Бундай звенолар махсус станокларда мувозанатланади. Б. В. Шитиков яратган станогининг тузилиши оддий бўлиб, роторни тез ва тўла (статикавий ҳамда динамикавий) мувозанатлайди.

Станокнинг схемаси 64- шакл, а да келтирилган. Асос 3 га ўрнатилган рама 2 вертикал текислик бўйича О шарнирда бурилади. Рама горизонтал туриш вазиятида илмоқ билан қўшилган. Илмоқнинг юқориги қисми шарнир ёрдамида рама билан, пастки қисми эса пружина 4 билан қўшилган.

Ротор шарнирли подшипникларга ўрнатилган. Ротор валига 5 ва 6 дисклар ўрнатилган. Винт-гайка ёрдамида посанги тош ўрнатилади. Дискни ротор валига винт ёрдамида кўзгалмас қилиб қотириш мумкин. Диска радиал йўналишда кесик очилган бўлиб, бу кесикка роторнинг айланиш ўқидан маълум радиус бўйлаб қўшимча тош ва посангилар ўрнатилади. Дискни ротор валига нисбатан керакли бурчак остида ўрнатиш учун, унда  $360^\circ$  га бўлинган шкала бор. Ротор ричаг 7 га ўрнатилган электрик двигатель 8 ёрдамида айлантирилади. Ричаг эса асос 3 кронштей-





нига ўрнатилган. Бу кронштейнга двигателнинг ток улагичи жойлаштирилган.

Ричагдаги шарсимон туткич босилганда двигатель вали айлана бошлайди. Двигательнинг фрикцион шкиви 9 роторнинг сиртки юзасига ишқаланиб, уни айлантиради.

Винт ва сатҳ аниқлагич ёрдамида роторнинг рамаси горизонтал вазиятга созланади. Тормозлаш мосламаси ёрдамида ротор тўхтатилади. Ротор рамасининг тебраниши индикатор 10 билан ўлчанади. Индикатор максимал амплитудани ўлчайди.

Мувозанатлаш назариясига асосланиб, роторнинг мувозанатланмаган барча массаларини мувозанатлаш учун роторнинг айланмиш ўқиға тик бўлган ихтиёрий икки  $A$  ва  $B$  текисликка массалар жойлаштирилади. Текислик  $O$  шарнир ўққа,  $B$  текислик эса  $L$  оралиқда жойлашган дискка ўрнатилади. Бизга номаълум бўлган  $m_1$  ва  $m_2$  массалар ротор ўқидан  $r_1$  ва  $r_2$  радиус оралиғида  $AA$  ва  $BB$  текисликларга ўрнатилади.

Ротор  $\omega$  бурчак тезлик билан айлантирилганда  $m_1$  ва  $m_2$  массалар таъсирида марказдан қочма қуйидаги инерция кучлари ҳосил бўлади:

$$P_{n1} = m_1 r_1 \omega^2 \quad \text{ва} \quad P_{n2} = m_2 r_2 \omega^2 \quad (173)$$

$P_{n2}$  куч раманинг тебраниш шарниридаги  $AA$  текисликда ётгани учун,  $O$  шарнир реакцияси билан мувозанатлашади.

$BB$  текисликда ётган  $P_{n1}$  кучни иккита кучга — горизонтал  $P_{x1}$  ҳамда вертикал  $P_{y1}$  кучларга ажратамиз (64-шакл, б). Бу кучлар

$$\begin{aligned} P_{x1} &= P_{n1} \cdot \cos \omega t, \\ P_{y1} &= P_{n1} \cdot \sin \omega t \end{aligned} \quad (174)$$

бўлиб, шарнир ўқи  $O$  га нисбатан  $L$  масофада жойлашган рамага таъсир этувчи  $M_{y1}$  моментни ҳосил қилади.

Булардан горизонтал  $P_{x1}$  кучнинг моменти шарнирнинг реакция моменти билан мувозанатлашади. Вертикал  $P_{y1}$  кучнинг моменти  $M_{y1} = P_{y1} \cdot L$  эса рамани (ротор билан) шарнир ўқи агрофида тебрантиради. Роторнинг айланиш  $\omega$  тезлигига тенг частота (гармоник қонун билан ўзгарувчи  $M_{y1}$  момент) рамага мажбурий сўнмас тебренма ҳаракат беради. Роторнинг айланиш тезлиги камайган сари тебратувчи момент частотасининг ўзгариши камаяди. Бу частота системанинг частотасига тенглашганда, резонанс содир бўлади.

Шу пайтда раманинг тебраниш амплитудаси жуда катта бўлади. Тебраниш назариясидан маълумки, резонанс ҳолатида мажбурий тебраниш амплитудаси ҳаракатни қўзғатувчи амплитудага пропорционал бўлади:

$$A = \mu \cdot P_{y1} \quad (175)$$

Б. В. Шитиков станогида мувозанатланмаган массанинг координаталарини аниқлаш мувозанатланмаган массанинг статик моменти

$A_1$  билан резонанс ҳолатдаги амплитудасининг пропорционаллиги қонунига асосланади.

Бу иш қуйидагича бажарилади.  $B-B$  текисликда  $x-x$  ҳисоблаш чизиғи ўтказилади (64-шакл). Мувозанатланмаган  $m_1$  масса  $ox$  чизиқ билан  $\alpha$  бурчак ҳосил қилган  $r_1$  радиус оралиғида ётади, деб фараз қилайлик. Ротор резонанс ҳолатдаги айланиш тезлигидан юқори тезлик билан айлантирилиб, секин тўхтатилади. Роторнинг айланиши секинлашиб, унинг  $\omega$  айланиш тезлиги системанинг резонанс частотасига мос келганда, рама максимал тебраниш амплитудасига эга бўлади. Раманинг максимал  $A_1$  тебраниш амплитудаси индикатор ёрдамида ўлчанади.

Бу амплитуда  $B-B$  текисликда жойлашган мувозанатланмаган  $m_1 r_1$  статикавий моментга пропорционал бўлади.

Унинг мувозанатланмаган массаси  $P_{u1}$  марказдан қочирма кучга ҳам пропорционал бўлади, яъни:

$$A_1 = \mu \cdot P_{u1}. \quad (176)$$

$x-x$  чизиқда роторнинг айланиш ўқидан  $r_T$  радиус оралиғида  $m_T$  қўшимча масса жойлаштирилади (64-шакл,  $z$ ). Сўнгра ротор катта тезликда айлантирилиб, раманинг  $A_2$  тебраниш амплитудаси индикатор ёрдамида ўлчанади.

$A_2$  амплитуда  $m_T$  қўшимча ва  $m_1$  мувозанатланмаган массаларнинг тенг таъсир этувчиси марказдан қочирма  $R_2$  кучга пропорционал бўлади (бу ерда  $\mu$  — ускуванинг доимий параметрларига боғлиқ бўлган пропорционаллик коэффициентини).

Агар станокнинг доимий  $\mu$  коэффициентини аниқланса, индикатор ёрдамида  $A_2$  амплитуда ўлчаниб, керакли  $P_{y1}$  дисбаланс кучи  $B-B$  текисликка ўрнатилади. Шунда изланган  $m_1 r_1$  нинг қийматини аниқлаш мумкин:

$$A_2 = \mu \cdot R_2. \quad (177)$$

$m_T$  қўшимча масса олдинги жойидан олиниб,  $x-x$  нинг қарама-қарши томонига  $O$  айланиш ўқидан  $r_T$  масофага жойлаштирилади (64-шакл,  $\partial$ ). Ротор айлантирилиб, раманинг резонанс ҳолатидаги  $A_3$  тебраниш амплитудаси ўлчанади.

$A_3$  амплитуда  $P_{u1}$  ва  $P_{u2}$  таъсир этувчи кучларнинг марказдан қочирма  $R_3$  инерция кучига пропорционал бўлади, яъни:

$$A_3 = \mu \cdot R_3. \quad (178)$$

64-шакл,  $б. в$  да қўшимча  $m_T$  массанинг иккита ўрнатилиш вазиятини кўрсатувчи кучлар параллелограмми чизилган. 64-шакл,  $е$  да  $OBCA$  параллелограмм чизилган. Ундаги  $P_{u1}$  ва  $P_{u2}$  кучлар  $A_1$  ва  $A_2$  амплитуда қийматларига пропорционал равишда алмаштирилган.

Бу параллелограммнинг  $OA$  томони  $A_1$ ,  $OC$  ва  $AB$  диагоналлари эса  $A_2$  ва  $A_3$  амплитудалар бўлади.  $OB$  томони қўшимча масса  $m_T$  резонансидан олинган максимал амплитуда  $A_k$  га тенг. Параллелограмм томонлари иккиланма квадратининг йнгиндисини

га диагоналар квадратининг йигиндисига тенг, деган қоидага қўра қуйидагиларни оламиз:

$$2A_k^2 + 2A_1^2 = A_2^2 + A_3^2.$$

Бундан

$$A_k = \sqrt{\frac{1}{2}(A_2^2 + A_3^2 - 2A_1^2)}, \quad (179)$$

шунингдек,

$$A_k = \mu \cdot P_{ик} \quad (180)$$

бўлади. Роторнинг бир хил бурчак тезлигида массанинг статик моменти марказдан қочирма инерция кучига пропорционал бўлгани учун қўшимча массанинг статик моменти ва амплитудасининг ўзаро пропорционаллик коэффициентини аниқлаш мумкин:

$$\mu = \frac{A_k}{m_T r_T}, \quad (181)$$

бу ерда  $m_T \cdot r_T$  — қўшимча  $m_n$  массасининг статик моменти. Энди изланаётган мувозанатланмаган массанинг радиусга кўпайтмасини аниқлаш мумкин:

$$m_1 r_1 = \frac{A_1}{\mu} \quad (182)$$

Посанги массасининг  $m_n \cdot r_n$  статик моменти мувозанатланмаган массанинг  $m_1 r_1$  статик моментиға тенг ва қарама-қарши томонга йўналган бўлади:

$$m_n r_n = -m_1 r_1.$$

Посангининг  $m_n$  массасини олиб,  $r_n$  нинг қийматини аниқлаймиз:

$$r_n = \frac{m_1 r_1}{m_n} \quad (183)$$

Энди  $r_n$  радиус-векторнинг йўналишини аниқлаймиз.

$OAB$  учбурчакликдан (64-шакл, е):

$$A_3^2 = A_1^2 + A_k^2 - 2A_1 A_k \cdot \cos \alpha,$$

бундан

$$\cos \alpha = \frac{A_1^2 + A_k^2 - A_3^2}{2A_1 A_k} \quad (184)$$

бўлади.  $\cos \alpha$  нинг иккита  $-\alpha$  ва  $+\alpha$  қийматини оламиз. Демак, посанги тош  $\pm \alpha$  ёки  $180^\circ \pm \alpha$  бурчаклар билан аниқланувчи радиусларнинг бирига ўрнатилиши керак (64-шакл, е).

$B-B$  текисликдаги посангининг  $m_n$  массаси ва  $r_n$  радиус-вектори топилгандан кейин ротор рамадан олиниб,  $180^\circ$  бурилади, рамага ўрнатилади ва юқоридагидек  $A-A$  текисликдаги керакли посанги тошлар аниқланади.

Керакли асбоб ва ускуналар. ТММ-1М станогини (бир неча тоши билан), чизмачилик асбоблари, логарифмик линейка, ҳисобот varaги.



## Ишни бажариш тартиби

1. Станокнинг схемаси чизилади.

2. Станок ишга тайёрланади:

а) винт ва сатҳ аниқлагич ёрдамида рама горизонтал ҳолатга ўрнатилади; б) диск бўлинимаси нолга қўйилади; в) индикатор штоги рамага тегизилиб, унинг стрелкаси нолга қўйилади.

3. Ротор айлантририлиб, унинг мувозанатда бўлмаган ҳолатдаги тебраниш  $A_1$  амплитудасининг қиймати ўлчанади.  $A_1$  амплитуда уч марта ўлчаниб, унинг ўртача сон қиймати аниқланади.

4. Қўшимча тошнинг  $m_k$  массаси танланиб,  $m_k r_k$  кўпайтмадан радиус ҳисобланади. Дискнинг тешигига ҳисобланган  $r_k$  радиус бўйлаб,  $m_k$  массали тош ўрнатилади. Ротор айлантририлиб, раманинг резонанс ҳолатидаги  $A_2$  амплитуда ўлчанади. Тажриба уч марта ўтказилиб, унинг ўртача сон қиймати ҳисобланади.

5. Дискни ротор валида  $180^\circ$  га буриб, ротор яна айлантририлади. Юқорида ўтказилган тажрибани такрорлаб,  $A_3$  амплитуда ўлчанади ва унинг ўртача сон қиймати ҳисобланади.

6. Сўнгра  $m_n$  массали посанги тош танланиб, посангининг радиус-вектори  $r_n$  ва унинг  $\alpha_n$  йўналиш бурчаги (183), (184) формулалар ёрдамида ҳисобланади.

7. Ҳисобланган тўрт хил ( $+\alpha; -\alpha; 180^\circ + \alpha; 180^\circ - \alpha$ ) бурчакларда  $m_n$  массали посанги тош  $r_n$  радиус бўйлаб дискка ўрнатилиб, мувозанатга келган роторнинг қолдиқ тебраниш  $A_0$  амплитудаси ўлчанади. Ҳар бир тажриба уч марта такрорланиб, ўртача сон қиймати аниқланади. Шулардан қиймати кам бўлган  $A_0$  олиниб, посанги тош шу амплитудага оид бурчак бўйича ўрнатилади.

8. Сўнгра қолдиқ мувозанатланмаганлик коэффиценти  $\delta_A = \frac{A_0}{A_1}$  формула ёрдамида ҳисобланади.

9. Тажриба натижалари ҳисобот варағига ёзилиб, иш топширилади.

Эслатма: амалда мувозанатловчи қўшимча массалар (диск ўрнатилмай) роторнинг ўзига жойлаштирилади ёки ротордан ортқча масса олиб ташланади. Ишни бажариш тартиби ўзгармайди.

## Контрол саволлар

1. Мувозанатланмаганлиكنинг зарари нимада ва у қачон хавфли бўлади?

2. Роторнинг динамикавий мувозанатланмаган ҳолатини қандай аниқлаш мумкин?

3. Мувозанатланмаган инерция кучлари таянч ва фундаментга (пойдеворга) қандай таъсир қилади?

4. Звеноларнинг инерция кучини қандай аниқлаш мумкин?

5. Мувозанатловчи қўшимча юкни ротор ўқи бўйлаб (силжитиб) ўрнатиш умумий мувозанатлашга таъсир қиладими ёки йўқми?

6. Б. В. Шитиков станогининг ишлаш принципини тушунтиринг ва унинг схемасини чизиб бериш.

## МАШИНА ВА МЕХАНИЗМЛАРНИНГ КИНЕМАТИК ПАРАМЕТРЛАРИНИ ТАЖРИБА УСУЛИ БИЛАН АНИҚЛАШ

Ишдан кўзланган мақсад. Кинематик параметрларни аниқлашнинг экспериментал усуллари билан танишиш ва бу усулларнинг бирортасини татбиқ этиб, айланувчи звенонинг айланиш частотасини аниқлаш.

### Ишнинг назарий асосланиши

Ҳаракатнинг кинематик параметрларини ўлчаш учун силжиш, тезлик ва тезланишларни ўлчаш датчикларидан фойдаланилади. Бу параметрлар ўзаро дифференциал боғланган бўлиб, уларнинг битта параметри ўлчанса қолганлари осон топилади. Ҳаракатнинг характериға қараб, кинематик параметрларни ўлчаш учун конкрет ўлчаш воситалари танланади.

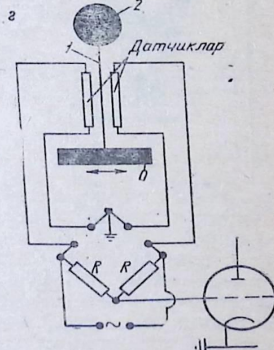
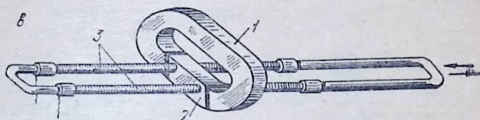
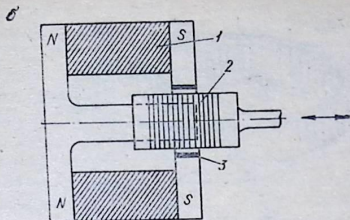
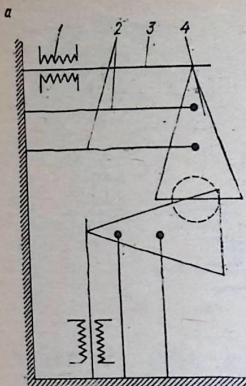
Янги машина лойиҳалашда ва унинг деталларини тайёрлашда, шунингдек, мавжуд машиналар тузилишини такомиллаштиришда назарий ҳисоблаш билан чегараланиб бўлмайди. Бу ҳисоблаш қанчалик аниқ бўлмасин, машинанинг ишига таъсир этувчи барча факторларни ҳисобга олиш қийин бўлади. Шунинг учун назарий ҳисоблашдан ташқари, машинанинг ишлашини лаборатория ва ишлаб чиқариш шароитларида тажриба усули билан текшириш керак. Тажриба ўтказишда махсус яратилган прибор ва аппаратлардан фойдаланилади.

Ҳаракат характеристикалари  $s = s(t)$ ,  $v = v(t)$ ,  $a = a(t)$  ва  $\varphi = \varphi(t)$ ,  $\omega = \omega(t)$ ,  $\varepsilon = \varepsilon(t)$  ларни ўлчаш учун турли механик ва электр усуллар кенг қўлланилади.

Механизм звенолари айланма ва илгариланма ҳаракат қилади. Бу ҳаракатнинг силжиши, тезлиги ва тезланишини экспериментал йўл билан аниқлаш усулларининг ҳар бири билан алоҳида-алоҳида танишиб чиқамиз.

1. Звено илгариланма ҳаракат қилади. Силжишларни ўлчаш. Чизиг'ий силжишларнинг қийматиға қараб, улар турли методлар билан ўлчанади. Кичик (1 мм дан кам) силжишларни ўлчаш учун сезгирлиги катта ва мураккаб усуллар қўлланилади. Бунда қаршиликли сим датчигининг деформацияланишидан фойдаланилади. Кичик силжишларни ўлчаш учун консол балканинг эгилиши ва унинг деформацияси орасидаги пропорционал боғланиш усули қўлланилади. Балканинг деформацияси қаршиликли сим датчикларини балкаға ёпиштириш йўли билан ўлчанади. Прибор (65-шакл, а) корпусиға пружина 2 маҳкамланади. Пружинанинг учига металлдан ясалган учбурчаклик шаклли деталь 4 ўрнатилади. Учбурчакликнинг асоси ўзига параллел силжийди. Бу силжиш учбурчаклик учи орқали ўлчаш балкаси 3 га ва ундан датчик 1 га таъсир этади.

Катта (бир неча мм гача) чизиг'ий силжишлар реохорд датчиклари билан ўлчанади.



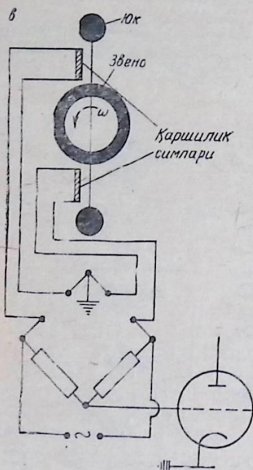
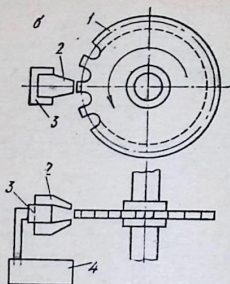
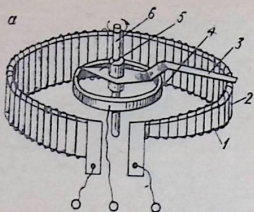
65-шакл.

Чизиғий тезликларни ўлчаш. Катта ва кичик силжишларни ўлчаш датчиклари, асосан, икки группага бўлинади: 1) кичик (10 мм гача) силжишларнинг чизиғий тезлигини ўлчашда магнит-электр индукция принциpidан фойдаланилади. Маълумки, ўтказгич доимий магнит майдоннинг магнит куч чизиқларига перпендикуляр йўналишда бирор тезлик билан ҳаракатлантирилса, унда тезликка пропорционал равишда электр юритувчи куч (ЭЮК) индукцияланади ва ток пайдо бўлади. Кичик силжишнинг чизиғий тезлигини ўлчаш датчиги 65-шакл, б да кўрсатилган.

Датчик доимий магнит 1, изоляцияланган мис сим ўралган ғалтак 2 ва текстолит йўналтиргич 3 дан иборат. Магнит ҳаракатланувчи звено билан бирга маҳкамланади. Ғалтакларнинг узунлиги тезлиги ўлчанадиган звенонинг силжиш қийматига қараб танланади. Текстолитдан ясалган номагнит йўналтиргич тешигига ғалтак қўйилади. Улар датчик корпусига қўзғалмас қилиб ўриатилади. Магнит силжиганда ғалтак симларида ток индукцияланади. У осциллографга узатилади;

2) катта силжишларнинг чизиғий тезликларини ўлчаш учун ғалтак узунлиги оширилади. Шундай датчиклардан бири 65-шакл, в да кўрсатилган. Бунда ғалтак текшириладиган звенога, магнит эса қўзғалмас станинага ўриатилган. Кўпинча, ғалтак силжиш қийматига нисбатан 20—30 мм узунроқ қилинади.





66-шакл.

Чизиғий тезланишларни ўлчаш. Тезланишларни ўлчаш учун жуда кўп турли типдаги механик акселерометрлар ишлатилади. Бу приборларда пластинкага маҳкамланган юкнинг инерция кучидан фойдаланилади. Юкнинг силжиши тезланишга пропорционал ўзгаради. У elektrik усул билан ёзиб олинади. 65-шакл, 2 да чизиғий тезланишни ўлчаш датчиги кўрсатилган. У балка 1 ёрдамида асос 0 га маҳкамланган юк 2 дан иборат. Асос тезланиши аниқланувчи звенога ўрнатилади. Балканинг икки томонига қаршилик симлари (датчиклар) ёпиштирилади. Тезланиш осциллографда ёзиб олинади.

II. Звено айланма ҳаракат қилади. Бурчак силжишни ўлчаш. Звенонинг бурчағий силжишини ўлчаш учун айланиш сўтчи

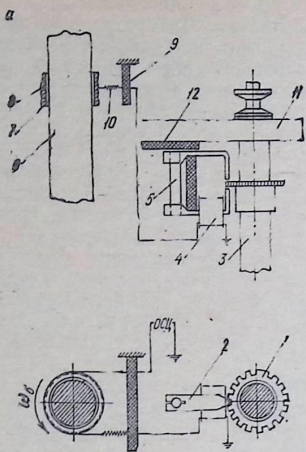
чиги (ҳисоблагичи), реостат ўзгартиргичлар ишлатилади. Текшириладиган звенонинг ҳар бир айланишида ҳисоблагичнинг импульс сонини белгилаб, унинг айланиши ҳисобланади. Реостат ўзгартиргичлар симли ва реохордли бўлади. Бурчак силжишни ўлчаш симли ўзгартиргич датчиги 66-шакл, а да кўрсатилган. Изоляцион материалдан ясалган каркас 1 га ўралган сим 2 бўйлаб ҳаракат берувчи валик 6 га маҳкамланган чўтка 3 сирпанади. Ток олиш ҳалқаси 4 да сирпанувчи асосий чўтка 3 га қўшимча чўтка 5 маҳкамланади. Иккала чўтка ҳаракат берувчи валик 6 дан изоляцияланган бўлиб, у ўлчаш объектга уланади.

Бурчак тезликларни ўлчаш. Айланиш частоталарини ўлчаш учун тахометрлар ишлатилади. Тахометрларнинг марказдан қочирма, соат типидagi, магнит индукцион, тахогенераторли, стробоскопик, электрон ва бошқа турлари бўлади. Марказдан қочирма тахометрнинг ишлаши айланувчи массанинг бурчак тезлигига пропорционал равишда марказдан қочирма кучнинг ўзгаришига асосланган. Тахометрнинг вали айланганда унинг ҳалқаси марказдан қочирма куч таъсирида бурилади. Ҳалқанинг бурилиши тортқи ва тишли узатмалар орқали прибор стрелкасини буради. Стрелка ўлчанадиган звонининг айланиш частотасини кўрсатади. Бурчак тезлик импульс типидagi магнит-электрик датчиклар ёрдамида ўлчанади. Бу датчиклар текшириладиган валининг ҳар  $1/n$  айланишини осциллограф плёнкасида қайд қилади. Агар плёнкада вақт масштаби белгиланса, шу вақт ичида валининг  $1/n$  айланишининг ўртача бурчак тезлигини аниқлаш мумкин. Датчик (66-шакл, б) сим ғалтак 3, доимий магнит 2 ва тишли пўлат диск 1 дан иборат. Магнит ғалтагининг сими осциллограф 4 га уланади. Тишли диск текшириладиган звено вали билан бирга айланганда тишлар бирин-кетин магнит қутблари орасидан ўтади. Тиш қисми икки қутб ораллигига тўғри келганда ғалтакда индукцион ток ҳосил бўлади. Икки тиш ораллигига тўғри келганда ток йўқолади. Бу токнинг пайдо бўлиши ва йўқолиши осциллографда аррасимон излар кўринишида ёзилади. Осциллограммада вақтнинг масштабини белгилаб, икки тиш ораллигидagi бурчак  $\Delta\varphi$  нинг бурилишига кетган вақт  $\Delta t$  аниқланиб, валининг бурчак тезлиги қуйидаги формула билан ҳисоблаб топилади:

$$\omega_1 = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad (185)$$

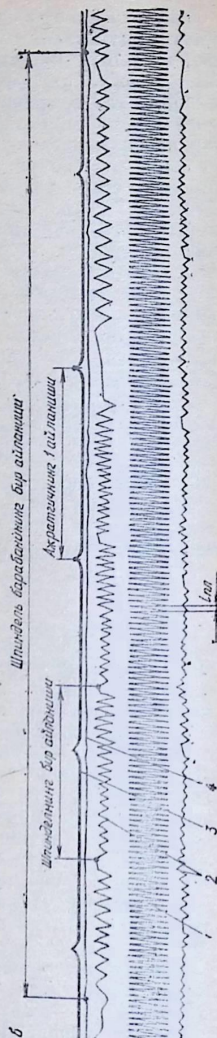
Бурчак тезланишни аниқлаш. Механизмнинг инерцион ва зарб кучларини аниқлашда тезланишни билиш керак бўлади. Ҳозирги машиналарда тезланиш (100...150)  $g$  ва ундан ортиқ қийматга тенг бўлади. Машинанинг ҳаракатини текширишда тезланишнинг максимал қийматини аниқлаш ва тезланишнинг ошиш (кўпайиш) вақтини билиш талаб қилинади. Шунга биноан, тезланишнинг максимал қийматини ҳамда вақт давомида процесснинг ўзгаришини ёзиш приборлари — акселерометрлар бўлади. Тезланишни ўлчаш методлари жуда кўп. Бурчак тезланишни дифференциаллайдиган электрик тузилма ва инерцион датчиклар ишлатилади. Биринчи датчик кичик тезланишларни ўлчашда ишлатилади. Унда трансформаторли генератор типидagi бурчак тезлик датчиги ўрнатилган. Бурчак тезланишни ўлчаш датчиги, худди қизигий тезланиш датчигига ўхшаш бўлиб, у айрим қисмларининг тузилиши билан ундан фарқ қилади. Бундай датчиклардан бирининг схемаси 66-шакл, в да кўрсатилган.

Лаборатория ишида магнит-электрик датчик ёрдамида пахта териш аппаратининг айланувчи звенолари (шпинделлар барабани, шпиндель, ажраткич) нинг айланиш частоталарини (бурчак тезлигини) ўлчаш методи билан танишамиз. Шпинделнинг айла-



68 шакл.

ниш частотасини аниқлаш датчиги шпиндель барабани цилиндрининг махсус туйнукчасига ўрнатилади (67-шакл, а). Датчикнинг лаблари магнит оқимини яхши ўтказувчи юмшоқ пўлатдан ясалган бўлиб, улар доимий магнит стержени 5 билан бирлаштирилади. Лабларнинг биттасига мис симнинг ўрамлари сони 1500...1600 бўлган, диаметри 0,25...0,3 мм ли ғалтак 4 қўйилади. Симнинг икки учи ташқарига чиқарилиб, бир учи массага ва иккинчи учи шпинделлар барабанининг вали 6, ҳалқаси 7 орқали осциллографга уланади. Датчикнинг иккинчи лаби текстолит кронштейн 10 ёрдамида барабанининг тепа диски 11 га маҳкамланади. Шпинделга 17 та тишли махсус диск 1 ўрнатилади. Дискнинг бир тишга бурилиши шпинделнинг 20° га бурилишига тўғри келади. Шпиндель 3 нинг бир марта тўла айланишини белгилаш учун диск 1 нинг икки тиши бирлаштирилган. Шпиндель айланганда диск 1 нинг тишлари ва икки тиш оралигидаги бўшлиқ





бирин-кетин икки лаб орасидан ўтади. Шунда тиш икки лаба тўғри келганда магнит оқими тиш орқали ўтиб, датчик лабидagi ғалтакнинг сим ўрамларини кесиб ўтади ва ғалтакда ток индукцияланади. Ҳосил бўлган ток сим 8 орқали осциллографга узатилади. Икки тиш оралиғи лабларнинг бўшлиғига тўғри келганда ток ҳосил бўлмайди. Токнинг бу ўзгаришини осциллограф экранда (ёки фотоплёнкада) тўлқинсимон (аррасимон) чизиқлар кўринишида белгиланади.  $N=102$ ,  $N=700$  осциллографлар ёрдамида шпинделнинг айланиш частотаси осциллограммада ёзиб олинади.

Осциллограммада (67-шакл, б) қуйидаги айланиш частоталарини белгилаш чизиқлари кўрсатилган: 1 — вақтни белгилаш чизиғи, 2 — шпинделнинг айланиш частотаси, 3 — ажраткичнинг айланиш частотаси, 4 — шпинделлар барабанининг айланиш частотаси.

**Шпинделлар барабани, шпиндель, ажраткичларнинг айланиш частоталарини тажриба усулида аниқлаш**

Айланувчи валнинг бурчак тезлиги вақт  $t$  бирлигида бурилган  $\alpha_6$  бурчағи билан аниқланади:

$$\omega_6 = \frac{d\alpha_6}{dt}, \quad (186)$$

бу ерда  $d\alpha_6$  — валнинг элементар бурилиш бурчағи;  $dt$  — валнинг элементар бурилишига кетган вақт.

Шпинделлар барабанининг бир марта тўла айланишини кўрсатувчи махсус стрелка барабан валига ўрнатилган. Бу белгилатич датчик лаблари орасидан ўтганда индукцион ток ҳосил қилади. Бу ток осциллограммада чўққи чизиқни ёзади (67-шакл, б, 4 га қараи). Икки чўққи орасидаги масофа барабанининг бир марта тўла айланишини белгилайди. Белгиларнинг бу оралиғи барабанининг  $\alpha_6 = 2\pi$  бурилиш бурчағига тенг бўлади. У ҳолда, барабанининг бурчак тезлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\omega_6 = \frac{2\pi}{T}, \quad (187)$$

бу ерда  $T$  — барабанининг бир марта тўла айланишига кетган вақт, сек.

Осциллограммада барабанининг бир марта айланиши учун кетган вақт қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$T = \frac{L_{пл}}{v_{пл}}, \quad (188)$$

бу ерда  $L_{пл}$  — барабанининг бир марта айланишида плёнканинг силжиш узунлиғи;  $v_{пл}$  — плёнканинг силжиш тезлиғи.

Плёнка  $L_{пл}$  узунликка силжиганда, вақт белгилатич ҳар бир оралиқ  $l_{пл}$  га тенг бўлган  $N$  та штрих чизади (67-шакл, б, 1):

$$L_{пл} = N \cdot l_{пл} \quad (189)$$

У ҳолда, вақт белгилагичнинг икки штрих чизиқлар оралиғи

$$l_{\text{пл}} = v_{\text{пл}} \cdot T \quad (190)$$

бўлади.

Сўнгра (188...190) формулаларни (187) формулага қўямиз-да, уни соддалаштириб, қуйидаги формулани оламиз:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_z}, \quad (191)$$

бу ерда  $T_z$  — вақт белгилагичнинг тебранишлар (штрихлар) сони, у 500 гц га тенг, яъни плёнканинг икки штрих орасидаги вақти 0,002 сек га тенг бўлади.

Агар плёнканинг силжиш тезлиги  $v_{\text{пл}} = 500$  мм/сек бўлса, барабанининг айланиш частотасини аниқлаш формуласи қуйидагича ёзилади:

$$n_0 = \frac{30000}{N} \text{ айл./мин.} \quad (192)$$

Шпиндель ва ажраткичнинг айланиш частоталари ҳам шу формула ёрдамида аниқланади.

Керакли асбоб ва ускуналар. Пахта териш аппарати ўрилатилган стенд, тахометр, осциллограф ( $H = 102$  ёки  $H = 700$ ), фотография жиҳозлари ва дорилари, плёнка, лупа, логарифмик линейка, чизмачилик асбоблари, ҳисобот varaғи.

### Ишни бажариш тартиби

Лаборатория ишини лаборант назорати остида 4—5 студент бажаради.

1. Стенд (ёки қурилма) ишга тайёрланади.

2. Датчик симлари текширилиб, осциллографга уланади.

3. Осциллографга вақт белгилагич қўйилади ва плёнканинг силжиш тезлиги  $v_{\text{пл}}$  танланиб ўриатилади, осциллограф электр тармоғига уланади.

4. Электр двигатель ёрдамида айланиш частотаси ўлчанадиган звено секин юргизилиб, керакли айланиш тезлигига ростланади.

5. Осциллограф экранда тезликининг ёйилмаси яққол кўринишга созиланади.

6. Осциллограмманинг кадр узунлиги  $L_{\text{пл}}$  аниқланади.

7. Осциллографнинг двигатели ишга туширилади ва унинг кнопкаси босилиб, осциллограмма ёзилади.

8. Осциллограмма плёнкасини осциллографдан олиб, фото дорилари (химикатлар) ёрдамида ишланади.

9. Осциллограммадаги штрих чизиқлар саналиб, звеноларнинг айланиш частоталари аниқланади.

10. Ҳисобот varaғи тўлдирилиб, иш топширилади.

## Контрол саволлар

1. Кинематик параметрлар тажриба усулида қандай ўлчаш воситалари ёрдамида аниқланади?
2. Ҳаракатнинг характеристикаларига қандай кинематик параметрлар киради?
3. Илгариланма ҳаракатланувчи звеноларнинг кинематик параметрларини тажриба ўтказиш йўли билан аниқлаш усуллари айтиб беринг.
4. Айланма ҳаракатланувчи звеноларнинг кинематик параметрларини тажриба ўтказиш йўли билан аниқлаш усуллари айтиб беринг.
5. Магнит-электрик датчикнинг тузилиши ва ишлашини тушунтиринг.
6. Кинематик параметрларни ўлчашда қандай асбоб ва ускуналар ишлатилади?
7. Звеноларнинг осциллограммада ёзилган айланиш частоталарини аниқлаш усулини айтиб беринг.

## 14-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### МАШИНА ВА МЕХАНИЗМЛАРНИНГ ДИНАМИК ПАРАМЕТРЛАРИНИ ТАЖРИБА УСУЛИДА АНИҚЛАШ

Ишдан кўзланган мақсад. Динамик параметрларни аниқлашнинг экспериментал усуллари билан танишиш ва бу усулларнинг бирортасини татбиқ этиб, звенога таъсир этувчи куч ёки буровчи моментни аниқлаш.

#### Ишнинг назарий асосланиши

Машина ва механизмларни экспериментал усулда текшириш масалаларига, асосан, қуйидагилар киради: 1) машина двигателларининг ҳаракатлантирувчи кучларини аниқлаш; 2) технологик процессни бажариш жараёнида механизмнинг иш органларига таъсир этувчи фойдали қаршилик кучларини аниқлаш; 3) механизмнинг зарарли қаршилик кучларини (ишқаланиш кучлари, муҳит қаршиликлари ва бошқаларни) аниқлаш; 4) механизмга таъсир этувчи ички кучларни (звеноларнинг зўриқиши, кинематик жуфтларда ҳосил бўладиган реакция кучлари ва бошқаларни) аниқлаш.

Механизм ва машиналар назариясида, асосан, юқорида келтирилган динамик параметрлардан механизм звеноларига таъсир этувчи зарарли қаршилик кучлари ва ички кучлар (ёки буровчи моментлар) экспериментал усулларда аниқланади.

Зарарли қаршилик кучлари машинанинг салт юришида ва технологик процессни бажариш вақтида ҳосил бўлган қўшимча қаршилик кучларига бўлинади. Машинанинг салт юриш вақтидаги қаршилик кучлари машина ишлаган вақтидаги қаршилик кучларига нисбаган кичик бўлгани учун у, кўпинча, ҳисобга олинмайди.

Механизм ёки машинанинг механик фойдали иш коэффициентини аниқлашда етакчи ва етакланувчи звеноларнинг буровчи моментларининг қийматларини билиш зарур бўлади.

Машина ва механизмларнинг конструкцияси тақомиллашти-



рилади, звеноларга таъсир этувчи ҳақиқий кучлар аниқланиб, аналитик ҳисоб натижаларининг қийматлари билан таққосланади. Сўнгра механизмларнинг динамикавий параметрларини аниқ ҳисоблаш учун механизмга таъсир этувчи барча ички кучлар экспериментал усулда аниқланади.

Экспериментал усулда механизм звеноларига таъсир этувчи ҳақиқий кучлар аниқлангандан сўнг конструктор звеноларнинг ўлчамлари, мустаҳкамлиги, материали ва айрим деталларнинг ва узелларнинг оптимал конструкцияларини танлайди.

Кўпинча, куч звенонинг силжиши ёки тезлиги параметрларига боғлиқ ҳолда ўзгаради:

$$P = P(s); P = P(v),$$

куч моменти бурчак бурилиши ва тезлигига боғлиқ бўлади:

$$M = M(\varphi); M = M(\omega).$$

Буровчи момент тормоз тузилмаси, двигатель статорига реактив момент узатиш, звеноларнинг деформацияланиши ва бошқа экспериментал усулларда ўлчанади. Булардан механизмнинг механик параметрларини звеноларнинг деформацияланиши таъсирида куч ёки буровчи моментнинг узатилишини электрик методда ўлчаш билан танишиб чиқамиз.

Механизм звеноларининг деформацияси орқали куч моменти-нинг узатилиш принципи ёрдамида буровчи моментни ўлчаш усули кенг тарқалган бўлиб, универсал усулдир.

Бу принцип асосида турли-туман механик ва электр датчиклар тайёрланади. Агар валга (68-шакл, а) бирор буровчи момент  $M_0$  таъсир қилса, валнинг  $l$  оралиқдаги кесими II шу валнинг I кесимига нисбатан  $\varphi$  бурчакка бурилади. Шунда валнинг  $abcd$  қисми деформацияланиб,  $abd'c'$  га айланади. Валнинг  $l$  узунликдаги участкасининг (кесимининг) деформацияланишидаги бурилиш бурчаги  $\varphi$  қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\varphi = \frac{M_0 l}{I_p G_9}, \quad (194)$$

бу ерда  $I_p$  — вал кесимининг қутбий инерция моменти, доира учун  $I_p = 0,1 d^4$ ,  $M^4$ ;  $G_9$  — вал материалнинг II тур эластиклик модули,  $\text{н/м}^2$ .

Тажриба ўтказишда  $l$ ,  $G_9$  ва  $I_p$  параметрларнинг қийматлари ўзгармас бўлгани учун бурилиш бурчаги  $\varphi$  буровчи момент  $M_0$  га пропорционал бўлади:

$$\varphi = K \cdot M_0 \quad (195)$$

ёки

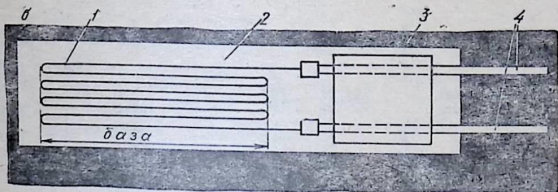
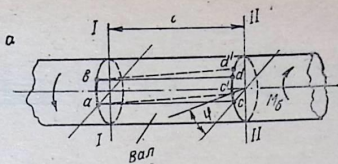
$$M_0 = C \cdot \varphi. \quad (196)$$

Бу механик параметрларнинг пропорционал боғланишини электрик усулларда аниқлаймиз.

Куч ва буровчи моментларни ўлчашда омик (сим қаршилиги), индуктив сиғим ва бошқа датчиклар ишлатилади.

Сим қаршилиги усули симнинг чўзилиши ва сиқилиши натижасида омик қаршиликнинг ўзгариш хусусиятига асосланади.

Физика курсидан маълумки, симнинг омик қаршилиги  $R$  қуйидаги форму-



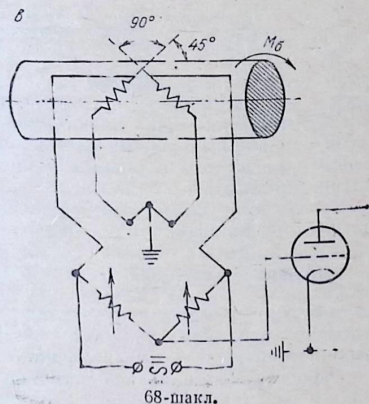
ла ёрдамида аниқланади:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (197)$$

бу ерда  $\rho$  — симнинг солиш-тирма қаршилиги, Ом. м;  $l$  — симнинг узунлиги, м;  $S$  — симнинг кўндаланг кесим юзи, м<sup>2</sup>.

Сим чўзилганда унинг кўндаланг кесим юзи кичра-яди ва симнинг электрик қаршилиги ортади.

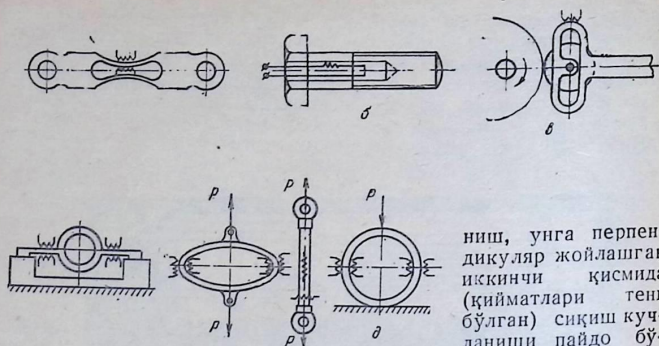
Сим датчик (68- шаклда, б) ингичка (диаметри 25... 30 микрон), солиштирма қар-шилиги катта материалдан (константан, манганин ва бошқалардан) иборат. У қо-ғоз 2 қаватига сиртмоқ шак-лида махсус елим 3 билан ёпиштирилади. Датчиклар бир-биридан базасининг узунлиги жиҳатидан фарқ қилади. Симнинг учларига йўғонроқ сим 4 ёпиштирилади. Бу симлар датчикнинг ўлчаш схемасига уланади.



68-шакл.

Текишириладиган деталга датчик Бф — 2 елими ёрдамида бутун юзаси бўйича ёпиштирилади. Деталь деформацияланганда у билан бирга датчик ҳам деформацияланади.

Буровчи моментни аниқлашда датчиклар валнинг ўқиға нисба-тан 45° бурчак остида ёпиштирилади (68- шакл, в). Валнинг бурали-ши натижасида унинг юзасининг бир қисмида чўзилувчи кучла-



69-шакл:

*а*—датчик ёпиштирилган шатуи, *б*—датчик ёпиштирилган болт, *в*—кулачоқли механизмнинг штангаси, *г*—подшипникларидаги датчиклар, *д*—динамометрлардаги датчиклар.

учун улар текшириладиган валнинг ўқиға нисбатан  $45^\circ$  бурчак остида ёпиштирилади. Вал буралганда битта датчикнинг қаршилиги ортиб, иккинчи датчикнинг қаршилиги камаяди. Натижада қўлланилган қўприк схемасининг сезгирлиги 2 марта ошади. Ёпиштирилган датчикларнинг қаршилиқ баланси қўшимча иккита датчик ёрдамида тўғриланади.

Кучлар  $p$  ни ўлчаш учун турли звеноларға иккита қаршилиқ сим датчиклари ёпиштирилади. Звеноға куч  $p$  таъсир қилганда датчик симининг биттаси чўзилади, иккинчиси эса сиқилади. Шунда датчик симларнинг кўндаланг кесимлари ўзгариб, уларнинг қаршилиги ўзгаради. Бунинг натижасида датчикларнинг уланш қўприк схемасининг мувозанати ўзгаради. Бу процесс магнит-электрик осциллографға ёзиб олинади. 69-шаклда кучни ўлчаш датчикларининг айримлари кўрсатилган.

Лаборатория ишида пахта териш аппаратининг иш барабанлари ўрнатилган (автор яратган) стенда ажратиш барабани чўтқали планкаларининг шпинделға бўлган таъсир кучи ва бу куч таъсирида ажраткич валнинг подшипникларда ҳосил бўлган реакция кучларини экспериментал аниқлаш усуллари билан танишиб чиқамиз.

### Стенднинг тузилиши

Стенд(70-шакл, *а*) рама, электрик двигатель, шпиндель ва ажраткичларнинг ўрнатиш мосламалари ва подшипникларнинг махсус гузилмаларидан иборат.

Стенднинг электр двигателяли 1 махсус кронштейн ёрдамида рама 2 нинг ўртасига ўрнатилади. Электр двигатель вали билан

ниш, унга перпендикуляр жойлашган иккинчи қисмида (қийматлари тенг бўлган) сиқиш кучланиши пайдо бўлади.

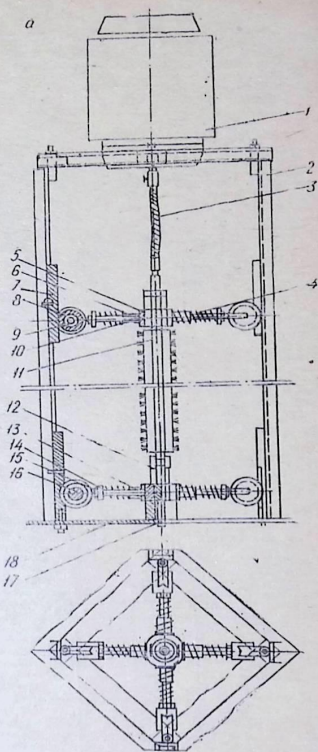
Тензодатчиклар фақат чўзилиш ва сиқилиш деформацияларини сезгани



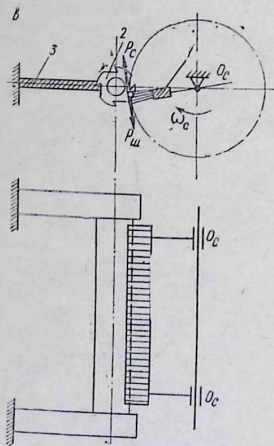
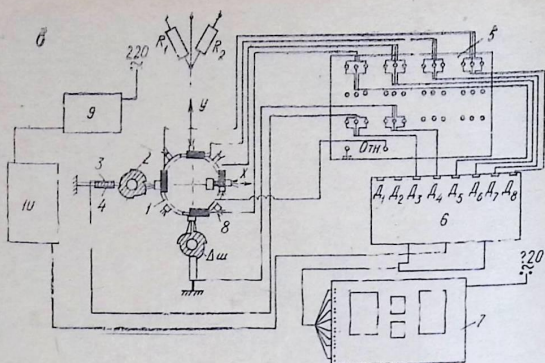
ажраткич вали 11 нинг ўқ чизиқлари бир-бирига мос бўлиши керак. Ажраткич вали эгилувчан трос 3 ёки иккиланма карданли вал ёрдамида электр двигатель валидан ҳаракатланади. Раманинг пастки плитаси 18 га ажраткичнинг пастки подшипник корпуси болт 17 ёрдамида маҳкамланади. Тепа ва пастки подшипниклар махсус стакан 5 ва 12 ларга ўрнатилади. Стаканлар эса кронштейнлар 10 ва 13 га бириктирилади. Барабан валининг горизонтал текислиги бўйлаб силжиши учун махсус втулкалар 6 ва 14 га пружиналар 4 кийгизилган. Пружиналарнинг тараңлиги гайкалар 9 ва 15 ёрдамида ўзгартрилади. Ажраткич вертикал бўйлаб, роликлар 8 ва 16 нинг йўналтиргичи 7 да исталган баландликка ўрнатиш мумкин. Ажраткич барабани ўзгармас токли электрик двигатель ёрдамида погонасиз, бир текис айланиш частотаси билан айланттирилади.

Ажраткич ва шпинделларнинг ўзаро таъсир кучларини ва подшипниклардаги реакция кучларини тажриба усули билан ўлчаш учун таянчларнинг махсус балкаларига тензодатчиклар ёпиштирилган. Датчикларнинг ўлчаш приборларига уланиш схемаси 70-шакл, б да кўрсатилган. Шпинделнинг подшипник корпусига махсус пўлат пластинка 3 пайвандланган. Пластинканинг икки ён томонига сим датчиклар 4 ёпиштирилади. Датчикларнинг учлари органик шишадан ясалган тахта 5 га ва ундан ўлчаш приборларига уланади. Шиша тахта стенд рамасига ўрнатилади. Датчиклар стенда кўрсатилган ярим кўприк схемаси бўйича уланади.

Ажраткич барабанининг чўткали плайкалари шпиндельга таъсир қилганда (70-шакл, в) пайдо бўлган реакция кучи шпиндель подшипникларининг балкаларига ёпиштирилган датчикларга узатилади. Датчикларнинг кўрсатишлари кучайтиргич 6 орқали осциллограф 7 га узатилади. Кучайтиргич 6 стабилизатор 10 ва трансформатор 9 орқали электр тармоғига уланади.



70-шакл: а—шпинделнинг юқориги подшипнигидаги реакция кучи.

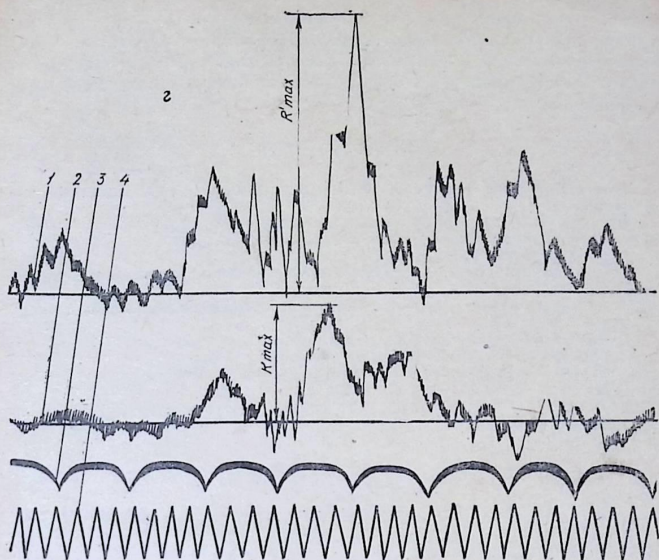


76-шакл: б — шинделнинг пастки подшавинидаги реакция кучи; в — ажраткич барабанининг айланиш частотаси.

**Керакли асбоб ва ускуналар.**  
Стенд, кучайтиргич (8АНЧ-7М, ТА-5 ва бошқалар), осциллограф (Н-102, Н-700 ва бошқалар), аккумулятор, таъминлаш блоки, фотоплёнка ёки рулонли фотоқоғоз, логарифмик линейка, чизмачилик асбоблари, миллиметровка, ҳисобот varaғи.

### Ишни бажариш тартиби

1. Стенд кучларни ўлчашга тайёрланади.
2. Текшириладиган звено датчикларининг уланиш схемаси текширилади ва мувозанатланади.
3. Кучайтиргич ва осциллограф ишга тайёрланади.
4. Куч датчикларининг симлари кучайтиргичга ва ундан осциллографга уланади.
5. Осциллографнинг вақт белгилагичи ва шлейфларнинг нур нуқталари осциллограф экранда аниқ (равшан) кўринишга соzланади. Осциллограф экранда ўлчанадиган параметрларнинг чизиқлари осциллографнинг ноль чизигига нисбатан тартиб билан жойлаштирилади.
6. Осциллограф лентасининг силжиш тезлиги танланади.
7. Стенд ва осциллограф двигателлари юргизилиб, датчиклар-



70-шакл:  $\varepsilon$ —вақт белгилагичининг кўрсатишлари,  $T_z=500$  гц.

нинг осциллограф экранда силжишлари текширилади. Шунда ўлчанадиган параметрларнинг нур нуқталари чизиқларининг тебраниш амплитудалари осциллограф экранидан чиқиб кетмаслиги керак. Экранда фотоплёнка тезлигининг ёйилмаси соланади.

8. Осциллограф ва стенд двигателлари тўхтатилиб, осциллографга фотоплёнка қўйилади. Стенд ва осциллограф двигателлари юргизилиб, тажрибани текшириш учун намуна осциллограмма олинади. Осциллограмма фото дорилари билан ишланиб, тажрибанинг ёзилиши текширилади.

9. Стенд ва осциллограф двигатели тўхтаган пайтда, осциллографга янги плёнка қўйилиб, датчиклар тўрировка қилинади.

10. Гарировка графиги чизилиб, кучларнинг масштаб коэффициентлари аниқланади.

11. Стенд ва осциллографларнинг двигателлари юргизилиб, тажриба ўтказилади.

12. Осциллограмма ёзиб олингандан сўнг, унда ёзилган параметрларнинг ўлчамлари аниқланади ва ҳисобот варағида кучларнинг максимал қийматлари ёзилиб, иш топширилади.



Осциллограмманинг намунаси 70-шакл, 2 да кўрсатилган. Унда шпинделнинг тепа ва пастки подшипникларидаги реакция кучлари ва ажраткич барабанининг айланиш частотаси, вақт белгилагичнинг  $N$  тебранишлар сони ёзилган. Вақт белгилагичнинг икки чўққи орасидаги масофа 0,002 сек га тенг. Плёнканинг силжиш тезлиги  $v_{пл} = 500$  мм/сек.

### Контрол саволлар

1. Экспериментал текшириш методлари ёрдамида қандай масалалар ҳал қилинади?
2. Нима учун куч ва буровчи момент экспериментал равишда аниқланади?
3. Валнинг бурилиш деформацияси сим датчикларига қандай узатилади?
4. Кучлар қандай ўлчанади?
5. Сим датчикларнинг материали, ишлаш принципи, тузилишини айтиб беринг.
6. Датчиклар куч ёки буровчи моменти ўлчанадиган деталга қандай ёпиштирилади?
7. Датчикларни улаш схемасини айтиб беринг.
8. Буровчи моментларни ўлчаш тартибини айтиб беринг.
9. Куч ва буровчи моментларни ўлчашда қандай асбоб ва приборлар ишлатилади?
10. Датчикларни тарировкалаш тартибини тушунтиринг. Тарировканинг турларини айтиб беринг.

Асосий параметрларнинг Халқаро система (СИ) ва Техникавий система (МКГСС) даги  
ўлчов бирликларини бир-бирига айлантириш жадвали

| Параметрлар<br>Таблицы<br>Номера                                 | Белгиланиши         | Халқаро система (СИ)                           |                                | СИ нинг МКГСС га<br>айлантирилиши                                                | Техникавий система (МКГСС)                     |                                        | МКГСС нинг СИ га<br>айлантирилиши                                          |
|------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|                                                                  |                     | ўлчов бирлиги                                  | кискача<br>бегилиши            |                                                                                  | ўлчов бирлиги                                  | кискача<br>бегилиши                    |                                                                            |
| 1 Ҳўзлик                                                         | $l$                 | метр                                           | м                              | $1 \text{ м} = 1 \text{ м}$                                                      | метр                                           | м                                      | $1 \text{ м} = 1 \text{ м}$                                                |
| 2 Масса                                                          | $m$                 | килограмм                                      | кг                             | $1 \text{ кг} = 1 \text{ кг}$<br>$= 0,102 \text{ кгк} \cdot \text{с}^2/\text{м}$ | килограмм куч<br>секунд квадрат                | $\text{кгк} \cdot \text{с}^2/\text{м}$ | $1 \frac{\text{кгк} \cdot \text{с}^2}{\text{м}} = 9,81 \text{ кг}$         |
| 3 Вақт                                                           | $t$                 | секунд                                         | с                              | $1 \text{ с} = 1 \text{ с}$                                                      | секунд                                         | с                                      | $1 \text{ с} = 1 \text{ с}$                                                |
| 4 Текис бурчак                                                   | $\varphi$           | радиан                                         | рад                            | $1 \text{ рад} = 57,30^\circ$                                                    | градус                                         | о                                      | $1^\circ = 0,0175 \text{ рад}$                                             |
| 5 Үз                                                             | $s$                 | метр квадрат                                   | м <sup>2</sup>                 | $1 \text{ м}^2 = 10^4 \text{ см}^2$                                              | сантиметр квадрат                              | см <sup>2</sup>                        | $1 \text{ см}^2 = 10^{-4} \text{ м}^2$                                     |
| 6 Ҳажм                                                           | $V$                 | метр куб                                       | м <sup>3</sup>                 | $1 \text{ м}^3 = 10^6 \text{ см}^3$                                              | сантиметр куб                                  | см <sup>3</sup>                        | $1 \text{ см}^3 = 10^{-6} \text{ м}^3$                                     |
| 7 Текис шакл кесим юзасининг қўтбий инерция моменти (статикавий) | $J_p$               | метр тўртинчи даражали                         | м <sup>4</sup>                 | $1 \text{ м}^4 = 10^8 \text{ см}^4$                                              | сантиметр тўртинчи даражали                    | см <sup>4</sup>                        | $1 \text{ см}^4 = 10^{-8} \text{ м}^4$                                     |
| 8 Зичлик                                                         | $\rho$              | килограмм тақсим метр куб                      | $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ | $1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$                | килограмм тақсим метр куб                      | $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$         | $1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$          |
| 9 Тезлик:<br>а) чизикий<br>б) бурчак                             | $v$<br><br>$\omega$ | метр тақсим секунд<br><br>радиан тақсим секунд | м/с<br><br>рад/с               | $1 \text{ м/с} = 1 \text{ м/с}$<br><br>$1 \text{ рад/с} = 1 \text{ рад/с}$       | метр тақсим секунд<br><br>радиан тақсим секунд | м/с<br><br>рад/с                       | $1 \text{ м/с} = 1 \text{ м/с}$<br><br>$1 \text{ рад/с} = 1 \text{ рад/с}$ |

| Таблица | Параметрлар                             | Белгиланиши          | Халқаро система (СИ)                                               |                 | СИ нинг МКГСС га айлантирилиши            | Техникавий система (МКГСС)                                         |                              | МКГСС нинг СИ га айлантирилиши           |
|---------|-----------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|
|         |                                         |                      | ўлчов бирлиги                                                      | кискача белгиси |                                           | ўлчов бирлиги                                                      | кискача белгиси              |                                          |
| 10      | Тезлаиши:<br>а) чизилгй<br>б) бурчак    | <i>a</i><br><i>c</i> | метр тақсим се-<br>кунд квадрат<br>радиан тақсим<br>секунд квадрат | м/с²<br>рад/с²  | 1 м/с² = 1 м/с²<br>1 рад/с² = 1 рад/с²    | метр тақсим се-<br>кунд квадрат<br>радиан тақсим<br>секунд квадрат | м/с²<br>рад/с²               | 1 м/с² = 1 м/с²<br>1 рад/с² = 1 рад/с²   |
| 11      | Айланиш частотаси                       | <i>n</i>             | айланиш тақсим<br>минут                                            | айл/мин         | 1 айл/мин =<br>= π/30 рад/с               | айланиш тақсим<br>минут                                            | айл/мин                      | 1 айл/мин =<br>= π/30 рад/с              |
| 12      | Куч                                     | <i>P</i>             | Ньютон                                                             | Н               | 1 Н = 0,102 кгк                           | килограмм куч                                                      | кгк                          | 1 кгк = 9,81 Н                           |
| 13      | Куч моменти                             | <i>M</i>             | Ньютон метр                                                        | Н · м           | 1 Нм = 0,102 кгк · м                      | килограмм куч<br>метр                                              | кгк · м                      | 1 кгк · м = 9,81 Н · м                   |
| 14      | Жисмининг инерция моменти (динамикавий) | <i>J</i>             | килограмм метр квадрат                                             | кг · м²         | 1 кг · м² =<br>= 0,102 кгк · м · с²       | килограмм куч<br>метр<br>секунд квадрат                            | кгк · м · с²<br>кгк · м · с² | 1 кгк · м · с² =<br>= 9,81 кг · м²       |
| 15      | Босим (механикавий кучданиши)           | <i>P</i>             | Паскаль                                                            | Па              | 1 Па = 1 Н/м² =<br>10⁻⁴ кг/см²            | килограмм куч<br>тақсим сантиметр<br>квадрат                       | кгк/см²                      | 1 атм = 1 кгк/см²<br>= 10 Н/м² = 0,1 мПа |
| 16      | Иш, энергия                             | <i>A, E</i>          | Жоуль                                                              | Ж               | 1 Ж = 0,102 кгк · м                       | килограмм куч<br>метр                                              | кгк · м                      | 1 кгк · м = 9,81 Ж                       |
| 17      | Қувват                                  | <i>N</i>             | Ватт                                                               | Вт              | 1 Вт = 0,102 кгк · м<br>= 0,102 кгк · м/с | килограмм куч<br>метр тақсим<br>секунд                             | кгк · м/с                    | 1 кгк · м/с =<br>= 9,81 Вт               |



# ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМЛИ ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Механизмнинг кинематик схемасини чизиш ва унинг структурасини текширишга оид 1-лаборатория иши бўйича ҳисобот

Текширилаётган механизмнинг номи ва қаерда ишлатилиши

Механизм моделининг  
кинематик схемаси

Механизмни Ассур группаларига ажратиб, унинг класси ва тартибини аниқлаш

Кинематик  
жуфтнинг

Звенонинг

звено-  
лари

номи

класси

бел-  
гиси

узун-  
лиги

номи

Қўзғалувчи звенолар сони  $n =$   
5 класс кинематик жуфтлар сони  
 $P_5 =$

4 класс кинематик жуфтлар сони  
 $P_4 =$

Механизмнинг қўзғалувчанлик дара-  
жаси  $W = 3n - 2P_5 - P_4 =$

Пассив звено—  
Ортиқча звено—

Механизмнинг тузилиш формуласи

Ишни бажарди: факультети  
группа студенти

Ишни қабул қилди:  
Ўқитувчи

УЎЛАТЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМЛИ  
ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Манипуляторнинг тузилишини (структурасини) текширишга оид  
2-лаборатория иши бўйича ҳисобот

Манипуляторнинг кинематик  
схемаси

Манипуляторнинг алмаштирилган  
эквивалент схемаси

| Кинематик<br>жуфтнинг |       |        | Звенонинг |      |
|-----------------------|-------|--------|-----------|------|
| звено-<br>лари        | ном и | класси | белгиси   | номи |
|                       |       |        |           |      |
|                       |       |        |           |      |
|                       |       |        |           |      |
|                       |       |        |           |      |
|                       |       |        |           |      |
|                       |       |        |           |      |
|                       |       |        |           |      |

Манипуляторнинг қўзғалувчанлик  
.. даражаси

$$1. W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 =$$

$$2. W = P_5 + 2P_4 + 3P_3 =$$

Манипуляторнинг эквивалент  
схемасининг қўзғалувчанлик  
даражаси

$$3. W =$$

Қўзғалувчи звенолар сони  $n =$

5 класс кинематик жуфтлар  
сони  $P_5 =$

4 класс кинематик жуфтлар  
сони  $P_4 =$

$P_3 =$

$P_2 =$

Ишни бажарди: факультети  
группа студенти

Ишни қабул қилди:  
Ўқитувчи

**ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ НОМЛИ  
ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ**

„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Тишли узатмаларининг асосий геометрик параметрларини аниқлашга оид  
3- лаборатория иши бўйича ҳисобот

Ўлчаш параметрлари кўрсатилган тишли ғилдиракларининг чизмаси

| Тартиб<br>номери | Аниқланувчи параметр                          | Белгиси      | Ҳисоблаш формулалари      | Натижаси      |               |
|------------------|-----------------------------------------------|--------------|---------------------------|---------------|---------------|
|                  |                                               |              |                           | шес-<br>терия | ғилди-<br>рак |
| 1                | Ғилдирак тешигининг диаметри                  | $d_1$ мм     | ў л ч а н а д и           |               |               |
| 2                | Тиш оёғидан тешик қирғоғигача бўлган масофа   | $H_f$ мм     | ў л ч а н а д и           |               |               |
| 3                | Тиш каллагидан тешик-кача бўлган масофа       | $H_a$ мм     | ў л ч а н а д и           |               |               |
| 4                | Тиш каллагининг диаметри                      | $d_a$ мм     | $d_a = d_1 + 2 \cdot H_a$ |               |               |
| 5                | Тиш оёғининг диаметри                         | $d_f$ мм     | $d_f = d_1 + 2 \cdot H_f$ |               |               |
| 6                | Ғилдирак тишлари сони                         | $Z$          | с а н а л а д и           |               |               |
| 7                | Ўлчанадиган тишлар сони                       | $Z_n$        | $Z_n = \frac{Z}{9} + 1$   |               |               |
| 8                | Умумий нормал узунлиги                        | $W_n$ мм     | ў л ч а н а д и           |               |               |
| 9                | Битта тиш қўшилгандаги умумий нормал узунлиги | $W_{n+1}$ мм | ў л ч а н а д и           |               |               |
| 10               | Тишнинг асосий айлана бўйича қадами           | $P_n$ мм     | $P_n = W_{n+1} - W_n$     |               |               |



| Тартиб<br>номери | Аниқланувчи параметр                                                                  | Белгиси           | Ҳисоблаш формулалари                                                                         | Натижа        |               |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|                  |                                                                                       |                   |                                                                                              | шес-<br>терия | филди-<br>рак |
| 11               | Филдирак тишининг мо-<br>дули                                                         | $m$ , мм          | $m = 0,34 \cdot P_b$                                                                         |               |               |
| 12               | Модулниң ГОСТ 9563 —<br>60 бўйича қиймати                                             | $m$ , мм          | жадвалдан олинати                                                                            |               |               |
| 13               | Рейканиң профил<br>бурчағи                                                            | $\alpha^\circ$    | берилди                                                                                      |               |               |
| 14               | Бўлиш айланаси диа-<br>метри                                                          | $d$ , мм          | $d = mZ$                                                                                     |               |               |
| 15               | Тиш қаллағи баландли-<br>гининг коэффициенти                                          | $h_a^+$           | $h_a^* = \frac{d_a - d}{2m}$                                                                 |               |               |
| 16               | Тиш қаллағининг ба-<br>ландлиғи                                                       | $h_a$ , мм        | $h_a = h_a^* \cdot m$                                                                        |               |               |
| 17               | Тиш оёғининг баланд-<br>лиғи                                                          | $h_f$ , мм        | $h_f = \frac{d - d_f}{2}$                                                                    |               |               |
| 18               | Тишининг ГОСТ бўйича<br>асосий айланадағи қа-<br>дами                                 | $P_b$ , мм        | $P_b = \pi m \cos \alpha$                                                                    |               |               |
| 19               | Тишининг асосий айла-<br>на бўйича қалинлиғи                                          | $S_b$ , мм        | $S_b = W_{n+1} - Z_n \cdot P_b$                                                              |               |               |
| 20               | Рейканиң силжиш<br>(коррекция) коэффи-<br>циенти                                      | $x$               | $x = \frac{\frac{S_b}{P_b} \pi - \frac{\pi}{2} - Z \sin \alpha}{2 \operatorname{tg} \alpha}$ |               |               |
| 21               | Тишининг бўлиш айла-<br>наси бўйича қалинлиғи                                         | $S$ , мм          | $S = m(0,5\pi + 2x \operatorname{tg} \alpha)$                                                |               |               |
| 22               | Тишининг бўлиш ватари<br>бўйича қалинлиғи                                             | $S_x$ , мм        | $S_x = \pi m \sin \frac{90^\circ}{Z}$                                                        |               |               |
| 23               | Тишининг ватарини ўл-<br>чаш учун тангенттиш-<br>ўлчағичининг ўрнатилиш<br>баландлиғи | $h$ , мм          | $h = r_a - r \cdot \cos \frac{90^\circ}{Z}$                                                  |               |               |
| 24               | Тишининг бўлиш ватари<br>бўйича ўлчанган қалин-<br>лиғи                               | $S'_x$ , мм       | ўлчанади                                                                                     |               |               |
| 25               | Тиш қалинлиғининг<br>айирмаси                                                         | $\Delta S_x$ , мм | $\Delta S_x = S_x - S'_x$                                                                    |               |               |

| Тартиб номери                                           | Аниқланувчи параметр                                  | Белгиси            | Ҳисоблаш формуллари                                                                        | Натижа    |           |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
|                                                         |                                                       |                    |                                                                                            | шес-терия | гилди-рак |
| 26                                                      | Силжиш коэффициентлари йиғиндиси                      | $\sum x$           | $x_{\Sigma} = x_1 + x_2$                                                                   |           |           |
| 27                                                      | Икки гилдирак валларининг ички қирғоғи бўйича оралиғи | $l$ , мм           | ўлчанади                                                                                   |           |           |
| 28                                                      | Узатманинг икки ўқи оралиғи                           | $a$ , мм           | $a = l + 0,5(d_{T1} + d_{T2})$                                                             |           |           |
| 29                                                      | Илашиш бурчаги                                        | $\alpha_w^{\circ}$ | $\text{inv} \alpha_w = \frac{2x_{\Sigma} \text{tg} \alpha}{Z_1 + Z_2} + \text{inv} \alpha$ |           |           |
| 30                                                      | Марказлар оралиғи                                     | $a_w$ , мм         | $a_w = \frac{(Z_1 + Z_2)m}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w}$                     |           |           |
| Хулоса: текширилган тишли узатма . . . . .              |                                                       |                    |                                                                                            |           |           |
| Ишни бажарди: _____ факультети<br>_____ группа студенти |                                                       |                    | Ишни қабул қилди:<br>Ўқитувчи _____                                                        |           |           |

**ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМЛИ  
ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ**

„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Обкаткаlash усули билан эволюента профилли тишлар қирқишга онд  
4- лаборатория иши бўйича ҳисобот

Моделнинг асосий параметрлари

1. Кесиш асбоби — рейканинг модули —  $m =$
2. Рейканинг профил бурчаги —  $\alpha =$
3. Бўлиш айланаси диаметри —  $d =$
4. Тиш каллагининг баландлик коэффиценти —  $h_a^* =$
5. Заготовка диаметри —  $D =$

Тишли фидиракларнинг асосий параметрларини аниқлаш

|    | Аниқланувчи параметрлар                      | Ҳисоблаш формулалари                                                                             | Ноль | Коррекция-ланган |
|----|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------|
| 1  | Фидирак тишлари сони                         | $Z = \frac{d}{m}$                                                                                |      |                  |
| 2  | Иламиниш қалами, мм                          | $P = \pi \cdot m$                                                                                |      |                  |
| 3  | Асосий айлана диаметри, мм                   | $d_b = d \cdot \cos \alpha$                                                                      |      |                  |
| 4  | Рейканинг силжиш (коррекция) коэффиценти, мм | $x = \frac{17 - Z}{17}$                                                                          |      |                  |
| 5  | Рейканинг абсолют силжиши, мм                | $\Delta = x \cdot m$                                                                             |      |                  |
| 6  | Фидиракнинг тиш каллаги бўйича диаметри, мм  | $d_a = m(Z + 2) \pm 2\Delta$                                                                     |      |                  |
| 7  | Фидиракнинг тиш оёғи бўйича диаметри, мм     | $d_f = m(Z - 2,5) \pm 2 \cdot \Delta$                                                            |      |                  |
| 8  | Тишнинг бўлиш айланаси бўйича қалинлиги, мм  | $S = \frac{\pi m}{2} \pm 2 \cdot \Delta \cdot \operatorname{tg} \alpha$                          |      |                  |
|    |                                              | $S' = (\text{ўлчангани})$                                                                        |      |                  |
| 9  | Тишнинг асосий айлана бўйича қалинлиги, мм   | $S_b = d_b \left( \frac{s}{d} + \operatorname{inv} \alpha \right)$                               |      |                  |
|    |                                              | $S'_b = (\text{ўлчангани})$                                                                      |      |                  |
| 10 | Тишнинг каллаги бўйича қалинлиги, мм         | $S_a = d_a \left( \frac{s}{d} + \operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha_a \right)$ |      |                  |
|    |                                              | $S'_a = (\text{ўлчангани})$                                                                      |      |                  |

Ишни бажарди:  
\_\_\_\_\_ группа студенти

факультети

Ишни қабул қилди:  
\_\_\_\_\_ Ўқитувчи



ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМЛИ  
ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ  
„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси.

Тишли механизмларнинг (ўқлари қўзғалмас тишли механизмларнинг)  
кинематик анализига оид

5.1- лаборатория иши бўйича ҳисобот

Моделнинг кинематик схемаси

Тишлар сони

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| Z |  | Z |  |
| Z |  | Z |  |
| Z |  | Z |  |
| Z |  | Z |  |

Узатиш сонини ҳисоблаш ва уни тажрибада текшириш

Узатиш сони

Айланиш сони

$n_1$

$n$

$U =$

$U =$

Узатманинг кинематик схемаси

Берилган

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Узатиш сонини ва етакланувчи валнинг айланиш сонини ҳисоблаш

$U =$

$n =$

Ишни бажарди: факультети  
группа студенти

Ишни қабул қилди:  
Ўқитувчи

ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ НОМЛИ  
ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИНИНГ  
„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Планетар механизмнинг кинематик анализига оид  
5, II, 1- лаборатория иши бўйича ҳисобот

|                             |                         |         |         |       |
|-----------------------------|-------------------------|---------|---------|-------|
| Моделнинг кинематик схемаси | Типлар сони             |         |         |       |
|                             | $Z =$                   | $Z =$   | $Z =$   | $Z =$ |
|                             | $n =$                   | $P_5 =$ | $P_4 =$ |       |
|                             | $W = 3n - 2P_5 - P_4 =$ |         |         |       |

Ўзатиш сонини ҳисоблаш ва уни тажрибада текшириш

| Узатиш сони | Айланмишлар частотаси |     |
|-------------|-----------------------|-----|
|             | $n_1$                 | $n$ |
| $U_{1n} =$  |                       |     |
| $U_{12} =$  |                       |     |
| $U_{n2} =$  |                       |     |

| Редукторнинг кинематик схемаси | Тишлар сопи |  |   |  |
|--------------------------------|-------------|--|---|--|
|                                | Z           |  | Z |  |
|                                | Z           |  | Z |  |
|                                | Z           |  | Z |  |
|                                | Z           |  | Z |  |
|                                | Z           |  | Z |  |
|                                |             |  |   |  |
|                                |             |  |   |  |

Қўзғалувчанлик даражасини ва узатиш сонини ҳисоблаш

|       |         |         |                         |
|-------|---------|---------|-------------------------|
| $n =$ | $P_5 =$ | $P_4 =$ | $W = 3n - 2P_5 - P_4 =$ |
|-------|---------|---------|-------------------------|

$$U_p =$$

Ишнин бажарди: факультети  
группа студенти

Ишни қабул қилди:  
Уқитувчи

ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМЛИ  
ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИНИНГ

„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Дифференциал механизмнинг кинематик анализига оид  
5, II, 2- лаборатория иши бўйича ҳисобот

Моделнинг кинематик схемаси

Гилдирақларнинг тишлари сон

$Z = \quad | \quad Z = \quad | \quad Z = \quad | \quad Z = \quad | \quad Z =$

Қўзғалувчи звенрлар сон  $n =$

Илашмалар сон  $P =$

Механизмнинг қўзғалувчанлик  
даражаси

$W = n - P =$

Ўзатиш сонини ҳисоблаш

Етакланувчи звенонинг айланишлар частотасини ҳисоблаш

Тажриба усулида текшириш

Тажриба аниқлиги

Ишни бажарди: \_\_\_\_\_ факультети  
\_\_\_\_\_ группа студенти

Ишни қабул қилди:  
Ўқитувчи \_\_\_\_\_



ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМЛИ  
ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИНИНГ  
„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Кулачокли механизмларнинг кинематик анализига оид  
6- лаборатория иши бўйича ҳисобот

| Кулачокнинг профили                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Механизмнинг асосий параметрлари                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Кулачок профилининг бурчаклари:</p> <p>Турткичининг кўтарилиш бурчаги <math>\varphi_k =</math></p> <p>Турткичининг қайтиш бурчаги <math>\varphi_k =</math></p> <p>Турткичининг узоқлашган ҳолати бурчаги <math>\varphi_y =</math></p> <p>Турткичининг яқинлашган ҳолати бурчаги <math>\varphi_y =</math></p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кулачокнинг минимал радиуси <math>r_{\min} =</math></li> <li>2. Кулачокнинг максимал радиуси <math>r_{\max} =</math></li> <li>3. Турткичининг дезаксиали <math>e =</math></li> <li>4. Турткичининг максимал силжиши <math>h =</math></li> </ol>                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p style="text-align: center;"><b>Ўлчаш натижалари</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Тезлик аналогининг максимал қиймати <math>\frac{ds}{d\varphi} =</math></li> <li>2. Турткичининг <math>\frac{ds}{d\varphi}</math> максимал қийматдаги силжиш қиймати <math>S =</math></li> <li>3. <math>\frac{ds}{d\varphi}</math> нинг макс. қиймати-нинг босим бурчаги <math>\frac{ds}{d\varphi}</math></li> </ol> $v = \arctg \frac{d\varphi}{r_{\min} + S} =$ |
| <p>Ишни бажарди: _____ факультет</p> <p style="text-align: center;">_____ группа студенти</p>                                                                                                                                                                                                                   | <p>Ишни қабул қилди: _____</p> <p style="text-align: center;">Ўқитувчи</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМЛИ  
ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ  
„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Кулачокли механизмнинг синтези (лойиҳаланиши) га оид  
7- лаборатория иши бўйича ҳисобот

### 1. Кулачокли механизмнинг схемаси

## 2. Асосий параметрлар:

### 3. Турткичининг ҳаракат қонуни:

#### 4. Турткичнинг силжиш қийматлари ҳисоби

| $\varphi$ , град | $S(\psi)$ | $\varphi$ , град | $S(\psi)$ | $\varphi$ , град | $S(\psi)$ | $\varphi$ , град | $S(\psi)$ |
|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|
| 0                |           | 105              |           | 195              |           | 285              |           |
| 15               |           | 120              |           | 210              |           | 300              |           |
| 30               |           | 135              |           | 225              |           | 315              |           |
| 45               |           | 150              |           | 240              |           | 330              |           |
| 60               |           | 165              |           | 255              |           | 345              |           |
| 75               |           | 180              |           | 270              |           | 360              |           |
| 90               |           |                  |           |                  |           |                  |           |
|                  |           |                  |           |                  |           |                  |           |

### 5. Турткичининг силжиш графиги

Ишни бажарди: \_\_\_\_\_ факультети \_\_\_\_\_  
группа студенти \_\_\_\_\_

Ишни қабул қилди:  
Ўқитувчи

**ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ  
НОМЛИ ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ**

„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Звеноларнинг инерция моментларини физик ва математик маятник  
усуллари билан аниқлашга оид 8,1-лаборатория иши бўйича ҳисобот

Ускунанинг схемаси

1. Звенонинг оғирлиги  $G =$

2. Массаси  $m = \frac{G}{g} =$

3. Икки осилиш нуқтаси ора-  
лиги  $l =$

4. Звенонинг осилиш нуқта-  
сидан масса марказигача бўл-  
ган оралиқ

$$l_{os} = \frac{Ph}{G \cdot \sin \varphi} =$$

5.

$$l_{os} = \frac{(T_2^2 - 4l)l}{(T_2^2 + T_1^2) - 8l} =$$

6. Маятникнинг келтирилган  
узунлиги  $l_k =$

Табраниш даври бўйича

Келтирилган узунлик бўйича

| Тартиб<br>номери | Бир учи     |             | Иккинчи учи |             |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                  | $t_1$ , сек | $t_1$ , сек | $t_2$ , сек | $T_2$ , сек |

Звенонинг инерция моменти

|             |  |  |  |  |
|-------------|--|--|--|--|
| 1           |  |  |  |  |
| 2           |  |  |  |  |
| 3           |  |  |  |  |
| 4           |  |  |  |  |
| 5           |  |  |  |  |
| Урта<br>сон |  |  |  |  |

$$J_o^M = m \cdot l_{os} \cdot l_k =$$

$$J_o^\Phi = \frac{m l_{os}}{4} T^2 =$$

Звенонинг масса марказига нисбатан  
инерция моменти

$$J_s = \frac{m l_{os}}{4} (T_1^2 - 4l_{os}) =$$

Ишни бажарди: \_\_\_\_\_ факультети  
\_\_\_\_\_ группа студенти

Ишни қабул қилди:  
Уқитувчи \_\_\_\_\_



# ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРҲУНИЙ НОМЛИ ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Звенонинг инерция моментини бир симга осиб (монофиляр) бурилма тебраниш усули билан аниқлашга оид 8, II-лаборатория иши бўйича ҳисобот

Текширилаётган звенонинг номи ва у қарда ишлатилиши

| Ускунанинг схемаси | Тебраниш даври (вақти) ни аниқлаш |             |                |                |                |
|--------------------|-----------------------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
|                    | Тажриба<br>номери                 | 1-усул      |                | 2-усул         |                |
|                    |                                   | $T_n$ , сек | $T_{n3}$ , сек | $T_{nэ}$ , сек | $T_{nэ}$ , сек |
|                    | 1                                 |             |                |                |                |
|                    | 2                                 |             |                |                |                |
|                    | 3                                 |             |                |                |                |
|                    | 4                                 |             |                |                |                |
|                    | 5                                 |             |                |                |                |
|                    | ўрта<br>сон                       |             |                |                |                |

| Ускунанинг асосий параметр-<br>лари                                                                                                                                                                                                                                                   | Инерция моментини ҳисоблаш                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Симнинг узунлиги $l =$<br>2. Симнинг диаметри $d =$<br>3. Патроннинг оғирлиги $G_n =$<br>4. Пулат симнинг эластиклик модули $G_s =$<br>5. Звенонинг оғирлиги $G_3 =$<br>6. Симнинг бикрлиги $C =$<br>7. Эталон звенонинг оғирлиги $G_{э1} =$<br>8. Эталоннинг инерция момен-<br>ти | <p style="text-align: center;"><b>1-усул бўйича</b></p> 1. Патроннинг инерция моменти<br>$J_n = \frac{C}{4\pi^2} T_n^2 =$ 2. Звенонинг инерция моменти<br>$J_3 = J_n \left[ \left( \frac{T_{n3}}{T_n} \right)^2 - 1 \right] =$ <p style="text-align: center;"><b>2-усул бўйича</b></p> 1. Эталон ва звенонинг инерция момент-<br>лари<br>$J_{n3} = J_{nэ} \frac{T_{nэ}}{T_{n3}}$ 2. Звенонинг инерция моменти<br>$J_3 = J_{n3} - J_n =$ |
| <p style="text-align: center;">Нисбий хато</p> $\Delta J_3 = \frac{J_3^I - J_3^{II}}{J_3^I} \cdot 100\% =$                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Ишни бажарди: \_\_\_\_\_ факультети  
группа студенти \_\_\_\_\_

Ишни қабул қилди:  
Ўқитувчи \_\_\_\_\_

# ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМЛИ ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Звенонинг инерция моментини икки симга осиб (бифиляр) бурилма тебратиш усули билан аниқлашга оид 8. III лаборатория иши бўйича ҳисобот

Текширилаётган звенонинг номи ва қерда ишлатилиши

Ускунанинг схемаси

Тебраниш даври (вақти) ни аниқлаш

| Тажриба<br>номери | Патрон      |             | Патрон ва звено |                |
|-------------------|-------------|-------------|-----------------|----------------|
|                   | $t_n$ , сек | $T_n$ , сек | $t_{n3}$ , сек  | $T_{n3}$ , сек |
| 1                 |             |             |                 |                |
| 2                 |             |             |                 |                |
| 3                 |             |             |                 |                |
| 4                 |             |             |                 |                |
| 5                 |             |             |                 |                |
| ўрта<br>сон       |             |             |                 |                |

Ускунанинг асосий параметр-  
лари

Звенонинг инерция моментини  
ҳисоблаш

- Икки сим оралиғи  $2a =$
- Ҳар бир симнинг узунли-  
ғи  $l =$
- Патроннинг оғирлиғи  $G_n =$
- Текшириладиган звенонинг  
оғирлиғи  $G_3 =$
- Системанинг умумий оғир-  
лиғи  
 $G_c = G_n + G_3 =$

- Патроннинг инерция моменти

$$J_n = \frac{G_n a^2}{4\pi^2 l} T_n^2 =$$

- Звенонинг инерция моменти

$$J_3 = \frac{(G_n + G_3) \cdot a^2}{4\pi^2 l} \cdot T_{n3}^2 - J_n =$$

Ишни бажарди: факультети  
группа студенти

Ишни қабул қилди:  
Ўқитувчи

# ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМЛИ ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Звенонинг инерция моментини ҳаракат (тезлаиш) бериш усули билан  
аниқлашга оид 8. IV лаборатория иши бўйича ҳисобот

Текширилаётган звенонинг номи ва қаерда ишлатилиши

Ускунанинг схемаси

Ускунанинг асосий параметрлари

1. Тошнинг тушиш баландлиги  $h =$
2. Шкивнинг радиуси  $r =$
3. Дониий сон

$$C = \frac{r^2}{2h} =$$

Тошларнинг тушиш вақтларини ўлчаш

| Тошнинг<br>массаси | Тушиш вақти $t$ , сек |   |   |   |   | Ўрта<br>сон | $t^2$ | $\frac{1}{t^2}$ | $\frac{m}{t^2}$ |
|--------------------|-----------------------|---|---|---|---|-------------|-------|-----------------|-----------------|
|                    | 1                     | 2 | 3 | 4 | 5 |             |       |                 |                 |
| $m_1 =$            |                       |   |   |   |   |             |       |                 |                 |
| $m_2 =$            |                       |   |   |   |   |             |       |                 |                 |

Звенонинг инерция моментини аниқлаш

$$J = C \left[ \frac{(m_1 + m_2)g - 2h \left( \frac{m_1}{t_1^2} - \frac{m_2}{t_2^2} \right)}{\frac{1}{t_1^2} - \frac{1}{t_2^2}} \right] =$$

Ишни бажарди: \_\_\_\_\_ факультети  
\_\_\_\_\_ группа студенти

Ишни қабул қилди:  
Ўқитувчи \_\_\_\_\_



ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМЛИ  
ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИСТИТУТИ

„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Механизмларнинг келтирилган инерция моментини аниқлашга  
оид 9-лаборатория иши бўйича ҳисобот

ТММ-46 қурилманинг кинематик  
схемаси

Асосий параметрлар

1. Маятникнинг қўшимча масса-  
си  $m_1 =$
2. Етакланувчи звенога қўйилган қў-  
шимча масса  $m_2 =$
3. Пружинанинг бикрлиги  $C =$
4. Маятникка қўйилган қўшимча  
массанинг оралиги  $l_1 =$
5. Етакланувчи звенога қўйилган  
массанинг оралиги  $l_2 =$

| Тартиб<br>номери | Аниқланувчи<br>параметрлар           | Кривошипнинг бурилиш бурчаги $\varphi$ , град |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                  |                                      | 0°                                            | 30° | 60° | 90° | 120° | 150° | 180° | 210° | 240° | 300° | 330° | 360° |
| 1                | $n$ айл/мин                          |                                               |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2                | $T = \frac{t_0}{n}$ , сек            |                                               |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3                | $m_k = \frac{T^2 C}{4\pi^2}$ , кг    |                                               |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4                | $T_k = m_k l_1^2$ , кгм <sup>2</sup> |                                               |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |

$J_k$   
кгм<sup>2</sup>

Хулоса:

Ишни бажарди: \_\_\_\_\_ факультети  
группа студенти

Ишни қабул қилди:  
Ўқитувчи

# ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ НОМЛИ ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Винтавий кинематик жуфтнинг фойдали иш коэффициенти  
аниқлашга оид 10-лаборатория иши бўйича ҳисобот

$M=M(l)$  тарировка  
графиги

Қурилманинг  
схемаси

Асосий параметрлар

1. Резьбанинг тури
2. Резьбанинг қадами  $S=$
3. Қиримлари сони  $a=$
4. Винтнинг материали
5. Резьба профилининг бурчаги  $2\beta=$
6. Резьбанинг ўрта диаметри  $d_{\text{ўр}}=$
7. Қўтарилиш бурчаги  $\alpha=$

Турли кучларда жуфтнинг ФИК ни аниқлаш

| Тартиб<br>номери | Гайканинг<br>материали | Қуш $Q, \text{н}$ | Индикатор стержени-<br>нинг силжиши |       |       |                 | Момент<br>$M, \text{нм}$ | $A_{\text{хк}} = 2\pi M$ | $A_{\text{фк}} = Q S a$ | $\frac{A_{\text{фк}}}{A_{\text{хк}}}$<br>$\eta_a =$ | $\frac{\lg \varphi}{\lg(z + \varphi)}$<br>$\eta_a =$ |
|------------------|------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------|-------|-----------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                  |                        |                   | $l_1$                               | $l_2$ | $l_3$ | $l_{\text{ўр}}$ |                          |                          |                         |                                                     |                                                      |
| 1                |                        | 30                |                                     |       |       |                 |                          |                          |                         |                                                     |                                                      |
| 2                |                        | 50                |                                     |       |       |                 |                          |                          |                         |                                                     |                                                      |
| 3                |                        | 80                |                                     |       |       |                 |                          |                          |                         |                                                     |                                                      |
| 4                |                        | 100               |                                     |       |       |                 |                          |                          |                         |                                                     |                                                      |
| 1                |                        | 30                |                                     |       |       |                 |                          |                          |                         |                                                     |                                                      |
| 2                |                        | 50                |                                     |       |       |                 |                          |                          |                         |                                                     |                                                      |
| 3                |                        | 80                |                                     |       |       |                 |                          |                          |                         |                                                     |                                                      |
| 4                |                        | 100               |                                     |       |       |                 |                          |                          |                         |                                                     |                                                      |

ФИК нинг нисбий хато-  
лиги

$$\Delta \eta = \frac{\eta_a - \eta_r}{\eta_a} \cdot 100\% =$$

Хулоса:

Ишни бажарди: \_\_\_\_\_ факультети  
группа студенти \_\_\_\_\_

Ишни қабул қилди: \_\_\_\_\_  
Ўқитувчи \_\_\_\_\_

ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМЛИ  
ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Айланувчи звеноларни мувозанатлашга оид  
11- лаборатория иши бўйича ҳисобот

1. Ускуна ва мувозанатланмаган массаларнинг жойланиш схемаси

2. Берилган параметрлар: тошнинг массаси ва унинг жойланиши

|         |         |              |                          |
|---------|---------|--------------|--------------------------|
| $m_1 =$ | $r_1 =$ | $\alpha_1 =$ | $l_1 = 0,080 \text{ м.}$ |
| $m_2 =$ | $r_2 =$ | $\alpha_2 =$ | $l_2 = 0,160 \text{ м.}$ |
| $m_3 =$ | $r_3 =$ | $\alpha_3 =$ | $l_3 = 0,240 \text{ м.}$ |

3. Графикавий усул билан мувозанатлаш

| Статикавий                                              | Динамикавий                                 |                                     |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|
| $\mu_{m_c r_c} =$                                       | $\mu_{II}^I =$                              | $\mu_{II}^I =$                      |
| $m_c =$ (танланади)<br>$r_c =$<br>$\alpha_c =$          | $m_{II} =$<br>$r_{II} =$<br>$\alpha_{II} =$ | $m_I =$<br>$r_I =$<br>$\alpha_I =$  |
| Ишни бажарди: _____ факультети<br>_____ группа студенти |                                             | Ишни қабул қилди:<br>Уқитувчи _____ |



ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМЛИ  
ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ  
„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Роторни динамик мувозанатлашга оид  
12- лаборатория иши бўйича ҳисобот

Мувозанатлаш станогининг схемаси

Мувозанатланмаган ( $A_1$ ) ва қўшимча тош ўрнатилган ( $A_2$  ва  $A_3$ )  
роторнинг резонанс ҳолатидаги тебранишнинг максимал  
амплитудаларини аниқлаш

| Ампли-<br>туда | Ўлчанган |    |    |          | Қўшимча тош                                  |
|----------------|----------|----|----|----------|----------------------------------------------|
|                | №1       | №2 | №3 | Ўрта сон |                                              |
| $A_1$          |          |    |    |          | Массаси $m_T =$<br>Ўрнатилиш радиуси $r_T =$ |
| $A_2$          |          |    |    |          |                                              |
| $A_3$          |          |    |    |          |                                              |

Статик момент

$m_1 r_1 =$

| $m_n, r_n$ ва $\alpha_n$ ларни ҳисоблаш жадвали |                                                      |                                                                             |                      |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Тартиб<br>номера                                | Ҳисобланувчи<br>параметрлар                          | Ҳисоблаш формулалари                                                        | Ҳисоблаш<br>натijasи |
| 1                                               | Қўшимча тош резонанснинг максимал амплитудаси        | $A_k = \sqrt{\frac{1}{2} (A_2^2 + A_3^2 - 2A_1^2)} =$                       |                      |
| 2                                               | Пропорционаллик<br>коэффициенти                      | $\mu = \frac{A_k}{m_1 r_1} =$                                               |                      |
| 3                                               | Посанги массасининг<br>статикавий моменти            | $m_1 r_1 = \frac{A_1}{\mu} =$                                               |                      |
| 4                                               | Посанги массаси (тан-<br>лаб олинади)                | $m_n =$                                                                     |                      |
| 5                                               | Посанги радиус-<br>вектори                           | $r_n = \frac{m_1 r_1}{m_n} =$                                               |                      |
| 6                                               | Посанги радиус-век-<br>торининг йўналиш бур-<br>чаги | $\cos \alpha = \frac{A_1^2 + A_k^2 - A_3^2}{2A_1 \cdot A_k} =$              |                      |
| 7                                               | Бурчаклар                                            | $\alpha_n = 180^\circ - \alpha_n =$<br>$-\alpha_n = 180^\circ + \alpha_n =$ |                      |

## Контроль мувозанатлаш

| Тартиб<br>номера | Посангининг ўрнатилиш<br>бурчаклари | Ўлчанган амплитуда $A$ |    |    |             | Нисбий хато<br>$\delta A = \frac{A_2}{A_1}$ |
|------------------|-------------------------------------|------------------------|----|----|-------------|---------------------------------------------|
|                  |                                     | №1                     | №2 | №3 | Урта<br>сон |                                             |
| 1                | $\alpha_n =$                        |                        |    |    |             |                                             |
| 2                | $-\alpha_n =$                       |                        |    |    |             |                                             |
| 3                | $180^\circ - \alpha_n =$            |                        |    |    |             |                                             |
| 4                | $180^\circ + \alpha_n =$            |                        |    |    |             |                                             |

Хулоса

Ишни бажарди: \_\_\_\_\_ факультети  
группа студенти

Ишни қабул қилди:  
Ўқитувчи

ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙҲОН БЕРУНИЙ НОМЛИ  
ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ  
„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Машина ва механизмларнинг кинематик параметрларини тажриба усули  
билан аниқлашга оид 13-лаборатория иши бўйича ҳисобот

Датчикларнинг уланиш схемаси

| Асосий параметрлар                                                        | Звенонинг бир марта тўла айланишидаги<br>N сопи |                        |          |          |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------|----------|----------|
|                                                                           | ўлчаб<br>сопи                                   | шпинделлар<br>барабани | шпиндель | ажраткич |
| 1. Вақт белгилагичнинг бир<br>секунддаги тебранишлар<br>сопи $T_z=500$ гц | 1                                               |                        |          |          |
|                                                                           | 2                                               |                        |          |          |
| 2. Плёнканинг силжиш тез-<br>лиги $V_{пл}=500$ мм/сек                     | 3                                               |                        |          |          |
|                                                                           | 4                                               |                        |          |          |
| 3. Плёнканинг узунлиги<br>$L_{пл}=$                                       | 5                                               |                        |          |          |
|                                                                           | ўрта<br>соп                                     |                        |          |          |

Айланиш частоталарини аниқлаш

| Ҳисоблаш формуласи    | Шпинделлар барабани | Шпиндель | Ажраткич |
|-----------------------|---------------------|----------|----------|
| $n = \frac{30000}{N}$ |                     |          |          |

Ишни бажарди: \_\_\_\_\_ факультети  
\_\_\_\_\_ группа студенти

Ишни қабул қилди:  
Ўқитувчи \_\_\_\_\_



**ХАЛҚЛАР ДЎСТЛИГИ ОРДЕНЛИ, АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ НОМЛИ  
ТОШКЕНТ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ**

„Механизм ва машиналар назарияси“ кафедраси

Машина ва механизмларнинг динамик параметрларини  
тажриба усули билан аниқлашга оид

14- лаборатория иши бўйича ҳисоб-т

Датчикларнинг уланish схемаси

Асосий параметрлар

1. Датчикнинг базаси  $l =$  мм
2. Вақт белгилагичнинг тебраниш частотаси  $T_z =$
3. Плёнканинг силжиш тезлиги  $V_{пл} =$

Ўлчаш натижалари

Тарировка графиги

Ўлчанадиган  
параметр

Осциллограм-  
манинг орди-  
ната баланд-  
лиги  $h$ , мм

Кучнинг  
ҳақиқий қий-  
мати, н

$R_{\max}^T$

$R_{\max}^n$

Кучнинг ҳақиқий қийматини  
аниқлаш

$$R_{\max} = h_{\max} \mu_p \text{ н}$$

Масштаб коэффициентларини  
аниқлаш

$$\mu_p = \frac{G}{h} \cdot \frac{\text{н}}{\text{мм}}$$

Ишни бажарди: \_\_\_\_\_ факультети  
\_\_\_\_\_ группа студенти

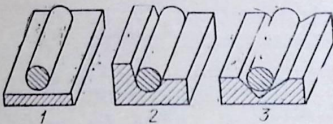
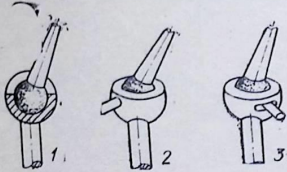
Ишни қабул қилди:  
Ўқитувчи \_\_\_\_\_

# Программалаштирилган саволлардан фойдаланиш учун методик кўрсатма

Студент механизм ва машиналар назариясидан лаборатория ишини бажаришдан олдин шу ишга пухта тайёрланиб келиши керак. Бунинг учун у лаборатория ишига тааллуқли материални яхши ўзлаштириб, унга тегишли программалаштирилган саволларнинг ҳар бирига тўғри жавоб бериши зарур.

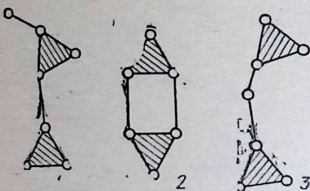
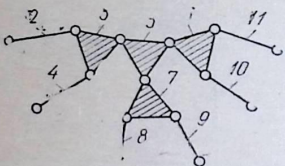
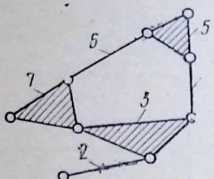
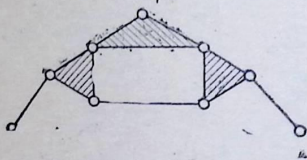
Тошшириқ бир неча саволлардан иборат. Ҳар бир саволнинг учта жавобидан биттаси тўғри бўлиб, иккитаси нотўғри. Лаборатория ишини бажаришда студент ўзининг қанчалик тайёр эканлигини синаши учун тошшириқнинг берилган барча саволларининг тўғри жавобини аниқлаши лозим. Шундагина унинг лаборатория ишини бажаришга тайёр эканлиги аниқланади.

Қуйида программалаштирилган саволларнинг айрим намуналари келтирилган.

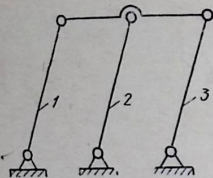
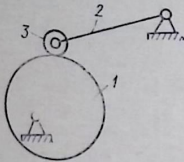
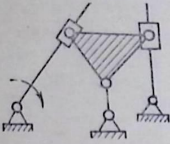
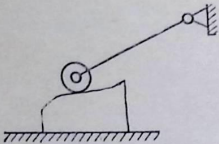
| МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН 1-ЛАБОРАТОРИЯ<br>ИШИГА ОИД ПРОГРАММАЛАШТИРИЛГАН САВОЛЛАР |                                                                                     |                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| №                                                                                           | Шакл                                                                                | Савол ва унинг жавоблари                                                                      |
| 1                                                                                           | 2                                                                                   | 3                                                                                             |
| 1                                                                                           |    | Қуйидаги 3 та шаклда 1-класс кинематик жуфт қайси?<br>1                  2                  3 |
| 2                                                                                           |   | Қуйидаги 3 та шаклда 2-класс кинематик жуфт қайси?<br>1                  2                  3 |
| 3                                                                                           |  | Қуйидаги 3 та шаклда 3-класс кинематик жуфт қайси?<br>1                  2                  3 |

| № | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                         |
|---|------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 4 |      | <p>Қуйидаги 3 та шаклда 4-класс кинематик жуфт қайси?</p> <p>1      2      3</p> |
| 5 |      | <p>Қуйидаги 3 та шаклда 5-класс кинематик жуфт қайси?</p> <p>1      2      3</p> |
| 6 |      | <p>Қуйидаги 3 та шаклда кулиса қайси?</p> <p>1      2      3</p>                 |
| 7 |      | <p>Қуйидаги 3 та шаклда шток қайси?</p> <p>1      2      3</p>                   |
| 8 |      | <p>Қуйидаги 3 та шаклда Ассур группаси қайси?</p> <p>1      2      3</p>         |



| №  | Шакл                                                                                | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                     |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  |     | <p>Қуйидаги 3 та шаклда Ассур группаси қайси?</p> <p>1            2            3</p>                                                         |
| 10 |     | <p>Шаклдаги структура группа И. И. Артоболовский усули бўйича нечанчи класс группа бўлади?</p> <p>1 тўртинчи<br/>2 учинчи<br/>3 иккинчи</p>  |
| 11 |   | <p>Шаклдаги структура группа И. И. Артоболовский усули бўйича нечанчи класс группа бўлади?</p> <p>1 бешинчи<br/>2 олтинчи<br/>3 тўртинчи</p> |
| 12 |  | <p>Шаклдаги структура группа И. И. Артоболовский усули бўйича нечанчи класс группа бўлади?</p> <p>1 бешинчи<br/>2 тўртинчи<br/>3 учинчи</p>  |

| №  | Шакл | Савол ва унинг жағоблари                                                                                                                                                       |
|----|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 |      | <p>Қуйидаги 3 та шаклнинг қай-<br/>си бири А олий кинематик<br/>жуфтининг эквиваленти бўлган<br/>қуни кинематик жуфтга тўғри<br/>алмаштирилган?</p> <p>1      2      3</p>     |
| 14 |      | <p>Қуйидаги 3 та шаклнинг қай-<br/>си бири А олий кинематик<br/>жуфтининг эквиваленти бўлган<br/>қуни кинематикавий жуфтга<br/>тўғри алмаштирилган?</p> <p>1      2      3</p> |
| 15 |      | <p>Қуйидаги 3 та шаклнинг қай-<br/>си бири А олий кинематик<br/>жуфтининг эквиваленти бўлган<br/>қуни кинематикавий жуфтга<br/>тўғри алмаштирилган?</p> <p>1      2      3</p> |
| 16 |      | <p>Қуйидаги 3 та шаклнинг қай-<br/>си бири олий кинематик жуф-<br/>ти механизми ҳисобланади?</p> <p>1      2      3</p>                                                        |

| №  | Шакл                                                                                | Савол ва ўнинг жавоблари                                                                                                                                                               |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 17 |     | <p>Шаклдаги 3 та звенонинг қайси бири „пассив“ звено ҳисобланади?</p> <p>1                      2                      3</p>                                                           |
| 18 |    | <p>Шаклдаги 3 та звенонинг қайси бири механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси сонини кўпайтирувчи „ортиқча“ звено ҳисобланади?</p> <p>1                      2                      3</p> |
| 19 |    | <p>Шаклдаги механизм И. И. Артоболовский усули бўйича нечанчи класс бўлади?</p> <p>1 иккинчи<br/>2 учинчи<br/>3 тўртинчи</p>                                                           |
| 20 |  | <p>Шаклдаги механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси нечага тенг?</p> <p>1 <math>W = 0</math><br/>2 <math>W = 1</math><br/>3 <math>W = 2</math></p>                                        |

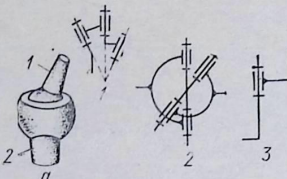
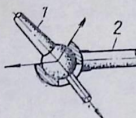
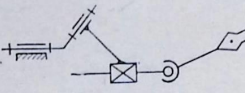
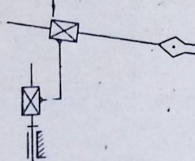


| №  | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                               |
|----|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21 |      | <p>Шакадаги механизмнинг қўзғалувчанлик даражаси нечага тенг?</p> <p>1 <math>W = 0</math><br/> 2 <math>W = 1</math><br/> 3 <math>W = 2</math></p>                                                                                      |
| 22 |      | <p>Шаклдаги механизм И. И. Артоболевский усули бўйича нечанчи класс бўлади?</p> <p>1 II класс<br/> 2 III класс<br/> 3 IV класс</p>                                                                                                     |
| 23 |      | <p>Механизмнинг тўғри ёзилган тузилиш формуласи қайси?</p> <p>1 <math>I_{(01)} + III \left( \frac{3}{245} \right)</math><br/> 2 <math>I_{(01)} + II_{(23)} + II_{(45)}</math><br/> 3 <math>I_{(01)} + II_{(53)} + II_{(24)}</math></p> |
| 24 |      | <p>Механизмнинг тўғри ёзилган тузилиш формуласи қайси?</p> <p>1 <math>I_{(01)} + II_{(23)} + II_{(45)}</math><br/> 2 <math>I_{(01)} + II_{(53)} + II_{(42)}</math><br/> 3 <math>I_{(01)} + III \left( \frac{3}{245} \right)</math></p> |

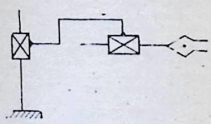
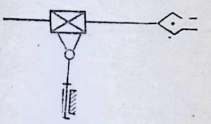
| №  | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                       |
|----|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 25 |      | <p>Механизмнинг тўғри ёзилган тузилиш формуласи қайси?</p> <p>1 <math>I(01) + II(23) + II(45)</math></p> <p>2 <math>I(01) + II(53) + II(23)</math></p> <p>3 <math>I(01) &lt; II(23)</math></p> |

## МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН 2-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИГА ОИД ПРОГРАММАЛАШТИРИЛГАН САВОЛЛАР

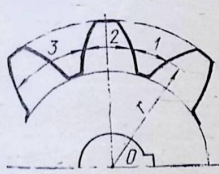
| № | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                  |
|---|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |      | <p>Қуйидаги 3 та шаклда манипулятор қайси?</p> <p>1                  2                  3</p>                                                                             |
| 2 |      | <p>Шарсимон шакл чизиб ҳаракатланувчи манипулятор роботнинг қайси координата система-сида ишловчи турига киради?</p> <p>1 цилиндрик</p> <p>2 сферик</p> <p>3 текислик</p> |
| 3 |      | <p>Шаклдаги манипуляторнинг буюм ушлаш қисми қайси?</p> <p>1                  2                  3</p>                                                                    |

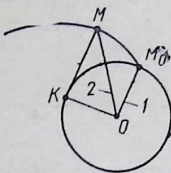
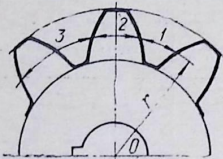
| № | Шакл                                                                                | Савол га унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                           |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 |                                                                                     | <p>Қуйидаги 3 та формуладан манипуляторнинг қўзғалувчанлик даражалари сонини ҳисоблаш формуласи қайси?</p> <p>1 <math>W = P_5 + 2P_4 + 3P_3</math></p> <p>2 <math>W = 3n - 2P_5 - P_4</math></p> <p>3 <math>W = n - P_4</math></p> |
| 5 |    | <p>Қуйидаги 3 та шаклда III класс сферик кинематик жуфтни (шакл-а) эквивалент жуфтлар қўшилмаси қайси?</p> <p>1                      2                      3</p>                                                                  |
| 6 |    | <p>Шаклдаги жуфт нечанчи класс кинематик жуфт бўлади?</p> <p>1 иккинчи</p> <p>2 учинчи</p> <p>3 тўртинчи</p>                                                                                                                       |
| 7 |   | <p>Шаклдаги манипуляторнинг қўзғалувчанлик даражалари сони нечага тенг бўлади?</p> <p>1 тўртга</p> <p>2 бешга</p> <p>3 олтига</p>                                                                                                  |
| 8 |  | <p>Шаклдаги манипуляторнинг қўзғалувчанлик даражалари сони нечага тенг бўлади?</p> <p>1 иккига</p> <p>2 учга</p> <p>3 тўртга</p>                                                                                                   |



| №  | Шакл                                                                              | Савол ва унинг жавоблари                                                                |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  |  | Шаклда манипуляторнинг қай-<br>си тури чизилган?<br>1 фазовий<br>2 цилиндрик<br>3 текис |
| 10 |  | Шаклда манипуляторнинг қай-<br>си тури чизилган?<br>1 фазовий<br>2 цилиндрик<br>3 текис |

МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН 3-ЛАБОРАТОРИЯ  
ИШИГА ОИД ПРОГРАММАЛАШТИРИЛГАН САВОЛЛАР

| № | Ш а к л                                                                             | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                          |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |   | Шакла филдирак тишининг қа-<br>лилиги қайси?<br>1 2 3                                                                             |
| 2 |  | Нормал тишли филдиракнинг<br>тиш баландлиги коэффициенти<br>нечага тенг?<br>1 $h_a^* = 0,8$<br>2 $h_a^* = 1,2$<br>3 $h_a^* = 1,0$ |

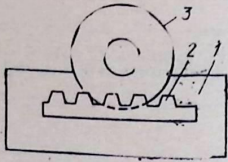
| № | Шакл                                                                              | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та жавобдан эвольвентанинг асосий хоссаси қайси?</p> <p>1 эвольвента асосий айлана ичкарисида;<br/>                 2 эвольвента нормали асосий айланага уринма;<br/>                 3 эвольвента эгрилик радиусининг маркази билдирак ўқида</p> |
| 4 |  | <p>Шаклда эвольвентанинг эгрилик радиуси қайси?</p> <p>1 <math>OM_0</math>    2 <math>OM</math>    3 <math>KM</math></p>                                                                                                                                        |
| 5 |  | <p>Шаклда билдиракнинг тиш қадами қайси?</p> <p>1                      2                      3</p>                                                                                                                                                             |
| 6 |                                                                                   | <p>Нормал тишли билдиракнинг радиал зазор коэффициенти нечага тенг?</p> <p>1 <math>C^* = 0,2</math><br/>                 2 <math>C^* = 0,25</math><br/>                 3 <math>C^* = 0,35</math></p>                                                           |
| 7 |                                                                                   | <p>Тишли билдиракнинг қуйидаги параметрларидан қайси бири ўлчанади?</p> <p>1 модуль;<br/>                 2 тиш қадами;<br/>                 3 эвольвентанинг умумий нормали.</p>                                                                               |

| №  | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                             |
|----|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  |      | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири ғилдирак тиш каллаги диаметрини аниқлаш формуласи?</p> <p>1 <math>? = m(z - 2,5)</math></p> <p>2 <math>? = m(z + 2)</math></p> <p>3 <math>? = mz</math></p>   |
| 9  |      | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири ғилдирак тиш оёғи диаметрини аниқлаш формуласи?</p> <p>1 <math>? = m(z + 2)</math></p> <p>2 <math>? = mz</math></p> <p>3 <math>? = m(z - 2,5)</math></p>      |
| 10 |      | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири ғилдирак тиши модулини аниқлаш формуласи?</p> <p>1 <math>? = d + 2h_a</math></p> <p>2 <math>? = \frac{d_a}{z+2}</math></p> <p>3 <math>? = d - 2h_f</math></p> |

**МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН 4-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИГА ОИД ПРОГРАММАЛАШТИРИЛГАН САВОЛЛАР**

| № | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |      | <p>Рейканинг қайси ҳолатида ғилдиракнинг бўлиш айланаси бўйича тишнинг қалинлиги икки тиш оралиғига тенг?</p> <p>1 рейка ғилдирак маркази томон силжитилганда;</p> <p>2 рейка ғилдирак марказидан нари силжитилганда;</p> <p>3 рейка силжитилмаганда.</p> |

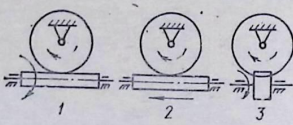


| № | Шакл                                                                               | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                      |
|---|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 |                                                                                    | Обкаткалаш усули билан ғилдирак тиши қирқилганда қайси асбоб ишлатилади?<br>1 червяк фреза;<br>2 диск фреза;<br>3 бармоқ фреза.                                                               |
| 3 |                                                                                    | Рейка тишининг қалинлиги икки тиш оралиғига тенг бўлган қисмдан ўтган тўғри чизик рейканинг нима чизиги деб аталади?<br>1 чегаравий чизиги;<br>2 модуль чизиги;<br>3 чўққи чизиги.            |
| 4 |                                                                                    | Қуйидаги 3 та ифоданинг қайси бирида нормал тишли ғилдирак қирқилади?<br>1 $xm = 0$ ;<br>2 $xm < 0$ ;<br>3 $xm > 0$ .                                                                         |
| 5 |  | Шаклдаги приборнинг қайси детали тиш қирқади?<br>1<br>2<br>3                                                                                                                                  |
| 6 |                                                                                    | Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири тиши мусбат корекцияланган ғилдиракнинг заготовкани диаметрини аниқлаш формуласи?<br>1 $? = m(z + 2) + 2xm$<br>2 $? = m(z + 2) - 2xm$<br>3 $? = m(z + 2)$ |

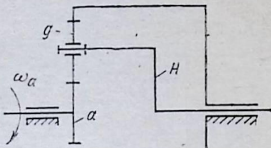
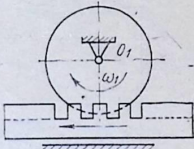
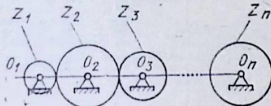
|    | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  |      | <p>Қуйидаги 3 та тенгликнинг қайси бири рейка профилнинг эгрилик радиуси?</p> <p>1 <math>\rho = \infty</math><br/> 2 <math>\rho = 0</math><br/> 3 <math>\rho = 1</math></p>                                                                                   |
| 8  |      | <p><math>\Delta = xm</math> тенглик ғилдиракка қандай тиш қирқишда қўлланилади?</p> <p>1 мусбат коррекцияланган;<br/> 2 манфий коррекцияланган;<br/> 3 нормал</p>                                                                                             |
| 9  |      | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири мусбат коррекцияланган тишли ғилдирак тишлари оёғи айланасининг диаметрини аниқлаш формуласи?</p> <p>1 <math>? = m(z - 2,5)</math><br/> 2 <math>? = m(z - 2,5) + 2xm</math><br/> 3 <math>? = m(z + 2) + 2xm</math></p> |
| 10 |      | <p>Қуйидаги 3 та ифоданинг қайси бири манфий коррекцияланган тишнинг қалинлигини билдиради?</p> <p>1 <math>S &gt; 0,5 \pi m</math><br/> 2 <math>S = 0,5 \pi m</math><br/> 3 <math>S &lt; 0,5 \pi m</math></p>                                                 |
| 11 |      | <p>Тишли ғилдиракнинг қайси параметри ўлчайди?</p> <p>1 ғилдиракнинг тиш каллаги диаметри;<br/> 2 бўлиш айланаси диаметри;<br/> 3 тиш оёғининг баландлиги.</p>                                                                                                |
| 12 |      | <p><math>c = 0,25 \cdot m</math> тенглик нимани билдиради?</p> <p>1 тишли узатманинг радиал зазорини;<br/> 2 тишли узатма тишларининг ён зазорини;<br/> 3 тишли узатманинг подшипникдаги зазорини.</p>                                                        |

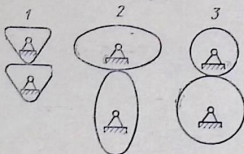
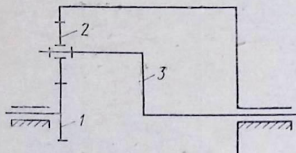
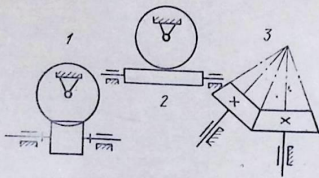
|    |                                                                                                                                                                                                |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири тиш қаллагининг баландлигини аниқлаш формуласи?<br>1 ? = $ha^* \cdot m$<br>2 ? = $c^* \cdot m$<br>3 ? = $\pi \cdot m$                                      |
| 14 | Ғилдирак тишининг қалинлиги қайси асбоб билан ўлчанади?<br>1 штангенциркуль;<br>2 микрометр;<br>3 штангентишўлчагич.                                                                           |
| 15 | Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири тиши мусбат коррекцияланган ғилдирак тишининг қалинлигини аниқлаш формуласи?<br>1 ? = $\pi m$<br>2 ? = $0,5 \cdot mz$<br>3 ? = $0,5 \pi m + 2xmtg\alpha$ . |

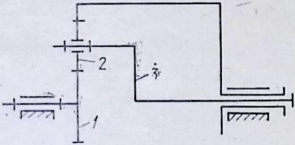
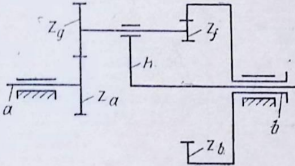
МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН 5-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИГА ОИД ПРОГРАММАЛАШТИРИЛГАН САВОЛЛАР

| № | Шакл                                                                                             | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                         |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |                                                                                                  | Қуйидаги 3 та узатмадан қайси бири ўқлари ўзаро параллел валларга ҳаракат узатади?<br>1 гипоид;<br>2 конуссимон;<br>3 цилиндрик. |
| 2 |  <p>1 2 3</p> | Қуйидаги 3 та шаклда рейка-ли узатма қайси?<br>1<br>2<br>3                                                                       |



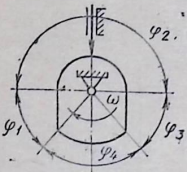
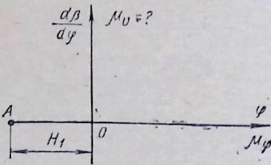
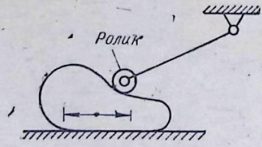
| № | Шакл                                                                              | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 |  | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири шаклдаги воқидо Н нинг бурчак тезлигини аниқлаш формуласи?</p> <p>1 <math>\omega_H = \omega_a (1 - U_{av}^H);</math><br/> 2 <math>\omega_H = \omega_a (1 + U_{av}^H);</math><br/> 3 <math>\omega_H = \frac{\omega_a}{1 - U_{av}^H}</math></p> |
| 4 |  | <p>Қуйидаги 3 та тенгликдан қайси бири гилдираги етакчи бўлган рейкали узатманинг узатиш сони?</p> <p>1 <math>U = 0;</math><br/> 2 <math>U = 1;</math><br/> 3 <math>U = \infty.</math></p>                                                                                           |
| 5 |  | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири шаклдаги узатманинг узатиш сонини аниқлаш формуласи?</p> <p>1 <math>U = (-1)^p \frac{Z_2 \cdot Z_4 \cdot Z_n}{Z_1 \cdot Z_3 \cdot Z_5};</math><br/> 2 <math>U = 1 - U_{1n}^H;</math><br/> 3 <math>U = (-1)^p \frac{Z_n}{Z_1}.</math></p>      |
| 6 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири дифференциал механизмининг кўзгалувчанлик даражасини аниқлаш формуласи?</p> <p>1 <math>? = 3n - 2P_5</math><br/> 2 <math>? = 6 - H</math><br/> 3 <math>? = n - P_{ил}</math></p>                                                              |
| 7 |                                                                                   | <p>Узатиш сони ошиши билан қопланиш коэффицентининг қиймати қандай ўзгаради?</p> <p>1 камаяди;<br/> 2 ошади;<br/> 3 ўзгармайди.</p>                                                                                                                                                  |

| №  | Шакл                                                                                | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  |                                                                                     | <p>Қуйидагилардан қайси бири планетар узатманинг афзаллигини билдиради?</p> <p>1 тузилиши мураккаб;<br/>                 2 узатиш нисбати катта бўлган механизм;<br/>                 3 тишлар сонини танлаш қийин.</p>                                             |
| 9  |    | <p>Қуйидаги 3 та шаклдан қайси бири узатиш сони доимий бўлган механизм?</p> <p>1                  2                  3</p>                                                                                                                                          |
|    |                                                                                     | <p>Виллис формуласидаги <math>U_{13}^H</math> ифода нимани билдиради?</p> <p>1 планетар механизмнинг узатиш сонини;<br/>                 2 водило тўхтатилган оддий механизмнинг узатиш сонини;<br/>                 3 дифференциал механизмнинг узатиш сонини.</p> |
| 11 |   | <p>Шаклдаги планетар механизмнинг 3 та звеносидан қайси бири сателлит?</p> <p>1                  2                  3</p>                                                                                                                                           |
| 12 |  | <p>Қуйидаги 3 та шаклдан қайси бири червякчи узатма?</p> <p>1                  2                  3</p>                                                                                                                                                             |

| №  | Шакл                                                                                | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                         |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 |                                                                                     | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири дифференциал механизмининг узатиш сонини аниқлаш формуласи?</p> <p>1 <math>U = \frac{n_1 - n_n}{n_3 - n_n}</math></p> <p>2 <math>U = \frac{n_1}{n_n}</math></p> <p>3 <math>U = \frac{n_1}{n_2}</math></p> |
| 14 |                                                                                     | <p>Қуйидаги 3 та узатмадан қайси бири ўқлари <math>90^\circ</math> бурчак остида кесишувчи валларга ҳаракат узатади?</p> <p>1 червякли;</p> <p>2 конуссимон;</p> <p>3 цилиндрик.</p>                                                             |
| 15 |    | <p>Шаклдаги дифференциал механизмининг 3 та звеносидан қайси бири водило?</p> <p>1      2      3</p>                                                                                                                                             |
| 16 |                                                                                     | <p>Қуйидаги 3 та тенгликнинг қайси бири дифференциал механизмининг асосий белгиси?</p> <p>1 <math>W = 1</math></p> <p>2 <math>W = 2</math></p> <p>3 <math>W = 0</math></p>                                                                       |
| 17 |  | <p>Шаклдаги водило <math>H</math> ни қўзғалмас қилсак, қандай механизмни оламиниз?</p> <p>1 дифференциал;</p> <p>2 планетар;</p> <p>3 оддий тишли узатма.</p>                                                                                    |



МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН 6-ЛАБОРАТОРИЯ  
ИШИГА ОИД ПРОГРАММАЛАШТИРИЛГАН САВОЛЛАР

| № | Шакл                                                                                | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2                                                                                   | 3                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1 |                                                                                     | <p>Қуйидаги 3 та жавобдан қайси бири кулачокли механизмнинг анализи бўлади?</p> <p>1 турткичининг берилган ҳаракат қонуни бўйича кулачокнинг профилини чизиш;</p> <p>2 етакчи звенонинг берилган ҳаракат қонунини олиш;</p> <p>3 турткичининг ҳаракат қонунини аниқлаш.</p>   |
| 2 |    | <p>Шаклдаги бурчакларнинг қайси бири кўтарилиш фаза бурчаги?</p> <p>1 <math>\varphi_1</math></p> <p>2 <math>\varphi_2</math></p> <p>3 <math>\varphi_3</math></p>                                                                                                              |
| 3 |   | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири график интеграллашда тезлик масштабини аниқлаш формуласи?</p> <p>1 <math>?\ = \frac{v_s}{H_1 \cdot \mu_\varphi}</math></p> <p>2 <math>?\ = \mu_s \frac{d\varphi}{dt} \cdot \omega_k</math></p> <p>3 <math>?\ = \frac{v}{ra}</math></p> |
| 4 |  | <p>Шаклдаги ролик қандай ҳаракатланади?</p> <p>1 текис параллел;</p> <p>2 илгариланма;</p> <p>3 айланма.</p>                                                                                                                                                                  |

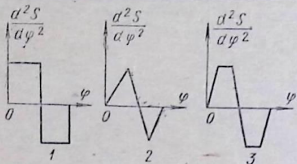
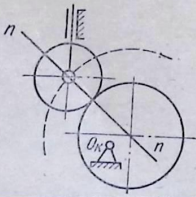
| № | Шакл                                                | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 |                                                     | <p>Қуйидаги 3 та жавобдан қайси бири кулачокли механизмнинг афзаллигига киради?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 етакланувчи звенонинг керакли ҳаракат қонунини олиш;</li> <li>2 олий кинематик жуфтининг бўрлиги;</li> <li>3 юқори сифатли материалдан тайёрланиши.</li> </ol>                                                                   |
| 6 |                                                     | <p>Қуйидаги 3 та графикнинг қайси бири кулачокли механизмни анализ қилишда экспериментал усулда аниқланади?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 <math>\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi)</math></li> <li>2 <math>\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi)</math></li> <li>3 <math>s = s(\varphi)</math></li> </ol> |
| 7 |                                                     | <p>Шаклларнинг қайси бирида кулачокнинг бурилиш бурчаклари турткичнинг силжишига мослаб чизилган?</p> <p>1      2      3</p>                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8 | <p><math>\frac{d^2S}{d\varphi^2} M_d = ?</math></p> | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири тезланиш масштабини аниқлаш формуласи?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 <math>? = \frac{\mu_{ds}}{H_2 \cdot \mu_{\varphi}}</math></li> <li>2 <math>? = \mu_{ds} \cdot \omega_k</math></li> <li>3 <math>? = \mu_{d^2s} \cdot \omega_k^2</math></li> </ol>                                                   |

| №  | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  |      | <p>Қуйидаги 3 та шаклдан қайси бири фазовий кулачокли механизм?</p> <p>1      2      3</p>                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10 |      | <p>Қуйидаги 3 та звенонинг қайси бири шаклдаги А олий кинематик жуфтининг эквиваленти?</p> <p>1      2      3</p>                                                                                                                                                                                                                                      |
| 11 |      | <p>Шаклдаги 3 та профилининг қайси бири назарий профиль?</p> <p>1      2      3</p>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 12 |      | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири коромислонинг бурчак тезланиш масштабини аниқлаш формуласи?</p> <p>1      ? = <math>\mu \frac{d^2 \beta}{d\varphi} \cdot \omega</math></p> <p>2      ? = <math>\mu \frac{d^2 \beta}{d\varphi^2} \cdot \omega^2</math></p> <p>3      ? = <math>\frac{\mu \frac{d^2 \beta}{d\varphi}}{H_2 \cdot \mu_0}</math></p> |



| №  | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 |      | <p>Қуйидаги 3 та шаклнинг қай-<br/>си бирида кулачокли механизм<br/>кинематик бирлашган?</p> <p>1      2      3</p>                                                                                                                                                                                                                      |
| 14 |      | <p>Қуйидаги 3 та графикдан<br/>қайси бири <math>s = s(\varphi)</math> графикни<br/>дифференциаллаш натижасида<br/>олинади?</p> <p>1      <math>\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi} (\varphi)</math></p> <p>2      <math>v = v(s)</math></p> <p>3      <math>\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2} (\varphi)</math></p> |
| 15 |      | <p>Қуйидаги 3 та формуладан<br/>қайси бири турткичнинг қай-<br/>тиш вақтини аниқлаш форму-<br/>ласи?</p> <p>1      <math>?\ = \frac{60}{n}</math></p> <p>2      <math>?\ = \frac{\varphi_K}{6n}</math></p> <p>3      <math>?\ = \frac{\pi n}{30}</math></p>                                                                              |

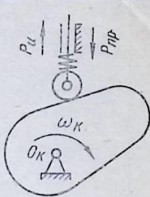
МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН 7-ЛАБОРАТОРИЯ  
ИШИГА ОИД ПРОГРАММАЛАШТИРИЛГАН САВОЛЛАР

| № | Шакл                                                                                | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2                                                                                   | 3                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1 |                                                                                     | <p>Қуйидаги 3 та жавобнинг қайси бири кулачокли механизмнинг кинематик синтези бўлади?</p> <p>1 турткич тезлик аналог графигини чизин;</p> <p>2 тезланиш аналог графигини чизин;</p> <p>3 турткичнинг силжиш графиги бўйича кулачок профилни чизин.</p> |
| 2 |                                                                                     | <p>Қуйидаги 3 та шартнинг қайси бири бўйича кулачокнинг минимал ўлчамлари аниқланади?</p> <p>1 <math>v &gt; v_{\max}</math></p> <p>2 <math>v &lt; v_{\max}</math></p> <p>3 <math>v = 0</math></p>                                                       |
| 3 |    | <p>Қуйидаги 3 та графикдан қайси бири турткичнинг юмшоқ зарб кучи билан ишлаш ҳаракат қонунини билдиради?</p> <p>1      2      3</p>                                                                                                                    |
| 4 |                                                                                     | <p>Қуйидаги 3 та шартнинг қайси бири бўйича текис тарелкали кулачокли механизм синтез қилинади?</p> <p>1 <math>\rho = 0</math></p> <p>2 <math>\rho &gt; 0</math></p> <p>3 <math>\rho &lt; 0</math></p>                                                  |
| 5 |  | <p>Қуйидаги 3 та тенгликнинг қайси бири бўйича шаклдаги кулачокли механизмнинг максимал босим бурчаги қабул қилинади?</p> <p>1 <math>v_{\max} = 0</math></p> <p>2 <math>v_{\max} = 60^\circ</math></p> <p>3 <math>v_{\max} = 30^\circ</math></p>        |

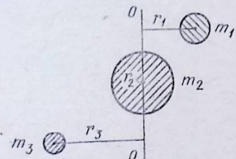
| № | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                     |
|---|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 |      | <p>Шаклда кўрсатилган кулачокли механизмнинг ҳаракат қонунида турткич қандай ҳаракат қилади?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 юмшоқ зарбли;</li> <li>2 қаттиқ зарбли;</li> <li>3 зарбсиз.</li> </ol>                             |
| 7 |      | <p>Шаклда кўрсатилган 3 та марказдан қайси бири бўйича текис тарелкали кулачокли механизм кулачоғининг айланиш ўқи танланади?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1</li> <li>2</li> <li>3</li> </ol>                                  |
| 8 |      | <p>Қуйидаги 3 та жавобнинг қайси бири кулачокли механизмнинг асосий динамик параметри?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 босим бурчаги;</li> <li>2 кулачокнинг минимал радиуси;</li> <li>3 кулачок профилининг ўлчами.</li> </ol> |
| 9 |      | <p>Шаклда кўрсатилган 3 та марказдан қайси бири бўйича механизм кулачоғининг айланиш ўқи танланади?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1</li> <li>2</li> <li>3</li> </ol>                                                            |

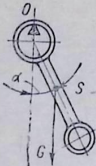


| №  | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 |      | <p>Босим бурчагининг камайиши билан кулачокли механизмнинг геометрик ўлчамлари қандай ўзгаради?</p> <p>1 катталашади;<br/>2 кичиклашади;<br/>3 ўзгармайди.</p>                                                                                                                |
| 11 |      | <p>Қуйидаги 3 та графикдан қайси бири бўйича кулачокли механизм синтез қилинади?</p> <p>1 <math>s = s(\varphi)</math><br/>2 <math>\frac{d^2s}{d\varphi^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2}(\varphi)</math><br/>3 <math>\frac{ds}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi}(\varphi)</math></p> |
| 12 |      | <p>Шаклда кўрсатилган 3 та бурчақдан қайси бири босим бурчаги?</p> <p>1 <math>\psi</math><br/>2 <math>\gamma</math><br/>3 <math>\nu</math></p>                                                                                                                                |
| 13 |      | <p>Қуйидаги 3 та кучдан қайси бири кулачокли механизмда зарб кучини ҳосил қилади?</p> <p>1 реакция кучи;<br/>2 инерция кучи;<br/>3 ишқаланиш кучи.</p>                                                                                                                        |
| 14 |      | <p>Қуйидаги 3 та шаклнинг қайси бирида босим бурчаги тўғри кўрсатилган?</p> <p>1 2 3</p>                                                                                                                                                                                      |

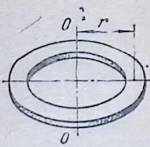
| №  | Шакл                                                                              | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 |  | <p>Қуйидаги 3 та шартдан қайси бири шаклдаги турткичнинг кулачок профилидан ажралмаслигини билдиради?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 <math>P_{пр} = P_{ц}</math>;</li> <li>2 <math>P_{пр} &gt; P_{ц}</math>;</li> <li>3 <math>P_{пр} &lt; P_{ц}</math>.</li> </ol> |

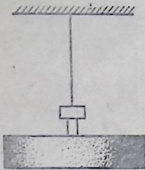
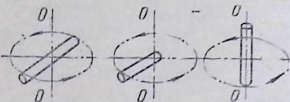
МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН 8-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИГА ОИД ПРОГРАММАЛАШТИРИЛГАН САВОЛЛАР

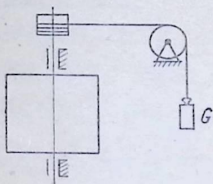
| № | Шакл                                                                                | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |                                                                                     | <p>Қуйидаги 3 та жавобнинг қайси бири учун жисмнинг инерция моментини билиш зарур?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 тишли механизмларнинг геометрик параметрларини ҳисоблаш учун</li> <li>2 тезлик планини куриш учун</li> <li>3 турли динамик ҳисоблашлар учун.</li> </ol>                                         |
| 2 |                                                                                     | <p>Қуйидаги 3 та формуланинг қайси бири жисмнинг айланиш ўқиға нисбатан инерция моментини аниқлаш формуласи?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 <math>I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2</math>;</li> <li>2 <math>I = \int r^2 dm</math></li> <li>3 <math>I = I_s + ml^2</math></li> </ol>                                    |
| 3 |  | <p>Қуйидаги 3 та формуланинг қайси бири шаклдаги система-нинг ОО ўққа нисбатан инерция моментини аниқлаш тенгламаси?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 <math>I = (m_1 + m_2 + m_3)r_1^2</math>;</li> <li>2 <math>I = (r_1^2 + r_2^2 + r_3^2)m_2</math>;</li> <li>3 <math>I = m_1 r_1^2 + m_3 r_3^2</math></li> </ol> |

| № | Шакл                                                                                | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                         |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 |                                                                                     | Қуйидаги 3 та моментнинг қайси бири СИ да $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ билан ўлчанади?<br>1 инерция моменти;<br>2 куч моменти;<br>3 кучнинг статик моменти.                                                      |
| 5 |                                                                                     | Жисмининг инерция момент қиймати турли айланиш ўқларига нисбатан айланганда қандай ўзгаради?<br>1 бир хилда;<br>2 турлича;<br>3 ўзгармайди.                                                                      |
| 6 |                                                                                     | Қуйидаги 3 та тенгламанинг қайси бири айланма ҳаракат динамикасининг асосий қонуни тенгламаси?<br>1 $M = I\epsilon$ ;<br>2 $M = P \cdot l$ ;<br>3 $M = mrl$                                                      |
| 7 |                                                                                     | Қуйидаги 3 та формуланинг қайси бири ёрдамда симнинг буралишдаги бикрлиги аниқланади?<br>1 $?\ = \frac{\pi d^4}{32}$<br>2 $?\ = \frac{GI}{L}$<br>3 $?\ = \frac{ML}{GI_p}$                                        |
| 8 |  | Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири шаклдаги звенонинг инерция радиусини аниқлаш формуласи?<br>1 $?\ = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl}}$ ;<br>2 $?\ = 2\pi \sqrt{\frac{I + I_0}{c}}$ ;<br>3 $?\ = \sqrt{\frac{I}{m}}$ . |

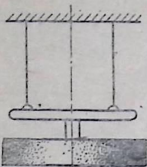


| №  | Шакл                                                                              | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  |  | <p>Шаклдаги жисм <math>OO'</math> ўқиға нисбатан айланганда, унинг инерция моменти қайси формула ёрдамида аниқланади?</p> <p>1 <math>I = mr^2</math>;<br/> 2 <math>I = 0,5mr^2</math>;<br/> 3 <math>I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2</math>.</p> |
| 10 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та бирлиكنинг қайси бири жисм инерция моменти-нинг ўлчов бирлиги?</p> <p>1 нм;<br/> 2 <math>\text{кг} \cdot \text{м}^2</math>;<br/> 3 <math>\frac{\text{кн}^2}{\text{м}^2}</math>.</p>                                       |
| 11 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та формуланинг қайси бири ёрдамида айланувчи жисмнинг кинетик энергияси аниқланади?</p> <p>1 <math>? = 0,5\omega^2 \sum m_i r_i^2</math>;<br/> 2 <math>? = 0,5 \cdot mv^2</math>;<br/> 3 <math>? = \frac{2\pi}{k}</math></p> |
| 12 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та формуланинг қайси бири ёрдамида айланувчи жисмнинг бурчак тезланиши аниқланади?</p> <p>1 <math>? = \frac{d\varphi}{dt}</math>;<br/> 2 <math>? = \frac{M}{I}</math><br/> 3 <math>? = \frac{v^2}{\rho}</math></p>           |
| 13 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та ифоданинг қайси бири ёрдамида физик ма-<br/>ятникнинг келтирилган узун-<br/>лиги аниқланади?</p> <p>1 <math>l_k = l_{os}</math>;<br/> 2 <math>l_k &lt; l_{os}</math>;<br/> 3 <math>l_k &gt; l_{os}</math>.</p>            |

| №  | Шакл                                                                              | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 |  | <p>Шаклда кўрсатилган прибор ёрдамида жисмнинг инерция моменти қайси усул билан аниқланади?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 бир илга осиб;</li> <li>2 икки илга осиб;</li> <li>3 уч илга осиб.</li> </ol>                                                                                                      |
| 15 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та тенгламадан қайси бири физик маятникнинг ҳаракат тенгламаси?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 <math>(I + I_n)\ddot{\varphi} + c\varphi = 0</math>;</li> <li>2 <math>I\ddot{\varphi} + mgl\sin\varphi = 0</math>;</li> <li>3 <math>Sr - M_n = I \cdot \epsilon</math></li> </ol>                |
| 16 |  | <p>Шаклда кўрсатилган стерженлар бир хил момент таъсирида бўлганда бурчак тезланишлари қандай ўзгаради?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 ҳар хил;</li> <li>2 бир хил;</li> <li>3 ўзгармайди.</li> </ol>                                                                                                         |
| 17 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та ўлчов бирлигининг қайси бири симнинг иккинчи тур эластиклик модулининг ўлчов бирлиги?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 <math>\frac{\text{кН}^2}{\text{м}^2}</math>;</li> <li>2 кНм;</li> <li>3 <math>\text{кг} \cdot \text{м}^2</math>.</li> </ol>                                             |
| 18 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та тенгламанинг қайси бири бурилма тебранма ҳаракатининг тенгламаси?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 <math>I\ddot{\varphi} + mgl\sin\varphi = 0</math>;</li> <li>2 <math>Sr - M_n = I_p \cdot \epsilon</math>;</li> <li>3 <math>I\ddot{\varphi} + Q \frac{a^2}{l} \varphi = 0</math>.</li> </ol> |

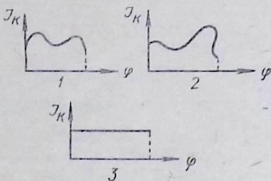
| №  | Шакл                                                                              | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 19 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та формуланинг қайси бири ёрдамида физик маятникнинг келтирилган узунлиги ҳисобланади?</p> <p>1 <math>?</math> <math>= \frac{l}{m l_{OS}};</math></p> <p>2 <math>?</math> <math>= \frac{Ph}{G \cdot \sin \varphi}</math></p> <p>3 <math>?</math> <math>= \frac{M}{P}</math></p> |
| 20 |  | <p>Шаклда кўрсатилган прибор ёрдамида жисмнинг инерция моменти қайси усул билан аниқланади?</p> <p>1 ҳаракат бериш;</p> <p>2 бифиляр</p> <p>3 физик маятник.</p>                                                                                                                              |
| 21 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та формуланинг қайси бири ёрдамида физик маятникнинг тебраниш даври ҳисобланади?</p> <p>1 <math>T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}};</math></p> <p>2 <math>T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl_{OS}}};</math></p> <p>3 <math>T = \sqrt{\frac{I}{m}}.</math></p>                                 |
| 22 |                                                                                   | <p>Массанинг ўлчов бирлиги қайси?</p> <p>1 кг;</p> <p>2 кг·м²;</p> <p>3 н.</p>                                                                                                                                                                                                                |



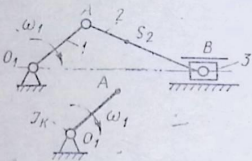
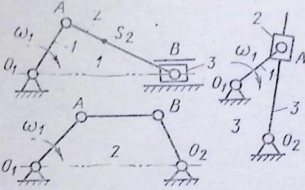
| №  | Шакл                                                                              | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 23 |  | <p>Шаклда кўрсатилган прибор ёрдамида жисмнинг инерция моменти қайси усул билан аниқланади?</p> <p>1 монофиляр;<br/>2 физикавий маятник;<br/>3 бифиляр.</p>                                                                                                                             |
| 24 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та тенгламадан қайси бири ҳаракатланаётган юк моментининг тенгламаси?</p> <p>1 <math>Sr - M_{\text{и}} = I_{\text{р}} \epsilon</math><br/>2 <math>I \ddot{\varphi} + Q \frac{a^2}{l} \varphi = 0</math>;<br/>3 <math>(I + I_n) \ddot{\varphi} + c \varphi = 0</math>.</p> |
| 25 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири патроннинг инерция моментини аниқлаш формуласи?</p> <p>1 <math>? = \frac{\pi d^4}{32}</math>;<br/>2 <math>? = \frac{T^2}{4\pi^2} \cdot c</math>;<br/>3 <math>? = mr^2</math>.</p>                                                                |
| 26 |                                                                                   | <p>Тебраниш даври маятник массасининг кўпайиши билан қандай ўзгаради?</p> <p>1 ошади;<br/>2 камаяди;<br/>3 ўзгармайди.</p>                                                                                                                                                              |

| №  | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 27 |      | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири бифилар усулининг тебраниш даврини аниқлаш формуласи?</p> <p>1 <math>T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{Gd^2}}</math>;</p> <p>2 <math>T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl_{OS}}}</math>;</p> <p>3 <math>T = 2\pi \sqrt{\frac{I + I_n}{c}}</math></p> |
| 28 |      | <p>Қуйидаги звенолардан қайси бирининг инерция моменти физик маятник усулида аниқланади?</p> <p>1 дискиннинг;</p> <p>2 шатунининг;</p> <p>3 тишли гилдиракнинг.</p>                                                                                                      |
| 29 |      | <p>Звенонинг оғирлиги қайси формула ёрдамида аниқланади?</p> <p>1 <math>T = mr^2</math></p> <p>2 <math>T = \gamma \cdot v</math></p> <p>3 <math>T = \frac{M}{l}</math></p>                                                                                               |
| 30 |      | <p>Шатунининг инерция моменти ни қайси усул билан аниқлаб бўлмайди?</p> <p>1 физик маятникнинг тебраниш даври бўйича;</p> <p>2 бурилма тебраниш даври бўйича;</p> <p>3 физик маятникнинг келтирилган узунлиги бўйича.</p>                                                |

МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН 9-ЛАБОРАТОРИЯ  
ИШИГА ОИД ПРОГРАММАЛАШТИРИЛГАН САВОЛЛАР

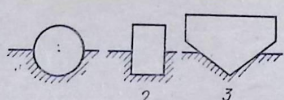
| № | Шакл                                                                              | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |                                                                                   | <p>Ричагли механизмнинг етакчи валига келтирилган инерция моменти қайси параметрга боғлиқ ҳолда ўзгаради?</p> <p>1 механизмнинг ҳолатига;<br/>2 келтирилган звенонинг бурчак тезлигига;<br/>3 келтирилган звенонинг радиусига.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та механизмнинг қайси бирида келтирилган инерция моментининг қиймати ўзгармас бўлади?</p> <p>1 кривошип-ползун;<br/>2 кулачокли;<br/>3 тишли узатма.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 3 |  | <p>Қуйидаги 3 та графикнинг қайси бири тишли механизмнинг келтирилган инерция моментининг ўзгариш графиги?</p> <p>1      2      3</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 4 |                                                                                   | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири звенолари илгариланма ҳаракатланувчи механизмнинг келтирилган инерция моментини аниқлаш формуласи?</p> <p>1 <math display="block">I_k = \sum_{i=1}^n J_i \left( \frac{\omega_i}{\omega_k} \right)^2;</math></p> <p>2 <math display="block">I_k = \sum_{i=1}^n m_i \left( \frac{v_{s_i}}{\omega_k} \right)^2;</math></p> <p>3 <math display="block">I_k = \sum_{i=1}^n \left[ J_i \left( \frac{\omega_i}{\omega_k} \right)^2 + m_i \left( \frac{v_{s_i}}{\omega_k} \right)^2 \right].</math></p> |

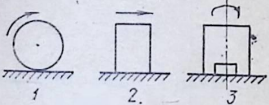


| № | Шакл                                                                                | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 |                                                                                     | <p>Айланма ҳаракатланувчи звонининг кинетик энергияси қуйидаги 3 та формуладан қайси бири ёрдамида аниқланади?</p> <p>1 <math>T = 0,5 \cdot I \omega^2</math>;</p> <p>2 <math>T = 0,5 m v^2</math>;</p> <p>3 <math>T = 0,5 (m v_s^2 + I_s \omega^2)</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                       |
| 6 |                                                                                     | <p>Келтирилган инерция моменти-нинг ўлчов бирлиги қайси?</p> <p>1 кг·м</p> <p>2 нм.</p> <p>3 <math>\frac{\text{н}}{\text{м}^2}</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 7 |    | <p>Қуйидаги 3 та формуладан қайси бири шаклдаги механизмнинг қривошинига келтирилган инерция моментини аниқлаш формуласи?</p> <p>1 <math>? = I_{01} + I_{s2} \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 + m_2 \left( \frac{v_{s2}}{\omega_1} \right)^2 + m_3 \left( \frac{v_B}{\omega_1} \right)^2</math>;</p> <p>2 <math>? = I_{01} \frac{\omega_1^2}{2} + I_{s2} \frac{\omega_2^2}{2} + m_2 \frac{v_{s2}^2}{2} + m_3 \frac{v_B^2}{2}</math>;</p> <p>3 <math>? = I_K \frac{\omega_1^2}{2}</math></p> |
| 8 |  | <p><math>I_{01} + I_{s2} \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 + m_2 \left( \frac{v_{s2}}{\omega_1} \right)^2 + m_3 \left( \frac{v_B}{\omega_1} \right)^2</math></p> <p>формула қуйидаги 3 та шакл-нинг қайси бирига тааллуқ-ли?</p> <p>1      2      3</p>                                                                                                                                                                                                                                      |

| № | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                                                          |
|---|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9 |      | <p>Келтирилган инерция моменти-нинг ишораси доимо қандай бўлади?</p> <p>1 мусбат;<br/>2 манфий;<br/>3 мавҳум.</p> |

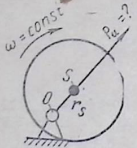
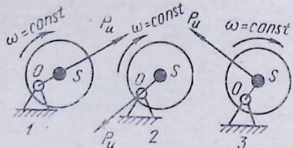
МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН 10-ЛАБОРАТОРИЯ  
ИШИГА ОИД ПРОГРАММАЛАШТИРИЛГАН САВОЛЛАР

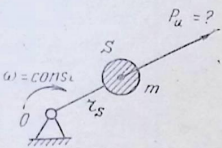
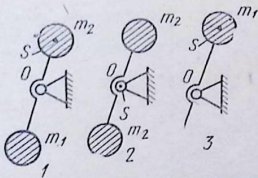
| № | Шакл                                                                                | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |                                                                                     | <p>Қуйдаги 3 та жавобнинг қайси бири винтавий жуфтининг камчилигига киради?</p> <p>1 катта кучларни узатиш мумкин;<br/>2 узатиш сони катта;<br/>3 жуфт тез ейилади.</p>                                                                                                                                                                                                                              |
| 2 |                                                                                     | <p>Қуйдаги 3 та формуладан қайси бири ёрдамда айланма ҳаракатни илгариланма ҳаракатга айлантирувчи винтавий жуфтининг ФИК аниқланади?</p> <p>1 <math>\varphi = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}</math><br/>2 <math>\varphi = \frac{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi)}{\operatorname{tg} \alpha}</math><br/>3 <math>\varphi = \operatorname{arctg} f</math></p> |
| 3 |                                                                                     | <p>Қуйдаги 3 та жавобнинг қайси бири винтавий жуфтининг ФИК га кўпроқ таъсир қилади?</p> <p>1 винтавий қизиқнинг кўтарилиш бурчаги;<br/>2 таъсир кучи;<br/>3 узатиш сони.</p>                                                                                                                                                                                                                        |
| 4 |  | <p>Қуйдаги 3 та шаклнинг қайси бирида ишқаланиш кучи катта?</p> <p>1                      2                      3</p>                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| №  | Шакл                                                                                             | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5  |                                                                                                  | Қайси винтавий жуфтини<br>ФИК юқори?<br>1 трапециодал;<br>2 уч бурчакли;<br>3 винт-шарикли.                                                                                                             |
| 6  |                 | Қуйидаги 3 та шаклнинг<br>қайси бирида ишқаланиш коэф-<br>фициенти катта?<br><br>1                      2                      3                                                                        |
| 7  | Бу ерда:<br>$\alpha$ — винт чизигининг кўтари-<br>лиш бурчаги;<br>$\varphi$ — ишқаланиш бурчаги. | Қуйидаги 3 та ифоданинг<br>қайси бирида винтавий жуфт<br>ўз-ўзидан тормозланмайди?<br><br>1 $\alpha < \varphi$<br>2 $\alpha > \varphi$<br>3 $\alpha = \varphi$                                          |
| 8  |                                                                                                  | Сирланиб ишқаланиш коэф-<br>фициентининг қиймати қуйи-<br>даги параметрларининг қайси<br>бирига боғлиқ эмас?<br>1 материалнинг турига;<br>2 ишқаланувчи юзанинг ҳо-<br>латига;<br>3 нормал босим кучига |
| 9  |                                                                                                  | Қуйидаги 3 та винтавий<br>жуфт материалининг қайси би-<br>рида ишқаланиш коэффициен-<br>ти катта?<br>1 пўлат пўлат бўйича;<br>2 пўлат бронза бўйича;<br>3 пўлат чуян бўйича.                            |
| 10 |                                                                                                  | Қуйидаги 3 та приборнинг<br>қайси бири винт валидаги бу-<br>ровчи моментни тарировка қи-<br>лишда ишлатилади?<br>1 тахометр;<br>2 индикатор;<br>3 микрометр.                                            |

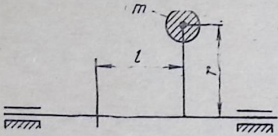


МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН 11-ЛАБОРАТОРИЯ  
ИШИГА ОИД ПРОГРАММАЛАШТИРИЛГАН САВОЛЛАР

| № | Шакл                                                                                | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                       |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |    | Шаклдаги мувозанатланмаган дисkning инерция кучи қайси формула ёрдамида аниқланади?<br>1 ? = $mr_s\omega^2$ ;<br>2 ? = $mr$ ;<br>3 ? = $r_s^2$ .               |
| 2 |                                                                                     | Айланувчи звенони статикавий мувозанатлаш учун унга нечта посанги тоши ўриятилади?<br>1 иккита;<br>2 учта;<br>3 битта.                                         |
| 3 |                                                                                     | Қуйидагиларнинг қайси бирида звено динамик мувозанатланади?<br>1 мувозанатловчи параллелда;<br>2 махсус мувозанатловчи станокда;<br>3 антифрикцион роликларда. |
| 4 |                                                                                     | Қуйидаги 3 та звенонинг қайси бири учун статик мувозанатлаш етарли?<br>1 ротор;<br>2 тирсакли вал;<br>3 секин айланувчи маховик                                |
| 5 |  | Қуйидаги 3 та шаклнинг қайси бирида инерция кучининг йўналиши тўғри кўрсатилган?<br>1 2 3                                                                      |

| №  | Шакл                                                                                | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  |                                                                                     | <p>Қуйидаги 3 та ифоданинг қайси бири бўйича мувозанатланмаган массалар системасининг огирлик марказининг координати белгиланади?</p> <p>1 <math>r_s = \frac{\sum m_i r_i}{\sum m_i} &gt; 0</math></p> <p>2 <math>r_s = \frac{\sum m_i r_i}{\sum m_i} = 0</math>;</p> <p>3 <math>r_s = \frac{\sum m_i r_i}{\sum m_i} &lt; 0</math>.</p>        |
| 7  |                                                                                     | <p>Айланувчи звенонинг бош инерция кучи моментини динамик мувозанатлаш учун унга нечта посанги тоши ўрнатилади?</p> <p>1 иккита;</p> <p>2 битта;</p> <p>3 учта.</p>                                                                                                                                                                            |
| 8  |                                                                                     | <p>Қуйидаги 3 та тенгламанинг қайси биридан айланувчи массаларни тўла мувозанатлаш учун фойдаланилади?</p> <p>1 <math>\sum m_i r_i l_i = 0</math>; <math>\sum m_i r_i &gt; 0</math></p> <p>2 <math>\sum m_i r_i l_i &gt; 0</math>; <math>\sum m_i r_i = 0</math></p> <p>3 <math>\sum m_i r_i l_i = 0</math>; <math>\sum m_i r_i = 0</math></p> |
| 9  |   | <p>Шаклдаги мувозанатланмаган массанинг марказдан қочма инерция кучи қайси формула ёрдамида аниқланади?</p> <p>1 <math>? = m r_c \cdot \omega^2</math>;</p> <p>2 <math>? = r_c \cdot \epsilon</math>;</p> <p>3 <math>? = r_c \cdot \omega^2</math>.</p>                                                                                        |
| 10 |  | <p>Шаклдаги звеноларнинг қайси бири мувозанатланмаган?</p> <p>1      2      3</p>                                                                                                                                                                                                                                                              |

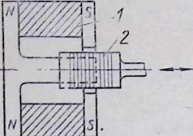
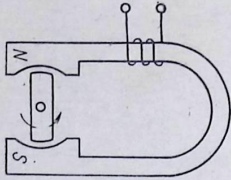
МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН 12- ЛАБОРАТОРИЯ  
ИШИГА ОИД ПРОГРАММАЛАШТИРИЛГАН САВОЛЛАР

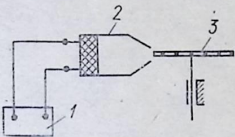
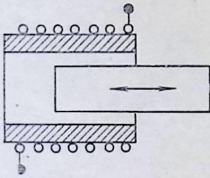
| № | Шакл                                                                              | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |                                                                                   | <p>Штиков станогининг рамасининг тебраниш амплитудаси қайси асбоб ёрдамида ўлчанади?</p> <p>1 вибромметр;<br/>2 динамометр;<br/>3 индикатор.</p>                                        |
| 2 |  | <p>Масса <math>m</math> нинг марказдан қочма инерция моментини аниқлаш формуласи қайси?</p> <p>1 <math>? = mrl</math>;<br/>2 <math>? = \dot{m}r</math>;<br/>3 <math>? = pl</math>.</p>  |
| 3 |                                                                                   | <p><math>\sum m_i r_i l_i</math> вектор нима?</p> <p>1 инерция momenti;<br/>2 марказдан қочма инерция momenti;<br/>3 статик момент.</p>                                                 |
| 4 |                                                                                   | <p>Қандай инерция кучлари динамик мувозанатланади?</p> <p>1 параллел текисликда жойлашган;<br/>2 бир текисликда жойлашган;<br/>3 секин айланувчи звенолар</p>                           |
| 5 |                                                                                   | <p>Қуйидагиларнинг қайси бири ёрдамида звенонинг статик мувозанатланмаганлиги аниқланади?</p> <p>1 балансировка қилувчи машинада;<br/>2 горизонтал призмада;<br/>3 махсус станокда.</p> |



| №  | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                                             |
|----|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  |      | <p>Қуйидаги 3 та формуланинг қайси бири ёрдамида динамик моментнинг масштаб коэффициенти аниқланади?</p> <p>1 ? = <math>\frac{mrl}{oa}</math>;</p> <p>2 ? = <math>\frac{mr}{oa}</math>;</p> <p>3 ? = <math>\frac{Pl}{oa}</math>.</p> |
| 7  |      | <p>Динамик дисбаланснинг ўлчов бирлиги қайси?</p> <p>1 н. м<sup>2</sup>;</p> <p>2 кг. м<sup>2</sup>;</p> <p>3 н. м.</p>                                                                                                              |
| 8  |      | <p>Қуйидаги звеноларнинг қайси бири динамик мувозанатланади?</p> <p>1 тишли гилдираклар;</p> <p>2 тирсакли валлар;</p> <p>3 шкивлар.</p>                                                                                             |
| 9  |      | <p>Қуйидаги 3 та формуланинг қайси бири ёрдамида статик моментнинг масштаб коэффициенти аниқланади?</p> <p>1 ? = <math>\frac{mr}{oa}</math>;</p> <p>2 ? = <math>\frac{mrl}{oa}</math>;</p> <p>3 ? = <math>\frac{Pl}{oa}</math>.</p>  |
| 10 |      | <p>Статик дисбаланснинг ўлчов бирлиги қайси?</p> <p>1 н. м;</p> <p>2 кг. м;</p> <p>3 н. м<sup>2</sup>.</p>                                                                                                                           |

МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН 13- ЛАБОРАТОРИЯ  
ИШИГА ОИД ПРОГРАММАЛАШТИРИЛГАН САВОЛЛАР

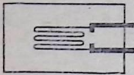
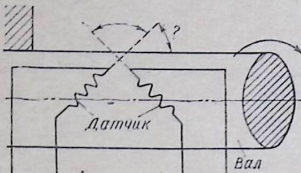
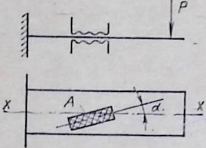
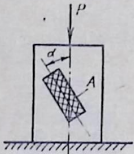
| № | Шакл                                                                               | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                               |
|---|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |                                                                                    | Қуйидаги 3 та тенгликдан қайси бири айланувчи звено-<br>нинг айланиш частотасининг<br>вақт бўйича графиги?<br>1 $\varphi = \varphi(t)$ ;<br>2 $v = v(t)$ ;<br>3 $\omega = \omega(t)$ . |
| 2 |   | Шаклда кўрсатилган датчик<br>қайси параметрни ўлчайди?<br>1 чизигий силжиш;<br>2 чизигий тезлик;<br>3 чизигий тезланиш.                                                                |
| 3 |                                                                                    | Чизигий тезланишни тажри-<br>бада ўлчашда қуйидаги 3 та<br>прибордан қайси бири ишлати-<br>лади?<br>1 виброметр;<br>2 акселерометр;<br>3 тахометр.                                     |
| 4 |                                                                                    | Бурчак тезликларни тажриба-<br>да ўлчашда қуйидаги датчик-<br>ларнинг қайси бири ишлати-<br>лади?<br>1 магнит-электрик;<br>2 сифимли;<br>3 симли.                                      |
| 5 |                                                                                    | Айланувчи звенонинг айла-<br>ниш частотаси қайси прибор<br>ёрдамида ўлчанади?<br>1 тахометр;<br>2 виброметр;<br>3 динамометр.                                                          |
| 6 |  | Шаклда қайси датчик кўрсатилган?<br>1 магнит-электрик;<br>2 симли;<br>3 сифимли.                                                                                                       |
| 7 |                                                                                    | Қуйидаги 3 та қурилманинг<br>қайси бири ёрдамида звено-<br>нинг айланиш частотаси ёзиб<br>олинади?<br>1 датчик;<br>2 осциллограф;<br>3 токосъём.                                       |

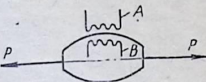
| №  | Шакл                                                                              | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                        |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  |  | <p>Схемада датчик қайси?</p> <p>1      2      3</p>                                                                                                             |
| 9  |  | <p>Шаклда қайси датчик кўрсатилган?</p> <p>1 сифимли;<br/>2 индуктивли;<br/>3 симли.</p>                                                                        |
| 10 |                                                                                   | <p>Илгариланма-қайтма ҳаракатланувчи звонининг силжиши қуйидаги 3 та датчикнинг қайси бири ёрдамида ўлчанади?</p> <p>1 сифимли;<br/>2 реохорд;<br/>3 симли.</p> |

МЕХАНИЗМ ВА МАШИНАЛАР НАЗАРИЯСИДАН 14- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИГА ОИД ПРОГРАММАЛАШТИРИЛГАН САВОЛЛАР

| № | Шакл | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                     |
|---|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |      | <p>Қуйидаги 3 та тенгликнинг қайси бири кучнинг силжиш параметрига қараб ўзгаришини билдиради?</p> <p>1 <math>P = P(t)</math>;<br/>2 <math>P = P(s)</math>;<br/>3 <math>P = P(v)</math>;</p> |
| 2 |      | <p>Қуйидаги датчикларнинг қайси бири кучни ўлчашда ишлатилади?</p> <p>1 симли;<br/>2 реостатли;<br/>3 индукцион.</p>                                                                         |



| № | Шакл                                                                               | Савол ва унинг жавоблари                                                                                                                                                                                    |
|---|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 |   | Шаклда қайси датчик кўрсатилган?<br>1 реостатли;<br>2 индуктивли;<br>3 симли.                                                                                                                               |
| 4 |   | Валининг буровчи моментини аниқлашда датчик валининг ўқи-га нисбатан қандай бурчак ости-да ёпиштирилади?<br>1 $45^\circ$ ;<br>2 $60^\circ$ ;<br>3 $90^\circ$ .                                              |
| 5 |   | Шаклда кўрсатилган балка-нинг эгувчи кучини ўлчашда А датчик хх ўқи-га нисбатан қандай бурчак остида ёпишти-рилади?<br>1 $\alpha = 0^\circ$ ;<br>2 $\alpha = 45^\circ$ ;<br>3 $\alpha = 90^\circ$ .         |
| 6 |  | Шаклда кўрсатилган стер-женни сиқувчи куч $P$ ни ўлчаш-да А датчик у у ўқи-га нисба-тан қандай бурчак остида ёпиш-тирилади?<br>1 $\alpha = 90^\circ$ ;<br>2 $\alpha = 45^\circ$ ;<br>3 $\alpha = 0^\circ$ ; |
| 7 |                                                                                    | Тебрайма ҳаракат қайси при-бор ёрдамида ўлчанади?<br>1 виброметр;<br>2 акселерометр;<br>3 динамометр.                                                                                                       |

| №  | Шакл                                                                              | Савол ва унинг жавоблари                                                                                      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  |  | Шаклда кўрсатилган симли А датчик қандай деформацияланади?<br>1 чўзилади,<br>2 сиқилади,<br>3 эгилади.        |
| 9  |                                                                                   | Қуйидаги 3 та датчикнинг қайси бири параметрик датчик?<br>1 индуктив;<br>2 магнит-электрик;<br>3 фотоэлектрик |
| 10 |                                                                                   | Қуйидаги 3 та датчикнинг қайси бири генераторли датчик?<br>1 индукцион,<br>2 сизимли;<br>3 реостатли.         |

## АДАБИЁТ

- Дёбровольский В. В. Руководство к лабораторным работам по ТММ. Изд-во ВВАРККА, М., 1938.
- Артоболевский С. И. Учебная лаборатория по теории механизмов и машин. Советская наука, М., 1952.
- Раевский Н. П. Методы экспериментального исследования механических параметров машин. АН СССР, 1952.
- Юдин В. А., Петрокас Л. В. Лабораторный практикум по ТММ. М., 1960.
- Юденич В. В. Лабораторные работы по ТММ. „Высшая школа“, М., 1962.
- Гернет М. М., Ратобильский В. В. Определение момента инерции. М., 1969.
- Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики. ЕСКД. ГОСТ 2770—68, ГОСТ 2782—68.
- Передачи зубчатые. ГОСТ 16530—70, ГОСТ 16532—70.
- Камцев Е. А., Акулич В. К. и др. Лабораторные работы по теории механизмов и машин. Изд-во „Высшая школа“, Минск, 1976.
- Середя В. Т., Костюк А. П. и др. Расчёт и конструирование точных механизмов (лабораторные работы). Изд-во „Высшая школа“, Киев, 1978.
- Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин. М., 1975.
- Усмоишхужаев Х. Х. Механизм ва машиналар назарияси. Т., 1970.
- Иззатов З. Х. Механизм ва машиналар назариясидан курсавий лойиҳалаш. Т., 1979.
- Иззатов З. Х., Мусаханов А. Универсальная стендовая установка, применяемая для исследования кинематических, динамических, прочностных параметров рабочих органов хлопкоуборочных аппаратов. Сб. „Вопросы механики“, Т., №11, 1972.
- Безвеселый Е. С. Вопросы задачи по теории механизмов и машин. Киев, 1977.
- Желиговский А. В. и др. Теория плоских механизмов и динамика машин. М., 1961.

# МУНДАРИЖА

|                                                                                                     |    |                                                                                                              |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Суз боши . . . . .                                                                                  | 3  | 6-лаборатория иши. Кулачокли механизмларнинг кинематик анализи . . . . .                                     |   |
| Кириш . . . . .                                                                                     | 5  | 7-лаборатория иши. Кулачокли механизмнинг синтези (дойҳадониши) . . . . .                                    |   |
| Лаборатория ишларини бажариш тартиби . . . . .                                                      | 7  | 8-лаборатория иши. Звеноларнинг инерция моментларини аниқлаш . . . . .                                       |   |
| Автоматизация техникаси қондалари . . . . .                                                         | 7  | 9-лаборатория иши. Механизмларнинг келтирилган инерция моментини аниқлаш . . . . .                           |   |
| Улчаш воситаларининг классификацияси. Физик бирликлари . . . . .                                    | 8  | 10-лаборатория иши. Винтавий кинематик жуфтнинг фойдали иш коэффициенти аниқлаш . . . . .                    |   |
| Улчаш натижасини математик статистик дисоблаш . . . . .                                             | 11 | 11-лаборатория иши. Айланувчи звеноларни мувозанатлаш . . . . .                                              |   |
| Улчаш усуллари . . . . .                                                                            | 12 | 12-лаборатория иши. Роторни динамик мувозанатлаш . . . . .                                                   | 1 |
| Улчаш асбоблари ва приборлари . . . . .                                                             | 15 | 13-лаборатория иши. Машина ва механизмларнинг кинематик параметрларини тажриба усули билан аниқлаш . . . . . | 1 |
| 1-лаборатория иши. Механизмнинг кинематик схемасини чиқиш ва унинг структурасини текшириш . . . . . | 16 | 14-лаборатория иши. Машина ва механизмларнинг динамик параметрларини тажриба усулида аниқлаш . . . . .       | 1 |
| 2-лаборатория иши. Манипуляторнинг тузатишсини (структурасини) текшириш . . . . .                   | 19 | 1-илова . . . . .                                                                                            | 1 |
| 3-лаборатория иши. Тишли узатмаларнинг асосий геометрик параметрларини аниқлаш . . . . .            | 44 | 2-илова . . . . .                                                                                            | 1 |
| 4-лаборатория иши. Обкаткадаш усули билан эвольвента профилли тишлар қирқиш . . . . .               | 51 | 3-илова . . . . .                                                                                            | 1 |
| 5-лаборатория иши. Тишли механизмларнинг кинематик анализи . . . . .                                | 61 | Адабиёт . . . . .                                                                                            | 2 |
|                                                                                                     | 74 |                                                                                                              |   |

На узбекском языке

ЗАФАР ХАСАНОВИЧ ИЗЗАТОВ

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Учебное пособие для вузов

Тошкент, „Ўқитувчи“ 1982

Муҳаррир А. С. Турахонов

Техн. муҳаррир Т. Скиба

Бадий муҳаррир Ф. Некқадамбосов

Корректор К. Шарипова

ИБ № 2274

Теринга берилди 16. 12. 1981 й. Босишга рухсат этилди 27. 04. 1982 й. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Тип. қоғози № 3. Кегли 10 шпона. Гарнитура „Литературная“. Юқори босма усулида босилди.  
Шартли б. а. 14,5 Напш. а. 10, 24. Тиражи 600. Зак. № 5385. Баҳоси 50 т.

„Ўқитувчи“ нашриёти. Тошкент, Навоий кўчаси, 30. Шартнома № 11—218—81.

Нашриётлар, полиграфия ва китоб савдоси ишлари бўлими, бошқармасининг Морозов номли босмахонаси. Самарқанд, У. Турсунов кўчаси, 82. 1982 й.

Типография имени Морозова областного управления по делам издательства, полиграфии и книжной торговли, Самаркандская, ул. У. Турсунова, 82.



