

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA
O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

M. Abduvoxidov, X.T. Axmedxodjayev

**TO'QIMACHILIK
MATERIALLARINI
O'RASH NAZARIYASI**

**„VORIS NASHRIYOT“
TOSHKENT — 2010**

Taqrizchilar: **M. Najmiddinov** — Nam MPI „TMJ“
kafedrası dotsenti;
A. Murodov — „TMJ“ kafedrası dotsenti.

„To‘qimachilik materiallarini o‘rash nazariyasi“ fani ip va ipsimon materiallarni o‘rab joylama hosil qilishning nazariy asoslarini va amaliy jihatlarini o‘rganish va tadqiq qilishda ishlatiladigan asosiy matematik usul va hisoblash vositalaridan foydalanish, o‘rash mexanizmlari turlari, tuzilishi va ularni loyihalashning zamonaviy usullarini, o‘rash jarayonlari va o‘rash joylamalarini loyihalash usullari va bunda talab qilingan ko‘rsatkichlarni ta‘minlash yo‘llari va imkoniyatlarini o‘rganishga qaratilgan.

Darslik 5A520712, 5A540501, 5A540502, 5A540503, 5A540505 mutaxassisliklari hamda 5520700 va 5540500 yo‘nalishlari talabalari uchun mo‘ljallangan.

1. KIRISH

Mustaqil O'zbekistonning iqtisodiy ravnaqida sanoat ishlab chiqarishini yuksaltirish asosiy omillardan biri hisoblanadi. Buni respublikamiz prezidenti I. A. Karimovning quyidagi so'zlari ham isbotlaydi: „Bir so'z bilan aytganda, yengil sanoatimizni, shu jumladan paxta tolasini qayta ishlash korxonalarini tez sur'atlar bilan rivojlantirish bizning ustuvor strategik maqsadlarimizni tashkil qiladi... Hisob kitoblar shuni ko'rsatadiki, faqatgina paxta xomashyosidan olinadigan sof foyda miqdorini yetti-sakkiz karra ko'paytirish va xazinamizni eksport hisobidan qattiq valuta bilan to'ldirish asosida hayotimizni yanada to'q va farovon qilish imkoniyatiga ega bo'lamiz“.*

Sanoatning turli sohalarida ip va mato, ipsimon va matosimon ashyolarni o'rash va joylash jarayonlari ishlatiladi. O'raladigan ashyolarga misol qilib to'qimachilik sanoatida ip, pilla, pilik, mato, mashinasozlikda kompozitlarning ipsimon tashkil etuvchilari, sim, yupqa metall prokati, izolatsion materiallarning ba'zi xillari, boshqa sohalarda qog'oz, tomyopqich va issiqlik asrovchi materiallar va hokazolarni ko'rsatish mumkin. Ishlab chiqarish texnologiyasi xususiyatlariga ko'ra o'rash jarayonlari to'qimachilik va yengil sanoat hamda kimyoviy iplarni ishlab chiqarishda ayniqsa keng qo'llaniladi. O'raladigan ashyolarga xos bo'lgan asosiy xususiyatlar ularning uzunliklari ko'ndalang o'lchamlariga nisbatan beqiyos kattaligi hamda ularning ko'ndalang bikirliklari hisobga olmaslik mumkin bo'lgan darajada kichikligidir. Shuning uchun ular faqat cho'zilishga ishlaydilar va hisob-kitob va tadqiqotlarda cheksiz uzun qayishqoq ip deb hisoblanadilar. Bunday materiallar erkin holatda ishlatilishi va tashilishi mumkin emas, chunki bunda ular chigallashib qoladilar. Shuning uchun ularni o'rab yoki taxlab tashish va ishlov berish uchun qulay joylamalar hosil qilish uchun zarurat tug'iladi. Muayyan texnologik talablarni qondiruvchi joylamalarni olish uchun avvalo o'ramning geometrik, kinematik, dinamik va boshqa jihatlarini aniqlash kerak bo'ladi. Amalda bu o'rash usulini tanlash va mos mexanizmni yaratishni bildiradi. Bularning qanday bajarilishi esa mehnat va jihoz unumdorligi hamda mahsulot sifatini belgilovchi asosiy omildir. Butun dunyoda olib borilgan tad-

* I. A. Karimov. O'zbekiston iqtisodiy islohotlarni chuqurlashtirish yo'lida. Toshkent, „O'zbekiston“, 1995-y., 289-bet.

qiqotlar o'rash jarayoni bir qarashda ancha jo'n ko'rinsa ham aslida ancha murakkab jarayon ekanligi va ip mexanikasi nuqtai nazaridan matematik tavsiflash qiyinligini ko'rsatadi.

To'qimachilik materiallarini o'rashning zamonaviy holatini belgilovchi asosiy ilmiy ishlar qatorida yetuk o'zbek olimi akademik M. T. O'rozboyevning 1951- yilda e'lon qilingan „Osnovi mexaniki vesomoy deformatirovaniya gibkoy niti“ asari hamda Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti olimlari professorlar V. I. Budnikov, G. I. Boldinskiy, A. P. Sorkin va M. M. Shukurovlarning qator ishlari borligini alohida ta'kidlash joiz. Mazkur holat to'qimachilik va yengil sanoat yo'nalishlari va mutaxassisliklari bo'yicha kadrlar tayyorlash jarayonida ularda mustaqil O'zbekistonga muhabbat va Milliy g'oyamizga sadoqat tuyg'ularini kuchaytirishga xizmat qilishi shubhasizdir. Umuman o'rash nazariyasining rivojiga ko'pgina mamlatlarning juda ko'p olimlari imkon darajasida hissa qo'shgan bo'lib, ular qatorida A. P. Malishyev, A. I. Makarov, F. F. Svetik, A. F. Proshkov, E. A. Popov, V. A. Gordeyev, I. I. Migushov, Y. D. Yefremov, B. D. Yefremov, L. Simon, M. Xyubner va ularning shogirdlarini ko'rsatish mumkin. Biz matnni ularning asarlari bo'yicha bayon qilamiz.

Mazkur fanning maqsad va vazifalari to'qimachilik ashyolarini o'rashning nazariy asoslarini, o'rash mexanizmlarining tuzilishi va ularni loyihalashning asosiy tamoyillarini o'rganish hamda olingan nazariy bilimlar yordamida o'rash nazariyasi va o'rash mexanizmlarini loyihalash masalalarini amaliy hal qilish yo'llarini o'rganishdan iborat.

Ushbu darslik o'rash nazariyasi bo'yicha o'zbek tilidagi birinchi asar bo'lgani sababli unda, ayniqsa, atamalarga doir qator kamchiliklar mavjud bo'lishi tabiiy. Mualliflar kitobxonlar ushbu holatni hisobga oladilar deb umid qiladilar.

2. JOYLAMALARNI SHAKLLANTIRISHNING UMUMIY MASALALARI

2.1. Asosiy tushuncha va atamalar

To'qimachilik ashyolarini texnologik o'timlar orasida va tayyor mahsulot sifatida tashish, saqlash va ishlatish uchun o'rash yoki taxlash yo'li bilan hosil qilingan yig'inchoq holatni umumiy qilib *joylama* deb ataymiz.

Ipsimon ashyo o'raladigan narsalarni *ipbardorlar* deb ataymiz. Ipsimon ashyodan ipbardorga uzluksiz o'rash jarayonida hosil bo'ladigan jism *o'rash jismi* deb ataladi. O'rash jarayonida mo'ljallangan oxirgi o'lchamlarga yetgan o'rash jismini *joylama* deb ataymiz. Bu joylamaning ikkinchi ta'rifidir, odatda joylama uzunligi va diametri ip yo'g'onligidan bir necha tartibga katta bo'ladi.

To'qimachilik, yengil va kimyo sanoatlarida o'raladigan ashyolarga pilik, xom va pishitilgan ip, chilvir, kimyoviy iplar, kimyoviy tola va h.k. kiradi. Bu ashyolarning barchasiga cheksiz uzun va ingichka deb qaralishi mumkinligidan ularni o'rash jarayonlarida mutloq egiluvchan deb hisoblanishi kelib chiqadi. Bu faraz albatta ipning yo'g'onligi ipbardor yoki ip og'malanib o'tadigan qismlarning eng kichik diametrilaridan ko'plab marta kichikligida o'rinli bo'ladi.

Ip o'ralishida va chuvab olinishida chuvalashmasligi uchun u avval ipbardorga, keyin esa o'rash jismiga ma'lum qadam h yoki ko'tarilish burchagi β bilan spiral bo'yicha o'ralishi kerak. O'rash jismining chetlarida spiralning yo'nalishi teskarisiga aylanadi. Spirallarning ustma-ust joylanishi natijasida o'rash jismining diametri orta boradi. Bunda keyingi spirallarning o'ramlari tagidagi ip qatlamlarini zichlashtirib siqadi. Bu hodisa ingichka va silliq iplar qattiq tortib o'ralganda ayniqsa ravshan ko'rinadi. Mazkur o'rash jismini hosil qiluvchi spiral o'ramlar va joylamaning barcha fazoviy, fizik va mexanik ko'rsatkichlari birgalikda uning tuzilishini, ya'ni *strukturasi*ni belgilaydi.

Ipni o'rashda uni ipbardor yoki o'rash jismi bo'ylab harakatlantiradigan qurilma *ipyotqizgich* deyiladi. *Ipyotqizgich mexanizmi*ning asosiy qismi ipni yo'naltirib harakatlantiradigan ko'z, tirqish yoki qirqiqli *ipyetaklagich*dir. O'rash uchun ipbardor bilan birga o'rash jismiga aylanma harakat beruvchi qurilma *o'rash mexanizmi* deyiladi. O'rash jismini hosil qiluvchi ip spiral o'ramlari qadamining kattaligi va uning

o'zgarish xususiyatlari ipyetaklagichning ilgarilanma va o'rash jismining aylanma harakatlari qonuniyatlari bilan belgilanadi.

Ipyetaklagichning bir tomonga va teskari tomonga to'la harakatlarda hosil qilingan ikkita spiral o'ramlar *nimqavatlar* deyiladi. Agar ipyetaklagichning ikkala yo'nalishidagi harakati bir xil qonuniyat bilan bajarilsa, ikkala nimqavatlar bir-birlaridan faqat spiral yo'nalishi bilan farq qiladilar, xolos. Aks holda, ipyetaklagichning ikki yo'nalishdagi harakat qonuniyatlari turlicha bo'lsa, unda ikkala nimqavat spirallari yo'nalishlari bilan ham, ularning miqdoriy ko'rsatkichlari bilan ham farq qiladilar. U holda ularni *qavatak*, *qavatcha* deb ataymiz. Bunda yetaklagichning o'rash boshlanishidagi birinchi harakati yo'nalishini shartli ravishda musbat, unda hosil qilingan nimqavatni *qavatak* va teskari yo'nalishni manfiy, unda hosil qilingan nimqavatni *qavatcha* deb ataymiz. Ikkita ketma-ket o'ralgan nimqavatlar yoki qo'shni *qavatak* va *qavatcha* birgalikda *qavat* hosil qiladi.

Bir yoki ustma-ust o'ralgan ikki va undan ortiq qavatlar joylamada *qatlam* hosil qiladi. Qatlamdagi qavatlar soni birdan bir necha yuzgacha bo'lishi mumkin. Bir qavat o'raladigan vaqt o'raladigan *o'rash davrasi*, *o'rash* yoki *yotqizish mexanizmlarining davrasi*, bir qatlam hosil qilish vaqti yoki o'rash va yotqizish mexanizmlarining barcha bo'g'inlari boshlang'ich holatga qaytadigan vaqt oralig'i esa *o'rash davri* deyiladi.

Nimqavat, qavatak, qavatcha, qavat va qatlam qalinliklari ularning yuzalariga bo'lgan normal yo'nalishida o'lchanadi.

Ip spiral o'ramlarining fazoviy ko'rsatkichlari joylama xususiyatlarini belgilovchi eng muhim omillardandir. Bu fazoviy ko'rsatkichlarning eng muhimi, shubhasiz bir va qo'shni nimqavatlardagi o'ramlarning o'zaro joylashuvidir. Bu ko'rsatkichlarga qarab o'ralishni mavjud an'anaga ko'ra ikki turga — parallel va kesishuvli yoki butsimon o'ralishga ajratadilar. Bunda qo'shni nimqavatlardagi ip o'ramlari parallel bo'ladi yoki kesishadi degan g'oya yotganligi tabiiy.

Amalda esa ularning parallel holatga eng yaqin bo'lganlarida bir nimqavatdagi qo'shni spiral o'ramlari yonma-yon zich joylashishlari mumkin, lekin bunda ham ular joylama o'qiga nisbatan perpendikular joylashgan parallel tekisliklarda yotmaydi va qo'shni nimqavatlariga tegishli o'ramlar kattami, kichikmi muayyan burchak ostida kesishadi. Bu masalalar quyida 10.1- bandda mufassalroq ko'riladi.

Joylamalar xususiyatlarining eng muhimlaridan biri, albatta, ularning shaklidir. Hozirgi paytda sanoatda joylamalarning nihoyatda ko'p xil shakllari ishlatiladi. Zamonaviy o'rash mexanizmlari amalda har qanday xohlagan shaklli joylamalar o'rashga imkon beradi. Bunga asosan yetaklagich tezligini tegishli tarzda o'zgartirish yo'li bilan erishiladi. Bunda joylama o'ralish jarayonida o'z joriy (ishchi) tashqi shaklini saqlab qolishi yoki o'zgartirishi mumkin. Birinchi holda o'rash *sodda o'rash* va ikkinchi holda *murakkab o'rash* deb ataladi. Ko'rinadiki, o'rashning oddiy yoki murakkab bo'lishi joylamaning oxirgi tashqi shakliga bog'liq bo'lib, bunda joriy yoki ishchi tashqi shaklining ahamiyati yo'q. Joylama amalda bir jinsli jism deb hisoblanishi mumkin, lekin uning bir qator fizik xususiyatlari fazoviy yo'nalishlar bo'yicha farq qiladi, ya'ni u anizotrop jism. Masalan, joylamaning zichligi ham qalinlik bo'yicha, ya'ni radial yo'nalishda, ham uzunlik bo'yicha, ya'ni bo'ylama yo'nalishda o'zgaruvchidir. Joylamaning o'rtacha zichligi o'ralgan ip umumiy massasining uning hajmiga nisbatidir. Agar qatlam va joylamani balandliklari teng bir necha halqalarga bo'lsak, unda halqadagi ip massasining uning hajmiga nisbati, mos ravishda, qatlam va joylama zichligining uzunlik bo'yicha o'zgarishini ko'rsatadi. Shunga o'xshash joylamani bir-biridan teng uzoqlikdagi bir necha silindrik yuzalar bilan kessak va har bir havol silindrdagi ip massasining uning hajmiga nisbatidan mos ravishda joylama zichligining radial yo'nalishda o'zgarishini bilib olishimiz mumkin.

2.2. O'rash, qayta o'rash va qaytarma o'rash

To'qimachilik sanoatida *o'rash* jarayonlari bajarilayotgan muayyan texnologik o'timning bevosita uzviy qismi sifatida bo'lishi mumkin. Birinchi holatda o'rash yigirish, eshish, yigirish-eshish, piliklash kabi ip yoki ipsimon ashyo hosil qilish jarayonining yakunlovchi qismi sifatida mos mashinaning o'rash mexanizmi tomonidan bajariladi. Ikkinchi holatda ip keyingi texnologik o'timlarga (to'quv, trikotaj, eshish va hokazo) tayyorlash maqsadida boshqa shakl va o'lchamli joylamaga qayta o'raladi. Shuni ko'rsatish joizki, samarali *qayta o'rash* keyingi o'timlarda ipning va undan olinadigan mahsulotlarning sifat ko'rsatkichlari ancha ko'tarilishini ta'minlaydi. Qayta o'rashda ko'pincha kattaroq joylama va ba'zan keyingi texnologik jarayon mashinalarini ta'minlashga imkon beruvchi tuzilishli va shaklli joylama olinadi. Qayta

o'rashda quyidagi bir qancha masalalar hal qilinadi: imkon qadar uzunroq ip o'ralgan joylama olish; chuvishning maksimal tezligini ta'minlovchi tuzilish va shakldagi joylama olish; ipning notekisligini pasaytirish, ipning ingichka va yo'g'on joylarini yo'qotish; o'rashning doimiy zichligini ta'minlash; ba'zan ipga maxsus moddalar, masalan, mum surtish.

Qayta o'ralgan ipni yana qaytadan o'rash *qaytarma o'rash* deyiladi va ip sifatini yanada yaxshilash uchun oshirilgan taranglik bilan o'raladi.

2.3. To'qimachilik joylamalarining shakl va strukturalariga qo'yiladigan talablar

Tayyor joylamaning tashish, saqlash va texnologik ishlov berishda barqarorligi, mustahkamligi, o'ralgan ip uzunligi va massasining mumkin qadar katta bo'lishi, o'rashning ustivorligi va muvozanatvorligi, keyingi ishlov va qayta ishlovlarda ajraladigan chiqitlarning miqdori, xullas texnologik jarayonning qator texnik iqtisodiy-ko'rsatkichlari o'rashda hosil qilingan struktura va olingan joylama shakli bilan belgilanadi. Shunga binoan joylama shakli va tuzilishiga quyidagi yuqori talablar qo'yiladi.

1. Qo'shni nimqavat, qavatak va qavatchalardagi ip o'ramlari quruq holda ham, ho'l holda ham o'z-o'zidan tashqi ta'sirotlar natijasida yoki ishlov jarayonida sirg'alib tushmasliklari, chigalib qolmasliklari kerak. Buning uchun ular o'zaro yetarli mahkam bog'langan bo'lishlari va o'rash muvozanatvor bo'lishi kerak.

2. Joylama shakli va tuzilishi ishlov jarayonlarida ipning o'ramlari qo'shilishib chiqmay oson va yengil hamda yuqori tezliklarda chuvab olinishiga imkon berish kerak.

3. Joylama tuzilishi uning mumkin qadar zich bo'lishini ta'minlashi kerak.

4. Joylamaning shakli va tuzilishi undagi ip massasining miqdori texnologik jarayonlar yo'l qo'ygan darajada katta bo'lishi kerak.

5. O'rash shakli tayyor joylamalarni tashish va o'rash uchun qulay va bunda o'ramlarning sirg'alib chiqishlari va buzilib ketishlari mumkin qadar oz bo'lishi kerak.

6. Agar joylamaga keyin suyuqlik bilan ishlov beriladigan bo'lsa, o'rash strukturalari pardozi suyuqliklari bemalol shimilishlari va turli

qatlamlardagi ip o'ramlari tez va bir tekisda ishlov olishlariga imkon berishi kerak.

Yuqoridagi talablardan ko'rinadiki, joylamalar uchun hamma holatlardagi talablarga birday javob beradiga shakl va o'rash tuzilishini topish qiyin. Shuning uchun o'rashning shakl va tuzilishini tanlashda ip va tolalar ashyolarining fizik va mexanik xususiyatlari, keyingi ishlovlar texnologiyasi hamda o'rashda shakl va tuzilish hosil qilish usullari va ularning joylamaning turli ahamiyatli ko'rsatkichlariga ta'sirini yaxshi bilish zarur bo'ladi.

Eng maqbul o'rash shakli va tuzilishini faqat iplarni o'rash va chuvash jarayonlari bo'yicha nazariy tadqiqotlar va tajribaviy izlanishlar asosida ip va tolalar ashyolarining fizik va mexanik xususiyatlarini hisobga olgan holda belgilash mumkin.

2.4. To'qimachilik joylamalarining shakl barqarorligi va ipbardorlarning turlari

Hozirgi paytda to'qimachilikda ishlatiladigan to'qimachilik joylamalarining aksariyat qismi tayyorlangan vaqtdagi o'z shaklini ishlatilish jarayonida saqlab turadi. Bunday joylamalar qatorida naycha, g'altak kabi ipbardor joylamalar ham, turli to'pcha, koptok singari ipbardorsiz joylamalar ham bor. Bunday joylamalarni *shakltutar joylamalar* deb ataymiz. Boshqa bir qator joylamalar, masalan, turli kalavalar, pilta taxlamalari o'z shakllarini tutib tura olmaydi. Ularni saqlash va tashish uchun maxsus tos kabi biki yoki qop kabi egiluvchan idishlardan, ba'zan ishlov berishda ham tutib turuvchi moslamalardan, masalan, kalava uchun kalavacho'plardan foydalanishga to'g'ri keladi. Bunday joylamalarni *shakltutmas joylamalar* deb ataymiz.

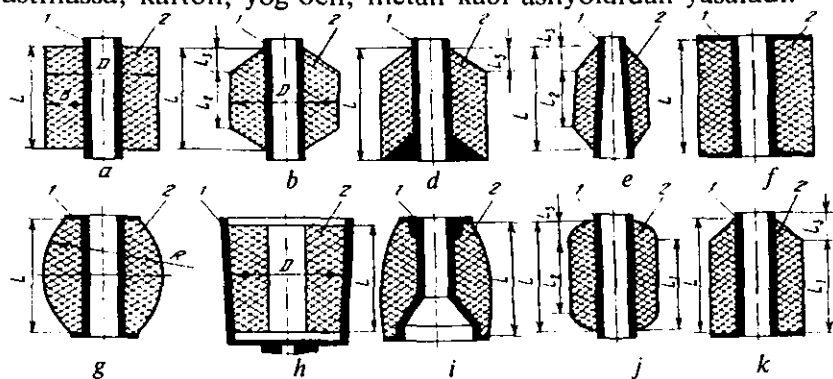
Shakltutar joylamalarning ko'pchilik qismi ipbardorga o'raladi va ularning shakl va bir qator xususiyatlari shu jihat bilan bog'liq. Shuning uchun endi ipbardorlarning asosiy turlari bilan tanishib chiqamiz. Ipbardorlarning tuzilishi jihatidan eng sodda xili, tutaklar bo'lib, ular, odatda, havol silindr (2.1-a, b, j rasm) yoki kesik konus (2.1-e rasm) ko'rinishida bo'ladi. Tutaklar eng ko'p qo'llanadigan ipbardorlar bo'lib, ularga umumiy tarzda gardishsiz g'altak — *g'altan* deb ataladigan xilma-xil joylamalar o'raladi. Bunday joylamalarni hunarmandlar bobina deb atashgan. Tutaklardagi joylamalarning asosiy xususiyatlari shuki, ularni hosil qilgan nimqavat va qavatlar ishqalanish kuchlari vositasida o'zaro kuchli bog'langan tuzilish hosil qiladi. Bu

holat esa ularning qo'llaniladigan shakltutar joylamalar ichida eng ustivor bo'lishlarini ta'minlaydi. Tutaklardagi joylamalarning bunday shaklustivor bo'lishlari ularning hozirgi paytda eng ko'p qo'llaniladigan bo'lishliklari sabablaridan biridir. Tutaklar plastmassadan, kartondan, yog'ochdan yasaladi. Shu o'rinda pilik o'raladigan ipbardorning odatdagiday g'altak emas, balki tutak deb atalishi mantiqan to'g'riroq bo'lishini ta'kidlab o'tish joiz.

Naychalar shaklan tutaklarga o'xshab keladi, lekin ular asosan to'quvchilik mokilarida ishlatishga mo'ljallanganliklari sababidan tuzilishlarida maxsus strukturali naycha so'tachasining zaxira va tago'ram qismlarini o'rash va ularni avtomatik almashtirishni amalga oshirishga yordam beradigan xususiyatlarga ega (16.1 rasm). Naychalar, asosan, yog'ochdan va plastmassadan tayyorlanadi. Naychalarga arqoq so'tachalari arqoq o'rash avtomatlarida yoki bevosita arqoq yigiruv mashinalarida o'raladi.

Ipbardorlarning keng qo'llaniladigan yana bir turi g'altaklar bo'lib ular, odatda, silindr shaklidagi tana qismidan va tananing ikki yoki bir tomonidagi ko'proq yassi, ba'zan konus shaklli gardish ko'rinishidagi flanetsdan iborat bo'ladi (2.1-d; 2.1-f; 2.1-g; 2.1-k rasmlar). Maxsus hollarda murakkab shaklli (2.1-i rasm) va silindrik joylama ichidan o'raladigan kesik konus shakldagi kosacha (2.1-h rasm) ipbardorlar ham qo'llaniladi.

G'altaklar tutaklardagiga qaraganda shaklustivorligi pastroq joylamalarni o'rashda ishlatiladi, chunki flanetslar joylama shaklini barqaror saqlashga yordam beradi. G'altaklar ham tutaklar singari plastmassa, karton, yog'och, metall kabi ashyolardan yasaladi.



2.1 rasm. Ipbardorlar va joylamalar shakllari.

2.5. To'qimachilik joylamalarini harakatlantirish va ipni chuvab olish usullari

Joylamaga ip o'rashda uni ikki xil usulda harakatlantirish mumkin:

1. Ipbardorning o'qi orqali harakatlantirish.
2. Joylamaning silindrik yoki konus sirti orqali—urinmaviy harakatlantirish.

2.5.1. O'q orqali harakatlantirish

Bu holda joylama ipbardor o'qiga mashinaning yuritmasidan sirpanuvchi bo'g'insiz uzatma orqali aylanma harakat berish bilan amalga oshiriladi. Ip yuritkich ham xuddi shu yuritmadan sirpanuvchi bo'g'insiz uzatma orqali harakat oladi. Mazkur holat, ya'ni ipbardor va ipyuritgich orasida o'zgarmas kinematik aloqa mavjudligi joylamaning aylanma va ipyetaklagichning borib-kelish harakatlari, tezliklari nisbati butun o'rash jarayoni davomi o'zgarmas bo'lishini ta'minlaydi. Bu esa joylamaning har bir nimqavatida bir xil sondagi ip o'ramlari va ularning kesishuv nuqtalari bo'lishini hamda o'ram spirallari ko'tarilish burchaklarining o'rash diametri ortishi bilan kamayib borishini ta'minlaydi. Bu holat o'z navbatida joylamaning deyarli o'zgarmas zichlik bilan o'ralishini ta'minlaydi. Bunday o'rashni aniq tuzilishli o'ralish — *pretsizion o'ralish* deb ataymiz. Pretsizion o'ralish joylamalar ko'proq ho'l ishlov beriladigan bo'lganda ishlatiladi. Bu usulda joylama diametri ortishi bilan o'rash tezligi ham ortadi. Shuning uchun zaruriy hollarda o'rash tezligi doimiylikini saqlash uchun yuritma tezligi ravon sozlanadi. Bunda yuritma tezligi o'rash diametri ortishiga mos ravishda ravon pasaytirib boriladi.

2.5.2. Urinmaviy harakatlantirish

Bu holda ipbardor yoki undagi joylama harakatlantiruvchi tayanch barabanchaga kuch bilan bosilib turadi. Ularning tegishuvchi yuzalari orasida hosil bo'ladigan ishqalanish kuchi ta'sirida joylama aylanma harakatga keladi. Bunday harakatlantirishda harakatlanuvchi barabancha aylanish va chiziqliy tezliklari doimiy va unga deyarli teng bo'lgan o'rash tezligi ham amalda o'zgarmaydi. Bunday o'rashda o'ram spirallarining ko'tarilish burchaklari joylama diametri ortishi bilan o'zgarmaydi. Joylama uzunligi bo'ylab ip o'ramlari soni va ularning kesishuv nuqtalari soni diametr ortishi bilan kamaya boradi. Bu holat

joylama tashqi qavatlari zichligi kamayib borishiga olib keladi. Urinmaviy harakatlantirishda harakatlantiruvchi barabancha va ipyetaklagich orasidagi kinematik aloqa o'zgarmas bo'lgani holda joylama va ipyetaklagich orasidagi kinematik aloqa o'zgaruvchan bo'ladi.

Joylama aylanish tezligi diametr ortishi bilan kamayib boradi. Bunday ipbardor va ipyetaklagich orasida o'zgarmas kinematik aloqa bo'lmaganidagi o'rashda joylama muayyan tarzda o'zgarib turuvchi tuzilishga ega bo'ladi. Bunday o'rashni *oddiy o'rash*, unda hosil bo'ladigan tuzilishni *oddiy o'ralish* deymiz.

2.5.3. Joylamalardan ip chuvab olish usullari

Joylama keyingi texnologik o'timlarda ishlanganda undan ipni chuvab olish sharoitlari ahamiyatga ega. Ip joylamadan ikki xil usulda: urinmaviy yo'nalishda va o'q yo'nalishida chuvab olinishi mumkin bo'lib, har ikki usul ham o'z afzallik va kamchiliklari, ko'proq qo'llanish sohalariga ega.

Urinmaviy yo'nalishda chuvash, asosan, kichikroq g'altaklardagi joylamalar uchun qo'llaniladi. Buning sabablari shulardan iboratki, g'altaklarga ko'proq ingichka va nozik iplar, masalan, tabiiy ipak o'raladi. Bu usulning afzalliklari—nozik iplar g'altaklarda yaxshi saqlanadi va chuvash vaqtida ip eshimi o'zgarmaydi va oson ishlanadi. Bu usulning kamchiligi avvalo chuvashda joylamali g'altakni aylantirishga to'g'ri kelishidir. Bunda g'altak uchun maxsus o'q va tayanchlar zarur bo'ladi. Chuvash boshlanishida g'altakni aylantirib olish uchun ip taranglashadi, chuvash to'xtaganida g'altakni ham to'xtatish zarurati tug'iladi. Bular hammasi urinmaviy chuvash tezligi cheklanishiga olib keladi.

O'q yo'nalishida chuvash ko'proq tutak va naychalardagi joylamalar uchun qo'llaniladi.

Usulning asosiy afzalligi joylama va ipbardorni aylantirishning zarur emasligidir va shuning uchun chuvash tezligi 30 m/s va undan yuqori bo'lishi mumkin va faqat ipning pishiqligi bilan chegaralanadi. Bu usulda chuvaladigan ip eshimi chuvab olingan ip o'ramlari soniga mos ravishda ortadi yoki kamayadi va bu eshimsiz va eshimi past iplarda ahamiyatli bo'lishi mumkin. Ba'zi hollarda, g'altakdagi joylama tuzilishi imkon berganda, o'q yo'nalishida chuvash usuli ishlatiladi, lekin

bu holda ipning g'altak flanelariga ishqalanishi sodir bo'ladi va chuvash tezligi yana chegaralanadi.

2.6. To'qimachilik joylamalarining shakl turlari

Joylamaning shakli deganimizda uning tashqi ko'rinishini tushunamiz. Biz ish ko'radigan to'qimachilik joylamalari, odatda, aylanish jismi yuzasi ko'rinishiga ega. Bu shakllar to'g'ri yumaloq silindr, kesilgan to'g'ri yumaloq konus, sfera kabi shakllar va ularning turli tarkibda birlashuvlaridan hosil bo'ladi. Joylama hosil qilish amaliyotida kam qo'llaniladigan bir necha maxsus hollardan tashqari silindr va konus shakllarining faqat yumaloq xillari ishlatilishi sababli bundan keyin yumaloq so'zi qo'shilmaganda ham yumaloq shakllarni ko'zda tutamiz.

Silindrik tutaklarga o'raladigan joylamalar:

— silindrik bobina (2.1- *a* va 2.2-*a* rasmlar); ip oddiy o'ralishda o'raladi.

— yapaloq silindrik bobina, oddiy silindrik bobinadan diametriga nisbatan balandligi ancha kichikligi bilan farqlanadi (2.2-*b* rasm); ip oddiy o'ralishda o'raladi.

— qo'shkonusli silindrik bobina, bunda ip oddiy o'ralishda (2.3-*b* rasm), pilik esa pretsizion o'ralishda o'raladi (2.1-*b* rasm).

— uchlari yumaloqlangan oddiy o'ralishli silindrik bobina (2.1-*j* rasm) va kichik hajmli pretsizion o'ralishli g'umbak shaklidagi bobina (2.3-*b* rasm).

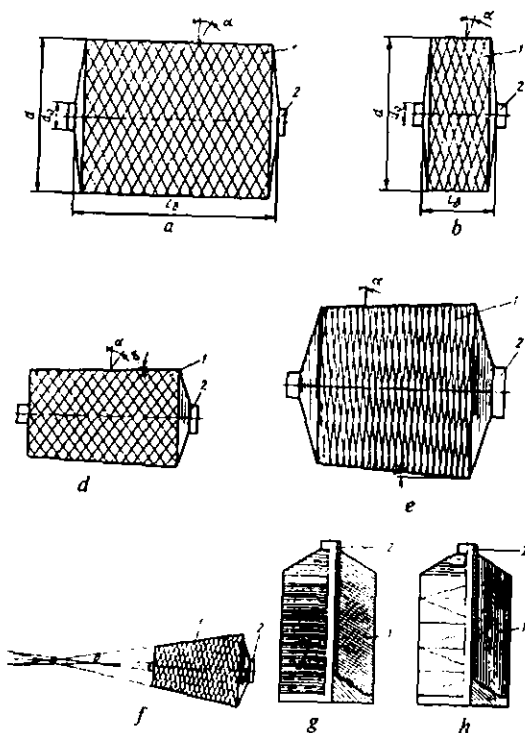
Konus tutaklarga o'raladigan joylamalar:

— oddiy konus bobina (2.2, *d* rasm).

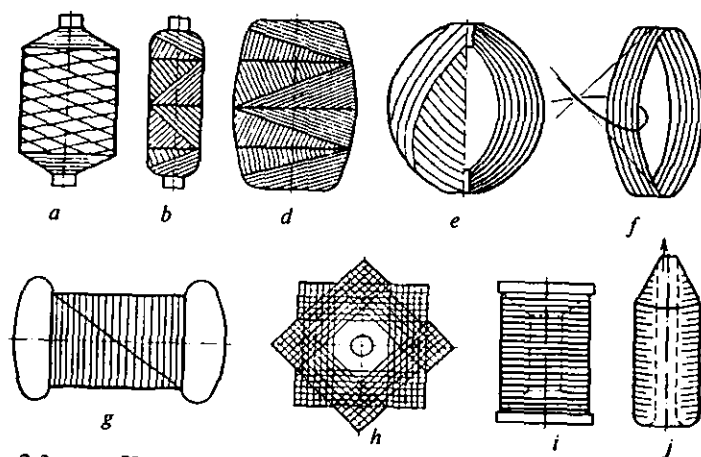
— uchkonusli bobina yoki bikonik konus bobina yoki Pineapple yoki ananas bobina (2.1-*e*, 2.2- *e* rasmlar).

— o'zgaruvchan konusli bobina, yoki variokonus bobina, yoki superkonus bobina (2.2-*f* rasm).

Arqoq o'rash avtomatlarida naychalarga va yigiruv mashinalarida o'ralgan tanasi kichik va uchi katta konuslikka ega, teng tomonli yumaloqlangan uyadan iborat murakkab shaklli joylamalar *so'tacha* deb ataladi. (16.1- rasm).



2.2 rasm. Babinalarning turlari.



2.3 rasm. Kam qo'llaniladigan va maxsus joylama shakllari.

G'altaklarga o'raladigan joylamalar:

G'altak joylamalari ba'zan ipbardor nomi bilan g'altak, ba'zan bobina ham deb ataladi. Ularning shakllari:

— oddiy silindr g'altak, ikki yassi flanetsli g'altakka o'raladi (2.1- *f* rasm).

— sferoid g'altak yoki g'unda, ikki yassi flanetsli g'altakka o'raladi (2.1- *g* rasm).

— bir konusli silindr g'altak, bir yassi flanetsli g'altakka o'raladi (2.1- *k* rasm).

— ichki-tashqi konusli silindrik g'altak, bir konus flanetsli g'altakka o'q yo'nalishida (2.1-*d*, 2.2-*h* rasmlar) yoki konus yasovchilari yo'nalishida (2.2- *g* rasm) o'raladi.

— ikki ichki konusli g'altak, ikki konus flanetsli yog'och g'altakka o'raladi (2.3- *i* rasm).

— murakkab shaklli g'altak — murakkab shaklli g'altakka o'raladi. (2.1- *i* rasm)

Karton yoki plastmassa ipbardorga turlicha o'ralgan va qo'l ishlari uchun ishlatiladigan kalta ipli joylamali o'ralma (motok) (2.3-*g*, 2.3-*h* rasmlar).

Ipbardorsiz shakltutar joylamalar

Bu joylamalar bevosita urchuqqa o'ralib keyin undan yechib olinadi yoki aylanuvchi kosacha ichidan markazdan qochma kuch yordamida o'rab olinadi.

— to'pcha (motok), (2.3-*d* rasm);

— koptok (klubok), (2.3- *e* rasm);

— nayso'ta (trubchatiy pochatok) (2.3- *j* rasm);

— nayto'pcha (kulich), (2.1- *h* rasm).

Oxirgi ikki tur joylama nisbatan yo'g'on va ishqalanish koeffitsiyenti katta jun, zig'ir, tola kabi ashyolarni yigirish va ishlatishda qo'llaniladi va ular ishlatilganda ichki tomondan chuvaladilar.

To'qimachilik joylamalari ichida yuzlab parallellashtirilgan iplarni katta g'altakka o'rab hosil qilingan to'quv tandasi va ohorlash g'altaklari alohida o'rin egallaydi.

Ipbardorsiz shakltutmas joylamalar

Kalava (motok), kalavacha (kufta), livit (pasma), bir xil ko'rinishda bo'lib, o'lcham va hajmlari bilan farq qiladi (2.3- f rasm).

2.7. O'rashda o'rash jismi va ipyetaklagich nisbiy harakatlarining turlari

Ipni o'rash jarayonida u o'rash jismiga tegadigan nuqta *o'rash nuqtasi* yoki *ipning yetish nuqtasi* deyiladi. Ipning yetish nuqtasi ipyetaklagichning o'rash jismiga nisbatan uning o'qi yo'nalishida harakatlanganda yoki o'rash jismi o'z o'qi yo'nalishida harakatlanganida o'rash jismi o'qi bo'ylab harakat qiladi. Umumiy holda ip yetish nuqtasining nisbiy o'q yo'nalishidagi tezligi:

$$v_{nis} = v_{is} \pm v_j, \quad (2.1)$$

bunda v_{is} — ipyetaklagichning o'rash jismi o'qi bo'ylab harakat tezligi.

v_j — o'rash jismining o'z o'qi bo'ylab harakat tezligi, ipyetaklagich va o'rash jismi harakatlari yo'nalishi to'g'ri kelganda ishora musbat, aks holda manfiy bo'ladi.

Aylanayotgan jismga ip o'rashning to'rt xil imkoniyati bor:

1. *Ipyetaklagich ko'zi* o'rash jismi aylanish o'qiga parallel ilgari-
lanma-qaytma harakat qiladi. O'rash jismi faqat aylanma harakat qiladi
 $v_j = 0$.

Bu holda ip yetish nuqtasining o'rash jismi o'qi atrofidagi aylanish burchagi φ_1 bo'ladi.

$$\varphi_1 = \varphi, \quad (2.2)$$

bunda φ — o'rash jismining aylanish burchagi. Bunday holat o'rov, kalavalash, qayta o'rash, halqasiz yigiruv va halqasiz eshuv mashinalariga xos.

2. Ipyetaklagich ko'zi o'rash jismi o'qi bo'ylab ham ilgari-
lanma-qaytma, ham aylanma harakat qiladi. O'rash jismi faqat aylanma harakat qiladi. Ip yetish nuqtasining aylanish burchagi bu holda

$$\varphi_1 = \varphi_1 - \varphi_2, \quad (2.3)$$

bunda φ_2 — ipyetaklagich ko'zining o'rash jismi atrofida aylanish burchagi.

Bunday holat halqayigiruv va halqaeshuv mashinalarida urchuq to'sini — brusi harakatsiz va halqa taxtachasi harakatchan bo'lganida yuz beradi.

3. Ipyetaklagich ko'zi o'rash jismi o'qi bo'ylab ilgarilanma-qaytma $v_{is} \neq 0$ va shu o'q atrofida aylanma harakat qiladi. O'rash jismi ham aylanma, ham o'z o'qi bo'ylab chiziqli ilgarilanma-qaytma harakat qiladi. O'rash jismi ham aylanma, ham o'z o'qi bo'ylab chiziqli ilgarilanma-qaytma harakat qiladi ($v_{jis} \neq 0$). Bu holda ip yetish nuqtasining o'rash jismi atrofidagi aylanish burchagi (2.3) ifoda bo'yicha aniqlanadi. Ip yetish nuqtasining o'rash jismi yasovchisi bo'ylab harakati ip yetaklagich va o'rash jismi chiziqli harakatlari-ning (2.3) bo'yicha vektoriy yig'indisi sifatida topiladi. Bunday harakat ham urchuq to'sini ham halqa taxtachasi harakatchan bo'lgan halqayigiruv va halqaeshuv mashinalarida qo'llaniladi.

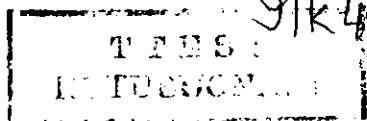
4. Ipyetaklagich ko'zi faqat aylanadi ($v_{jis} \neq 0$), o'rash jismi o'z o'qiga nisbatan ham aylanma, ham ilgarilanma-qaytma harakat qiladi. Bu holda ip yetish nuqtasining aylanish burchagi (2.3) ifoda bo'yicha aniqlanadi. Yetish nuqtasining joylama o'qi bo'ylab harakati o'rash yuzasi silindrik bo'lganda to'g'ri chiziqli va konussimon bo'lganida ikkinchi tartibli parabola qonuniyatlari bo'yicha amalga oshishi kerakligi aniqlangan. Bunday harakatlar pilik mashinalarida qo'llaniladi.

2.8. Joylama shakllantirish usullari

Joylamaning berilgan shakli ko'pincha bir necha usul bilan olinishi mumkin. Bu usullardan eng sodda tuzilishli mexanizmida amalga oshiriladigani eng yaxshisi deb hisoblanadi. Turli shaklli joylamalar hosil qilishda ipyetaklagich harakat qulochining o'rov davrida o'zgarish xususiyatlari 2.4- rasmda keltirilgan. Rasmda keltirilgan harakat qulochining 9 xil o'zgarish imkoniyati shu harakat tezliklarining o'zgarish xususiyatlari bilan birgalikda joylama shakllantirishning 12 xil usulini belgilaydi.

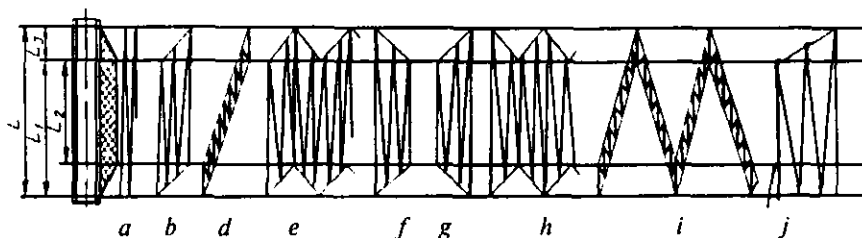
Mazkur usullarni ularning qo'llanilishlariga doir misollar bilan ko'rib chiqamiz.

Birinchi usulda ipyetaklagich harakat qulochining kattaligi L doimiy, harakat qulochining fazoviy joylashuvi, ya'ni boshlanish va



tugash nuqtalari o'zgarmas, harakat tezligi har ikkala tomonga harakatda doimiy (2.4- *a* rasm). Silindrik g'altaklar (2.1-*a*, 2.2-*a*, 2.2-*b*, 2.1-*j* rasm) va nayto'pcha (2.1-*h* rasm) o'rashda qo'llaniladi.

Shu usul ya'ni ipyetaklagich harakat qulochi L ning kattaligi doimiy, uning fazoviy joylashuvi o'zgarmas (2.4-*a* rasm), lekin harakat tezligi bir yoki ikkala tomonga harakatda o'zgaruvchan bo'lganda egarsimon bobina yoki aksincha, sferoid (2.1-*g* rasm) o'rashda qo'llaniladi.



2.4 rasm. Konusli joylamalar olish usullari.

Ikkinchi usulda ipyetaklagich harakat qulochi L_1 ning kattaligi doimiy, lekin uning fazoviy joylashuvi joylamani o'rash vaqti davomida bir tekisda bor tomonga L_3 kattalikka siljiydi (2.4-*b* rasm). Bu usul qo'sh konusli silindrik bobina (2.1-*b* rasm), ichki-tashqi konusli silindr g'altak (2.1-*d* rasm) va boshqa murakkab joylamalarni o'rashda ishlatiladi.

Uchinchi usulda ipyetaklagich harakat qulochi L_3 ning kattaligi doimiy, uning fazoviy joylashuvi o'zgaruvchan va joylamani o'rash vaqti davomida bir tomonga bir tekisda L_1 kattalikka siljiydi (2.4-*d* rasm). Bu usulda qo'sh konusli silindr bobina (2.1-*b* rasm), ichki-tashqi konusli g'altak (2.2-*g* rasm) va boshqa turli murakkab joylamalar o'raladi.

To'rtinchi usulda ipyetaklagich harakat qulochi L_1 kattaligi doimiy, uning fazoviy joylashuvi o'zgaruvchan va davriy ravishda ikki tomonga L_3 kattalikka siljiydi (2.4-*e* rasm). Bu usulda qo'shkonusli silindr bobina (2.1-*b* rasm), uchkonusli g'altak (2.1-*e*, 2.2-*e* rasm) va murakkab joylamalar o'raladi.

Beshinchi usulda ipyetaklagich harakat qulochi L o'rash davri ichida bir tekisda L_2 gacha ikki tomondan qisqaradi (2.4-*f* rasm). Bu usulda qo'shkonusli silindr bobina (2.1-*b* rasm), uchkonusli bobina (2.2-*e* rasm) va murakkab shaklli joylamalar o'raladi.

Oltinchi usulda ipyetaklagich harakat qulochi o'rash davri ichida bir tekisda ikki tomondan L_2 dan L gacha uzayadi (2.4-*g* rasm). Bu usulda qo'sh konusli silindr bobina (2.1-*b* rasm), uchkonusli bobina (2.2-*e* rasm) va murakkab joylamalar o'raladi.

Etтинchi usulda ipyetaklagich harakat qulochi o'rash davri ichida ikki tomondan davriy tarzda bir tekisda L dan L_2 gacha va L_2 dan L gacha qisqarib uzayadi va (2.4-*h* rasm). Bu usulda qo'shkonusli silindr bobina (2.1-*b* rasm), uchkonusli bobina (2.2-*e* rasm) va turli murakkab joylamalar o'raladi.

Sakkizinchi usulda ipyetaklagich harakat qulochi L_3 o'zgarmaydi va uning fazoda joylashuvchi o'rash davri ichida ikki tomonga davriy tarzda L_1 kattalikka siljiydi (2.4-*i* rasm). Bu usulda qo'shkonusli silindr bobina (2.1-*b* rasm) va boshqa murakkab joylamalar o'raladi.

To'qqizinchi usulda ipyetaklagich harakat qulochi L_1 o'rash davri davomida bir tekisda L gacha uzayadi (2.4-*j* rasm). Bu usulda bir konusli silindr g'altak (2.1-*k* rasm) va murakkab joylamalar o'raladi.

O'ninchi usulda ipyetaklagich ko'zi faqat o'zgarmas tezlik bilan aylanma harakat qiladi. Joylama harakati murakkab bo'lib, har bir nimqavat o'ralish davrida joylamaning chiziqli va aylanma harakat tezliklari va chiziqli harakat qulochi muayyan o'zgarmas kattalikda bo'lib, keyingi nimqavat o'ralishida chiziqli harakat yo'nalishi almashtirinishi bilan birgalikda sakrab, ma'lum kattalikka kamayadi. Bu usulda piliq qo'shkonusli bobina qilib o'raladi (2.1-*b* rasm).

O'n birinchi usulda ipyetaklagich ancha murakkab harakat bajaradi. O'rash boshlanishidagi davrlar davomida:

- harakat qulochi asta N_{K_1} dan N_{r_n} gacha uzayadi;
- harakat qulochi har davrda Δ_l kattalikka siljiydi;
- harakat qulochining siljish kattaligi Δ_l dan Δ_n gacha kichrayadi.

O'rashning asosiy davrida N_{r_n} va Δ_n ko'rsatkichlari o'zgarmay qoladi. Ipyetaklagichning harakat tezligi har bir qavatga va qavatak o'ralishida, odatda, o'zaro teng bo'lmagan kattalikda bo'lib, kvadrat parabola qonuni bo'yicha o'zgaradi. Bu usulda halqa yigiruv, halqa eshuv so'tachalari o'raladi. (16.1- rasm).

O'n ikkinchi usulda yuzlab ipyetaklagich ko'zlari harakatsiz bo'ladi va ulardan o'tgan iplar parallellangan holatda katta g'altakka o'raladi. Bu usul to'quv tandasi olishda, ohorlashda, umuman o'rish ipini to'quvchilikka tayyorlashda ishlatiladi.

2.9. O'rashning fizik-mexanik ko'rsatkichlari

O'rashning asosiy fizik-mexanik ko'rsatkichlari quyidagilardan iborat:

O'rash massasi. Joylamaga o'ralgan ipning massasi bo'lib, joylama va ipbardor massalari ayirmasi sifatida topilishi mumkin. O'lchov birligi: kg, g.

O'rash jismi hajmi. Joylamaga o'ralgan ip egallangan hajmga teng bo'lib, o'rash jismi shakliga muvofiq topiladi. O'lchov birligi: m^3 , sm^3 .

O'rash zichligi. O'rash massasining o'rash jismi hajmiga nisbati sifatida topiladi. O'rash zichligi o'ralgan ashyo turi, o'rash usuli va o'rash jismi kuchlanganlik holatiga bog'liq. O'lchov birligi: kg/m^3 , g/sm^{-3} .

O'rash jismi qayishqoqlik xususiyatlari, ularga qattqlik, qayishqoqlik moduli kabi ko'rsatkichlar kirib, ular xomashyo turi, o'rash usuli va o'rash jismi kuchlanganlik holatiga bog'liq. O'lchov birliklari: qattqlik—Shor bo'yicha, qayishqoqlik moduli — mPa.

2.10. Ip yotqizish mexanizmlarining turlari

O'rash mexanizmlari to'qimachilik mashinalarining muhim qismlaridan bo'lib, ipni joylamaning bo'yi bo'ylab ma'lum qonuniyat bo'yicha taqsimlab o'rashga xizmat qiladi.

O'rash jismining zarur shaklini va tuzilishini hosil qilish uchun ipni o'rashda ikkita birga ishlaydigan mexanizm kerak bo'ladi:

1. O'rash jismiga aylanma harakat beruvchi mexanizm. Uni *o'rash mexanizmi* deb ataydilar.

2. Ipyetaklagichga ba'zan o'rash jismiga uning aylanish o'qi bo'ylab ilgariylanma-qaytma harakat beruvchi mexanizm. O'rash jarayonining xususiyatlariga ko'ra, bu mexanizm o'rash mexanizmi tarkibida hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Ipyetaklagichni harakatlantirish mexanizmi ipni yotqizish mexanizmi yoki qisqacha *yotqizish mexanizmi* deb ataladi.

Shunday qilib, „o‘rash mexanizmi“ atamasi ikki ma’noga ega: tor ma’noda — o‘rash jismini aylantirish qurilmasi, keng ma’noda — ham o‘rash jismi, ham ipyetaklagichni harakatlantiruvchi qurilmalarni birlashtirgan mexanizm.

2.10.1. Ip yotqizish mexanizmlarining tasnifi

Ipyotqizish mexanizmlarini tasniflashning bir qancha turlari bo‘lib, ulardan ikkitasini — konstruktiv belgilari bo‘yicha va hisoblash va loyihalashda qo‘llaniladigan usullar bo‘yicha tasniflashni ko‘rib chiqamiz.

Konstruktiv belgilarga ko‘ra yotqizish mexanizmlari quyidagicha tasniflanadi:

1. Ipyetaklagichni o‘rash jismi o‘qi bo‘ylab qo‘shimcha siljitish qurilmasiz bir mushtchali.

2. Ipyetaklagichni o‘rash jismi o‘qi bo‘ylab qo‘shimcha siljitish qurilmali bir mushtchali.

3. Ipyetaklagichni o‘rash jismi o‘qi bo‘ylab qo‘shimcha siljitish qurilmasiz ikki mushtchali.

4. Ipyetaklagichni o‘rash jismi o‘qi bo‘ylab qo‘shimcha siljitish qurilmali ikki mushtchali.

5. Qirqma ariqchali yoki o‘rama ariqchali inersiyasiz.

6. Aylanma harakatli ipyetaklagichli inersiyasiz.

7. Mushtchasiz — zanjirli, tasmali va va h.k.

8. Porshenli va parrakli gidroyuritmali.

Hisoblash va loyihalash usullariga ko‘ra ip yotqizish mexanizmlari quyidagi beshta sinfga bo‘linadi:

1. Yassi mushtchali mexanizmlar.

2. Fazoviy (silindrik) mushtchali mexanizmlar.

3. Gidroyuritmali mexanizmlar.

4. Inersiyasiz mexanizmlar.

5. Mushtchasiz mexanizmlar.

2.10.2. Ip yotqizish mexanizmlariga qo‘yiladigan talablar

Yotqizish mexanizmining ishi ipning sifati, mehnat va jihoz unumdorligiga, chiqitlarning va nuqsonli ipning miqdori, keyingi

o'rovlash, saqlash, tashish va ishlov jarayonlarining samaradorligini belgilaydi. Shunga binoan ipyotqizish mexanizmlariga turli jihatlarda quyidagi talablar qo'yiladi.

1. Mexanizm tuzilishining sodda, texnologiyavor, sozlash va ishlatishda qulay va tejamli, o'lchamlari kichik va yengil bo'lishi.

2. Mexanizmning har qanday yotqizish tezligida ipyetaklagich harakatining belgilangan qonuniyat doirasida bo'lishini ta'minlash.

3. Mexanizm va uning barcha bo'g'inlarining yetarlicha mustahkam va bikr bo'lishi.

4. Motordan to ipyuritgichgacha harakatchan juftliklarda yig'indi kinematik tirqishlarning kichik bo'lishi.

5. Mexanizm tuzilishi ipyetaklagich harakati qulochi va uning holatini belgilangan oraliqlarda o'zgartirish imkoniyati bo'lishi.

6. Joylamalar bir vaqtda yechib olinadigan bo'lganida mexanizm boshlang'ich holatiga avtomatik tarzda yoki sodda va oson qaytarilish imkoniyati bo'lishi.

7. Mashinaga ip taxtlanishi va xususan iplarning yetaklagich ko'zlaridan o'tkazilishi tez va qulay bo'lishi.

8. Yuqori tezliklarda shovqin va titrashlarning sanitariya me'yorlari doirasida bo'lishi.

9. Barcha harakatli va xavfli joylar berkitilgan va avtomatik blokirovkali bo'lishi kerak.

2.10.3. Yotqizish mexanizmlari konstruksiyalari

Masalani o'rash va yotqizish mexanizmlarining eng soddalarini ko'rib chiqishdan boshlaymiz. 2.5-a rasmda eng sodda o'rash mexanizmi ko'rsatilgan. U elektromotor 1, shkivlar 2, 4, tasma 3, urchuq 5 va g'altak 6 dan iborat. G'altak n tezlikli aylanma harakatni n_2 aylanma tezlikli elektromotordan tasma 3 yordamida oladi. Yotqizish mexanizmi mushtcha 13 (rasmda ko'rsatilmagan), uning yuritmasi, o'qcha 12, ustuncha 11, halqa 7 va yugurdak xilidagi ipyetaklagich 10 ga ega. n_3 aylanma tezlikli mushtcha halqa 7 ni ma'lum qulochli ilgari lanma-qaytma harakatlantiradi.

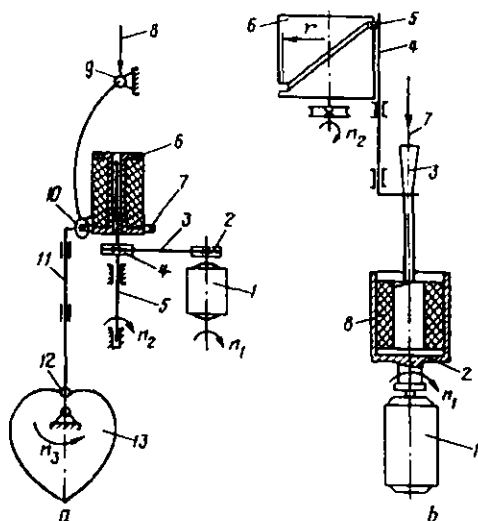
Ip 8 ipyo'naltirgich 9 va ipyetaklagich 10 ko'zlaridan o'tib, flaneltsli g'altak 6 ga o'raladi. O'ram qadami taxminan ipning yo'g'onligiga teng bo'ladi va qo'shni ip qavatlari o'ramlarining kesishuv burchagi kichik bo'ladi, ya'ni o'ralish yopiq kesishuvli jips bo'ladi.

2.5-*b* rasmda bir silindrlı mushtchali yotqizish mexanizmi ko'rsatilgan.

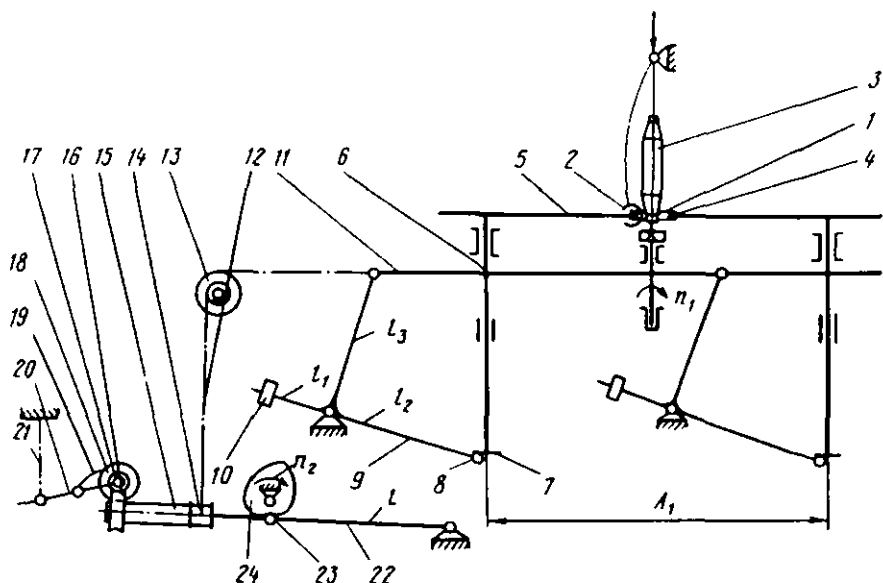
O'rash mexanizmi elektrurchuq 1 va silindrik kosacha 2 dan iborat. Yotqizish mexanizmidan silindr mushtcha 6 yuritmasi (ko'rsatilmagan) bilan, o'qcha 5, ustuncha 4, ipyetaklagich ko'zi 3 bor. Ip 7 ko'z 3 dan o'tib, aylanuvchi o'rash jismi 8 ga o'raladi. O'ram spirallarining ko'tarilish burchagi 8° gacha, ularning kesishuv burchaklari 16° gacha bo'ladi, bu o'ralishning ochiq (oraliqli) qiya kesishuvli bo'lishini ta'minlaydi.

2.5 rasm. O'rash va yotqizish mexanizmlari:

- a) halqaviy mashinalarda;
b) sentrifugal mashinalarda.



2.6- rasmda ip urchuqqa kiydirilgan tutak 1 ga mushtchali dastak mexanizmi yordamida yotqizilib o'raladi. Joylama uchlarida konus hosil qilishni dastak 22 ga o'rnatilgan va baraban 14, vtulka 15, chervyak g'ildiragi 16, chervyak 17, xrapovik 18, sobachka 19, dastak 20 va zanjir 21 dan iborat qo'shimcha qurilma amalga oshiradi. Dastak 22 har bir pasayganda sobachka xrapovik 18 ni va u bilan bir valga o'tqazilgan chervyak 17 ni ma'lum burchakka buraydi. Bu buralish chervyakli ilashma orqali yuzasiga zanjir yoki tasma 12 o'raladigan baraban 14 ga uzatiladi va bu halqa 4 ko'rinishidagi ipyetaklagichni davriy ravishda yuqoriga siljitadi. Ipyetaklagichning davriy siljishi zanjir 21 ning uzunligi va holati bilan belgilanadi. Joylama 3 o'rab bo'linganda ipyetaklagichni siljitish qurilmasi boshdagi holatga qaytariladi. Buning



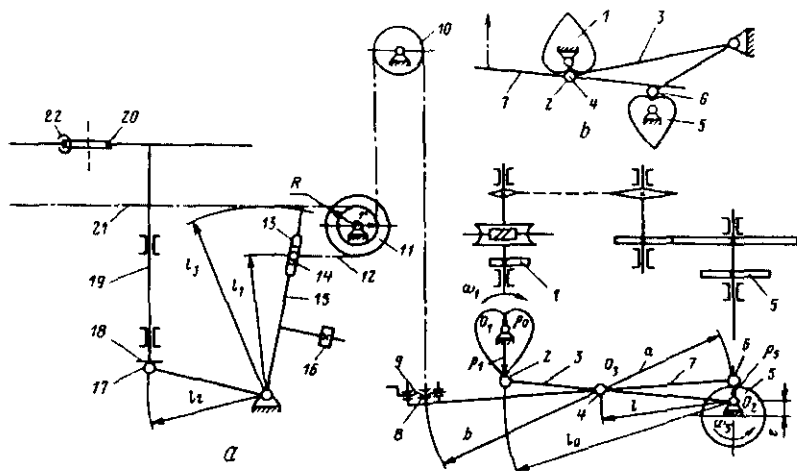
2.6- rasm. Halqayigiruv mashinasi yotqizish mexanizmi:

1—ipbardo (tutak, naycha); 2—ipyetaklagich (yugurdak); 3—joylama; 4—halqa; 5—halqa taxtachasi; 6—ustuncha; 7—boshmoq; 8, 23—o'qchalar; 9—ko'tarish dastasi; 10—muvozanat yuki; 11—tortqi; 12, 21—zanjirlar; 13—g'ildirak; 14—baraban; 15—vtulka; 16—chervyak g'ildiragi; 17—chervyak; 18—xrapovik; 19—sobachka; 20—dastak; 22—o'rov dastagi; 24—mushtcha.

uchun sobachka xrapovik 18 dan ajratib, chervyak 17 ni teskari tomonga baraban 14 dan o'ralgan zanjir 12 kesmasi yozib olinguncha aylantiriladi. Keyingi konstruksiyalarda vtulka 15 va baraban 14 orasiga mufta o'rnatilgan bo'lib, 4 chervyakni aylantirmay ipyetaklagichni boshdagi holatga qaytarishga imkon beradi.

2.7- rasmda silindr, konusli va murakkab shaklli joylama o'rashga imkon beradigan ikki mushtchali ipyotqizish mexanizmi ko'rsatilgan.

Mushtcha 1 ipyetaklagich 22 ga L_1 quloqli (2.4- rasimga qarang) ilgari lanma-qaytma harakat beradi. Mushtcha 5 esa ipyetaklagichni davriy yuqoriga-pastga L_3 kattalikka siljitadi. Mushtchalar o'zaro kinematik bog'langan. Dastak 7 ning o'qi 4 dastak 3 da o'rnatilgan. Mushtcha aylanmaganda ipyetaklagich mushtcha 1 dan faqat L_1 quloqli ilgari lanma-qaytma harakat oladi va joylama silindr bobina bo'lib o'raladi (2.4- rasm). Agar joylamani o'rash vaqtida mushtcha 5 ipyetaklagichni faqat yuqori tomonga siljitsa, qo'sh konusli silindr bobina shakllanadi



2.7- rasm. Ikki mushtchali ipyotqizish mexanizmlari:

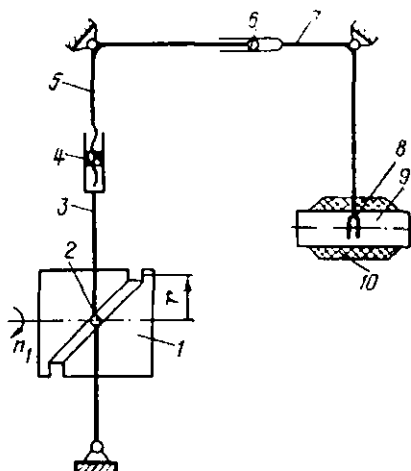
a) halqaeshuv mashinasi yotqizish mexanizmi; b) ikki mushtchadan dastakka harakat uzatish: 1—asosiy mushtcha; 2, 6, 17—o'qchalar, 3, 7—o'rov dastaklari; 4—o'q; 5—qo'shimcha mushtcha; 8—gayka; 9—bolt; 10—bir bosqichli g'ildirak; 11—ikki bosqichli g'ildirak; 12, 21—tortuvchi zanjirlar; 13—tebranma yo'naltirgich; 14—surilma; 15—halqa taxtachalari ustunchalarini ko'tarish dastagi; 16—muvozanat yuki; 18—boshmoq; 19—ustuncha; 20—halqa; 22—yugurdak.

(2.4-b, 2.4-d rasm). Agar shu vaqt ichida mushtcha 5 bir va undan ortiq marta aylansa, 2.4-e va 2.4-i rasmlardagi usul amalga oshadi. Ipyuritgich harakat qulochi surilma 14 ni tebranma yo'naltirgich 13 bo'ylab siljitib o'zgartiriladi. Ipyetaklagichni siljitish kattaligi esa gayka 8 ni surib o'zgartiriladi.

Ipkashlik bobinalash mashinasi yotqizish mexanizmi 2.4- rasm-dagi „f“, „g“ va „h“ usullar bo'yicha joylama o'rash imkoniyatini beradi (2.8- rasm).

Mushtcha 1 dastak 3 ni o'zgarman burchakka tebrantiradi. 10 joylamani o'rashda gayka 4 mushtcha 1 ga yaqinlashsa, ipyetaklagich 8 ning qulochi kamayadi, uzoqlashsa — ortadi (2.4- rasmdagi „f“ va „g“ usullar). Agar gaykani davriy yaqin-uzoqlashtirilsa, joylama „h“ usul bilan o'raladi.

2.9- rasmda 2.4- rasmdagi „e“ va „i“ usullar bo'yicha joylama o'rovchi ikkita silindrik mushtchali yotqizish mexanizmi keltirilgan.

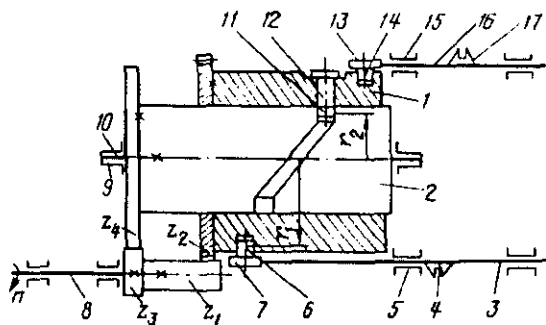


2.8- rasm. Ipkashlik bobinalash mashinasi yotqizish mexanizmi:

1—silindrik mushtcha; 2, 6—o'qchalar; 3, 5, 7—dastaklar; 4—surilma; 8—ipyetaklovchi ayri; 9—tutak; 10—joylama.

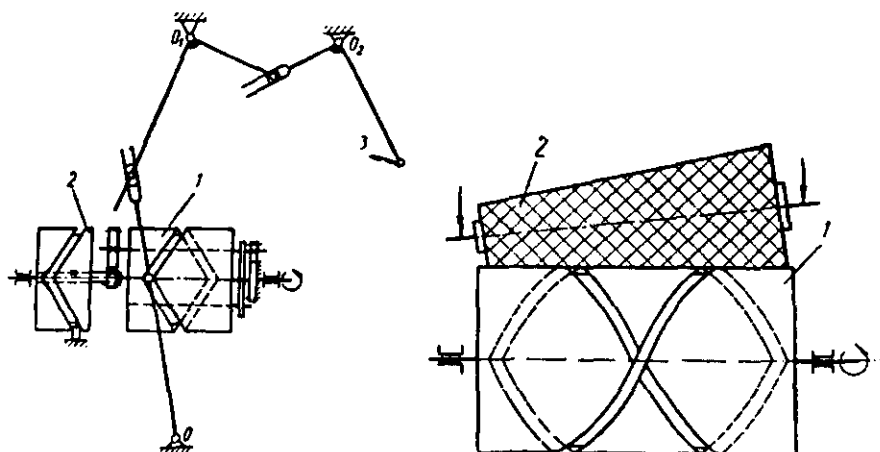
Mushtcha 1 sirpanuvchan o'tqazma bo'yicha mushtcha bilan birga o'rnatilgan. Ikkala mushtcha aylanishni bitta val 8 dan oladi, ammo aylanish sonlari har xil. Mushtcha 2 ning o'rama ariqchasiga mushtcha 1 ning tanasida mahkamlangan barmoq 12 kirib turadi. Mushtcha 1 ning o'rama ariqchasiga esa ipyetaklagichlar taxtachalari 7 va 13 larga mahkamlangan o'qcha-barmoqchalari 6 va 14 lari kirib turadi. Ipyetaklagichlar o'rnatilgan tayoq 3 va 16 lar taxtacha 7 va 13 ga mahkamlangan. Mushtchalar turli tezlikda aylanganlarida mushtcha 1 aylanma harakatdan tashqari aylanish o'qi bo'ylab mushtcha 2 ning eksentritsitetiga teng bo'lgan quloqli ilgarilanma-qaytma harakatga ega bo'ladi. Mushtcha 2 val 10 da mahkamlangan va tishg'ildirak Z_4 bilan birlashtirilgan. Mushtcha 1 o'z navbatida Z_2 tishg'ildirak bilan birlashtirilgan. Mushtchalar massasi kattaligi uchun ipyetaklagich tayoqlaridan olgan zarbiy yuklamalarini nafaqat mashinaning korpussiga, balki val 10 ning tayanchlariga ham o'tkazmaydi.

2.10- a rasmda ip spiralsimon tutash ariqcha devorlari yordamida yotqiziladigan inersiyasiz mexanizm ko'rsatilgan, 2.10- b rasmdagi mexanizm esa ip yotqizishni ariqchali o'rama bajaradi.



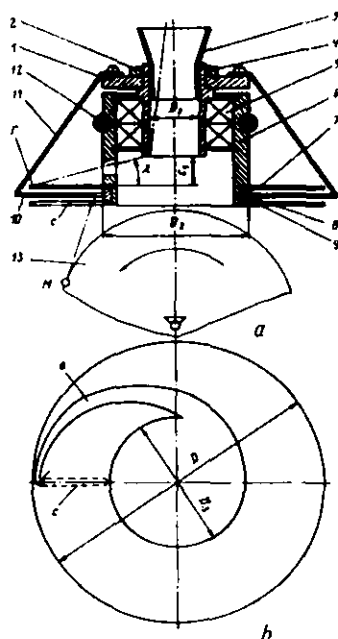
2.9- rasm. Qavatli eshuv mashinasi:

1, 2—silindrik mushtchalar; 3, 6—ipyetaklagich tayoqlari; 4, 17—ipyetaklagichlar;
5, 9, 15—tayanchlar; 6, 11, 14—o'qchalar; 7, 13—karetkalar; 8, 10—vallar;
12—barmoq; z_1, z_2, z_3, z_4 — tishg'ildiraklar; n — yetakchi val 8 ning aylanishlar soni;
 r_1, r_2 — 1 va 2 mushtchalarning kinematik radiuslari.



2.10- rasm. Inersiyasiz yotqizish mexanizmlari:

1—qirqimli barabancha yoki o'rama ariqchali silindr; 2—o'rash jismi.



2.11- rasmda. Doiraviy harakatli ipyetaklagichli inersiyasiz yotqizish mexanizmi.

a—sxemasi; b—ipyetaklagich.

2.11- rasmda prof. A.F.Proshkov ixtiro qilgan [4] doiraviy harakat qiladigan inersiyasiz ipyetaklagich mexanizmining tuzilishi keltirilgan. Mexanizm tarkibida harakatsiz naycha 2, uning uchlamasi 3, gayka 4, tayanchlar 5, aylanuvchi vtulka 6, ikkita ipetaklovchi gardishlar 7, 9, halqa 8, harakatsiz mushtcha 10, tig'chalar 11 va tana taxtachasi 1 bor. Vtulka 6 harakatsiz naycha 2 da o'tirgan tayanchlar 5 ning tashqi halqalariga mahkamlangan naycha 6 ning past tomoniga ipyetaklovchi gardishlar 7, 9 mahkamlangan va ular orasida mushtcha 10 joylashgan. Gardishlar 7, 9 ning markaziy teshiklari va ipyetaklagichning ochiq ko'zi K spiralsimon o'yiqlar a orqali tutashgan. Ikkinchi gardishdagi xuddi shunday o'yiqlar gardishning markaziy teshigini radial o'yiqlar s bilan tutashtirgan bo'lib, uning o'qida ko'z K ning o'qi joylashgan. Spiralsimon o'yiqlar a naycha 2 teshigi-

da harakatlanayotgan ipni ko'z K ga va radial o'yiqlar s ga avtomatik o'tkazishga mo'ljallangan. Radial o'yiqlar s aylanayotgan ipning ipyetaklagich ko'zi K ortidan yetib harakatlana olishi uchun xizmat qiladi. Vtulka 6 tasma 12 bilan harakatlantiriladi.

Ip naycha 2 o'q teshigi, ko'z K va radial o'yiqlar s dan o'tib mushtcha 10 ning ishchi yuzasi bilan og'ishib o'tib, friksion silindr 13 ga yetadi va g'altakka o'raladi. Vtulka 6 ning o'ng (yuqori) uchida g'ildirakcha ko'rinishidagi harakatlantiruvchi bo'g'in mahkamlangan bo'lib, u tasma vositasida harakatlantiriladi. Yuqori tezlikli mexanizmlarda vtulka 6 vazifasini elektrmotorning ichi bo'sh rotori bajarishi mumkin. Joylamaning shakli mushtchaning shakli va konstruktiv bajarilishiga bog'liq bo'ladi. Ko'rilgan mexanizm har qanday shakli joylama olish imkonini beradi.

Xulosa

Yuqorida ko'rib o'tilganlardan quyidagi qisqacha xulosani chiqarish mumkin.

Sanoatning turli sohalarida ip va ipsimon ashyolarni o'rash, qayta o'rash va qaytarma o'rash jarayonlari qo'llaniladi va ularda tashish va keyingi beriladigan ishlov texnologik jarayonlari talablariga javob beradigan shakl va strukturalariga ega bo'lgan joylamalar hosil qilinadi. Buning uchun turli konstruksiyadagi mexanizmlar ishlatiladi va ular tuzilishi va ishlash xususiyatlariga ko'ra tasniflanadi.

Nazorat savollari

1. O'rash, qayta o'rash va qaytarma o'rash jarayonlariga ta'rif bering.
2. To'qimachilik joylamalarining shakl va strukturalariga qo'yiladigan talablar qaysilar?
3. Ipbardorlarning turlarini sanab bering.
4. To'qimachilik joylamalarini harakatlantirish va ipni chuvab olish usullarini ko'rsating.
5. To'qimachilik joylamalarining qanday shakl turlari ishlatiladi?
6. O'rashda o'rash jismi ipyetaklagich nisbiy harakatlarining qanday turlari bor?
7. Joylama shakllantirish qanday usullar bilan amalga oshiriladi?
8. O'rashning fizik-mexanik ko'rsatkichlarini keltiring.
9. Ipyotqizish mexanizmlarining qanday turlarini bilasiz?
10. Ipyotqizish mexanizmlari qanday tasniflanadi?
11. Ipyotqizish mexanizmlariga qanday talablar qo'yiladi?
12. Yotqizish mexanizmlarining qanday konstruksiyalarini bilasiz?

3. O'RASHNING DIFFERENSIAL TENGLAMALARI

3.1. O'rash tenglamalari haqida

O'rash tenglamalari o'rash nuqtasining o'rash jismiga nisbatan harakati qonuni bilan belgilanadigan hamda o'rashning kinematik ko'rsatkichlari va uning geometrik va ba'zi fizik-mexanik ko'rsatkichlari orasidagi o'zaro aloqani ochib beradi.

O'rash nuqtasi yoki *yetish nuqtasi* bu har bir vaqt onida ipning o'rash jismiga tegish nuqtasidir. O'rash nuqtasi joylamaga nisbatan uning atrofida va o'rash jismi aylanish o'qi bo'ylab harakat qiladi. O'rash jismi aylanish o'qi atrofida aylanma harakat qiladi. Har bir onda o'rash jismi aylanishlar soni—sanamini o'zgarmas deb hisoblash mumkinligi tufayli o'ralayotgan jismning shakli o'rash nuqtasining joylama aylanish o'qi bo'ylab, aniqrog'i aylanish o'qiga parallel yo'nalishdagi harakat qonuni, ya'ni *ipyo'tqizgichning harakat qonuni* bilan belgilanadi.

Shunday qilib, o'rash tenglamalari o'rash jismiga nisbatan o'rash nuqtasining harakat qonunini belgilaydi.

O'rashning umumiy va xususiy tenglamalarining juda ko'p turlari taklif qilingan bo'lib, ularning eng ahamiyatli ikki asosiy guruhga bo'linadi.

1. Differensial hisob asosida chiqarilgan tenglamalar.
2. Vektoriy hisob asosida olingan tenglamalar.

Har ikkala xil tenglamalar ham o'z afzalliklariga, qo'llanishlari samaraliroq bo'lgan sohalarga ega. Shuning uchun ikkala xil o'rash tenglamalarini ham ko'rib chiqamiz. Bunda differensial turdagi tenglamalarni [1] va vektoriy turdagi tenglamalarni [3] talqinlar bo'yicha o'rganamiz va mualliflarga bo'lgan hurmat yuzasidan harfiy belgilanishlarni o'zgartirmaymiz.

3.2. O'rashning differensial ko'rinishdagi umumiy tenglamasi

Yuqorida 2.7- badda qabul qilingan tushuncha va belgilashga qo'shimcha qilib o'rash nuqtasi yoki yetish nuqtasi M ning joylama aylanish o'qi atrofida t vaqt ichida aylanish burchagini φ_t bilan belgilaymiz (3.1- rasm).

bunda α — o'rash jismi o'qi va yetish nuqtasi M da o'rash jismi yasovchisiga o'tkazilgan urinma orasidagi burchak;

β_1 — M nuqtada ip o'ramiga o'tkazilgan urinma va shu nuqtada o'tkazilgan transversal kesim tashqi chizig'iga o'tkazilgan urinma orasidagi burchak.

To'g'ri burchakli BKM, BKC va BCM uchburchaklardan ko'rinadiki:

$$\sin \beta_1 = \frac{\sin \beta}{\cos \alpha}, \quad (3.4.)$$

bu yerda β — ip o'ramiga M nuqtada o'tkazilgan τ urinma va o'rash jismi o'qiga perpendikular XOZ tekislik orasidagi burchak.

Shunday qilib, (3.3.) tenglama

$$y = \int_0^l v_1 \sin \beta dt \quad (3.5.)$$

ko'rishini oladi.

Burchak β ni aniqlash uchun fazoviy egrilanma-o'ramga o'tkazilgan urinma tenglamasi va o'rash jismi o'qiga tik o'tkazilgan tekislik tenglamasini bilish kerak.

M nuqtada o'ramga o'tkazilgan urinmaning koordinatli tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{X-x}{x'} = \frac{Y-y}{y'} = \frac{Z-z}{z'},$$

bunda x, y, z — urinma o'tkazilgan M nuqtaning koordinatalari;

X, Y, Z — urinma chizik nuqtalarining koordinatalari;

x', y', z' — urinish nuqtasi M koordinatalaridan umumlashtirilgan koordinata φ_1 bo'yicha hosila.

Koordinata boshidan o'tuvchi o'rash jismi o'qiga tik bo'lgan XOZ tekisligining tenglamasi

$$y = 0$$

bo'ladi.

Burchak β bunday ifodalanadi:

$$\sin \beta = \frac{y'}{\sqrt{(x')^2 + (y')^2 + (z')^2}}. \quad (3.6)$$

$\sin \beta$ ning qiymatini (3.5) ga ko'ysak,

$$dy = \frac{v_1 y' dt}{\sqrt{(x')^2 + (y')^2 + (z')^2}} \quad (3.7)$$

o'rashning differensial ko'rinishdagi tenglamasi hosil bo'ladi.

Olingan tenglamani differensiallasak, M nuqtaning o'rash jismi o'qi bo'ylab siljish tezligi topiladi:

$$v = \frac{dy}{dt} = \frac{v_1 y'}{\sqrt{(x')^2 + (y')^2 + (z')^2}}. \quad (3.8)$$

(3.7) va (3.8) formulalardan ko'rinadiki, M nuqtaning har qanday o'rash jismi o'qi bo'ylab harakatlanish qonuni va tezligini topish uchun harakatlanayotgan M nuqta koordinatalarining umumlashgan koordinatalar (φ_1 , tbx) bilan bog'lanishini aniqlash va bu koordinata bo'yicha hosilalar olish kerak. Bundan kelib chiqadiki, (3.8) formuladan umumlashgan koordinata bo'yicha hosila olsak, tezlanishlar uchun ifoda olishimiz mumkin.

3.3. Silindrik o'ralishda o'rashning differensial tenglamalari

Silindrik o'ralishda har nimqavat yumaloq silindrga yoki juda kichik konuslikka ega bo'lgan yumaloq konusga o'raladi. Bunda bitta nimqavat ichida o'ramlarning qadami o'zgarmas kattalikdir. Bundan har qanday nimqavat o'ralishida (3.2, 3.3-rasm) o'ramlarning tenglamasi parametrik shaklda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$x = r \cos \varphi_1; \quad y = \frac{h}{2\pi} \varphi_1;$$

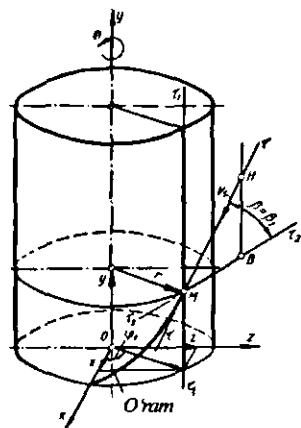
$$z = r \sin \varphi_1;$$

$$x' = -r \sin \varphi_1; \quad y' = \frac{h}{2\pi};$$

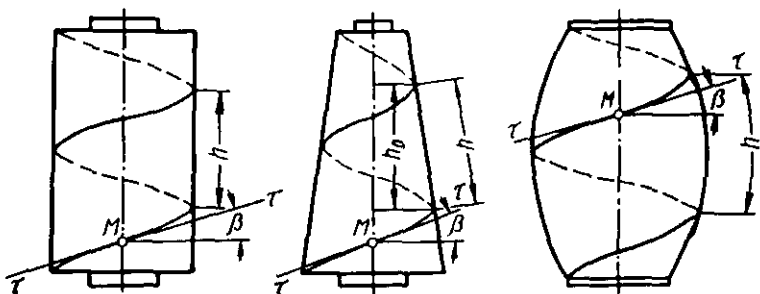
$$z' = r \cos \varphi_1;$$

$$h = \text{const}; \quad r = \text{const};$$

$$v_1 = \text{const}.$$



3.2- rasm. Silindrik o'ralish.



3.3- rasm. O'ramlarning qadami va ko'tarilish burchagi.

Olingan ifodalarni (3.7) va (3.8) ga qo'yib, silindrik o'ralishdagi har qanday nimqavat uchun xususiy o'rash tenglamalarini olamiz.

$$y = \frac{v_1 h t}{\sqrt{4\pi^2 r^2 + h^2}} = v_1 t \sin \beta, \quad (3.9)$$

$$v = \frac{v_1 h}{\sqrt{4\pi^2 r^2 + h^2}} = v_1 \sin \beta. \quad (3.10)$$

Shunday qilib, silindrik o'rashda yetish nuqtasi M joylama o'qi bo'ylab o'zgaras tezlik bilan harakatlanishi kerak.

Nimqavatdan nimqavatga o'tganda o'rash jismi diametri sakrab o'zgaradi, shunga ko'ra $h = \text{const}$ bo'lsa, M nuqtaning tezligi ham sakrab o'zgarishi kerak. Pilik mashinalarida xuddi mana shunday karetkalar tezligi har safar bu tezlik va o'rash radiusi orasidagi umumiy giperbolik bog'lanishga muvofiq sakrab o'zgaradi.

Boshqa ko'pchilik mashinalarda ipyetaklagich ko'zining tezligi o'zgaras qoladi. Bu holda nimqavatdan nimqavatga o'tganda o'ramlarning qadami sakrab o'zgaradi. O'ramlar qadamining o'rash diametri to'g'ri chiziqli bog'lanishi saqlanadi:

$$h = \pi D \tan \beta \quad \text{yoki} \quad h = \frac{\pi v D}{\sqrt{v_1^2 - v_2^2}}, \quad (3.11)$$

bu yerda D —o'rash diametri hamda

$$\tan \beta = \frac{v}{\sqrt{v_1^2 - v_2^2}} \quad (3.12)$$

o'ramning ko'tarilish burchagini boshqacha topish ham mumkin.

$$\sin \beta = \frac{h}{\sqrt{4\pi^2 r^2 + h^2}} = \frac{v}{v_1}. \quad (3.13)$$

O'rash tezligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$v_1^2 = 4\pi^2 r^2 n_1^2 + h^2 n_1^2,$$

bu yerdan bir minutda o'raladigan o'ramlar soni

$$n_1 = \frac{v_1}{\sqrt{4\pi^2 r^2 + h^2}}. \quad (3.14)$$

Olingan ifodadan ko'rinadiki, o'rash radiusi ortishi bilan vaqt birligida o'raladigan o'ramlar soni nimqavatdan nimqavatga o'tishda radiusga giperbolik bog'lanish saqlangan holda sakrab o'zgaradi.

3.4. Konussimon o'ralishda o'rashning differensial tenglamalari

Konussimon o'rashning asosiy xususiyati shuki, har bir nimqavat konussimon jismga doimiy

R , r_0 , va H o'lchamlar bilan o'ralib (3.4- rasm), o'rash radiusi nimqavat o'ralishi davomida R dan r_0 gacha, va aksincha, r_0 dan R gacha ravon o'zgaradi.

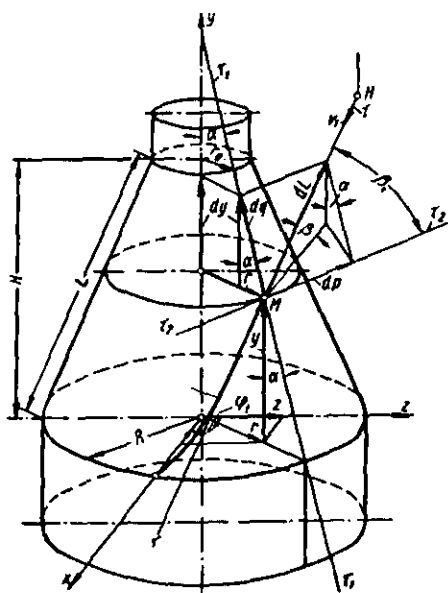
Konusning shakl saqlanishi uchun nimqavatda konus yasovchisi bo'ylab o'ramlar qadami o'zgarmas bo'lishi kerak.

Demak, konussimon o'ralishda

$$r = R = y \operatorname{tg} \alpha;$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R - r_0}{H} = \operatorname{const};$$

$$v = \operatorname{const}.$$



3.4- rasm. Konussimon o'ralish.

O'rash jismi o'qi bo'ylab o'ramlar qadami

$$h_0 = \text{const}$$

M tushish nuqtasining koordinatalari esa

$$x = r \cos \varphi_1 = (R - y \operatorname{tg} \alpha) \cos \varphi;$$

$$y = \frac{h_0}{2\pi} \varphi_1;$$

$$z = r \sin \varphi_1 = (R - y \cdot \operatorname{tg} \alpha) \sin \varphi$$

bo'ladi.

Olingan x, y, z funksiyalarni φ_1 bo'yicha differensiallaymiz:

$$x' = \frac{h_0 \operatorname{tg} \alpha}{2\pi} (\varphi_1 \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1) = R \sin \varphi_1;$$

$$y' = \frac{h_0}{2\pi};$$

$$z' = R \cos \varphi_1 - \frac{h_0 \operatorname{tg} \alpha}{2\pi} (\varphi_1 \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1).$$

Olingan hosilalarni (3.7) va (3.8) ga qo'ysak,

$$d_y = \frac{v_1 h_0 dt}{2\pi \sqrt{R^2 + \frac{h_0^2}{4\pi^2} - \frac{R h_0 \operatorname{tg} \alpha}{\pi} \varphi_1 + \frac{h_0^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{4\pi^2} (1 + \varphi_1^2)}}. \quad (3.15)$$

$y = \frac{h_0 \varphi_1}{2\pi}$ bo'lganligi uchun $\varphi_1 = \frac{2\pi}{h_0} y$ bo'ladi.

Endi φ_1 ning qiymatini (3.15) qo'yib va

$$1 + \operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

ekanligidan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\sqrt{4\pi^2 \cos^2 \alpha (R - y \operatorname{tg} \alpha)^2 + h_0^2} dy = v_1 h_0 \cos \alpha dt. \quad (3.16)$$

Bundan, o'rash tezligi:

$$v = \frac{dy}{dt} = \frac{v_1 h_0 \cos \alpha}{\sqrt{4\pi^2 \cos^2 \alpha (R - y \operatorname{tg} \alpha)^2 + h_0^2}}. \quad (3.17)$$

Endi (3.16)ning chap tomonini 0 dan Y gacha va o'ng tomonini 0 dan t gacha oraliqlarda integrallasak va t ga nisbatan yechsak, quyidagi natijaga esa bo'lamiz:

$$\begin{aligned}
 t = & \frac{y \operatorname{tg} \alpha - R}{2v_1 h_0 \sin \alpha} \sqrt{4\pi^2 \cos^2 \alpha (R - y \operatorname{tg} \alpha)^2 + h_0^2} - \\
 & - \frac{h_0}{4\pi v_1 \sin \alpha \cos \alpha} \ln [2\pi \cos \alpha (R - y \operatorname{tg} \alpha) + \\
 & + \sqrt{4\pi^2 \cos^2 \alpha (R - y \operatorname{tg} \alpha)^2 + h_0^2}] + \\
 & + \frac{R}{2v_1 h_0 \sin \alpha} \sqrt{4\pi^2 R^2 \cos^2 \alpha + h_0^2} + \\
 & + \frac{h_0}{4\pi v_1 \sin \alpha \cos \alpha} \ln [2\pi R \cos \alpha + \sqrt{4\pi^2 R^2 \cos^2 \alpha + h_0^2}].
 \end{aligned} \quad (3.18)$$

(3.18) tenglamani y ga nisbatan yechish ancha mushkul. Shuning uchun teskari yo'l tutish kerak bo'ladi, ya'ni t qiymatining φ bilan bog'lanishidan topish. Bu M nuqtaning o'rash jismi o'qi bo'ylab harakat qonuniyatini ifodalashga imkon beradi (bu yerda y 0 va H oralig'ida o'zgarishini esda tutish kerak).

Aniqlikka talab yuqori bo'lmaganida ildiz ostidagi kichik kattalik h_0^2 ni hisobdan chiqarib, (3.18) o'rniga (3.16) dan olish mumkin:

$$Ry - \frac{y^2}{2} \operatorname{tg} \alpha = \frac{v_1 h_0}{2\pi} t \quad \text{yoki} \quad Ry - \frac{y^2}{2} \operatorname{tg} \alpha = c\varphi_1.$$

Bu yerdan yetish nuqtasi M ning joylama o'qi bo'ylab harakat qonuni va tezligini topamiz.

$$y = \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha} - \sqrt{\frac{R^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha} - \frac{v_1 h_0 t}{\pi \operatorname{tg} \alpha}} \quad (3.19)$$

va

$$v = \frac{v_1 h_0}{2\pi(R - y \operatorname{tg} \alpha)} = \frac{v_1 h_0}{2\pi \operatorname{tg} \alpha \sqrt{\frac{R^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha} - \frac{v_1 h_0 t}{\pi \operatorname{tg} \alpha}}} \quad (3.20)$$

ko'nussimon o'rashda o'ram ko'tarilish burchagi β ning topilishi:

$$\sin \beta = \frac{h_0 \cos x}{\sqrt{4\pi^2 \cos^2 \alpha (R - y \operatorname{tg} \alpha)^2 + h_0^2}} \approx \frac{h_0}{2\pi(R - y \operatorname{tg} \alpha)}. \quad (3.21)$$

(3.20) va (3.21) ifodalarning tahlili shuni ko'rsatadiki y ortishi bilan tezlik v va burchak β kattalashadi:

$$y = 0 \quad \text{da} \quad v_{\min} \approx \frac{V_1 h_0}{2\pi R}, \quad (3.22)$$

$$\sin \beta_{\min} \approx \frac{h_0}{2\pi R}, \quad (3.23)$$

$$y = H \quad \text{da} \quad v_{\max} \approx \frac{V_1 h_0}{2\pi r_0}, \quad (3.24)$$

$$\sin \beta_{\max} \approx \frac{h_0}{2\pi r_0}. \quad (3.25)$$

Maksimal va minimal tezliklar nisbati

$$\frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{\sin \beta_{\max}}{\sin \beta_{\min}} = \frac{R}{r_0}. \quad (3.26)$$

Konussimon o'rallishda o'ramlar qadami doimiy kattalik. Uni (3.19) dan foydalanib topamiz. $t = t_n$ va $y = H$ bo'lganda

$$h_0^n \approx \frac{\pi H (R + r_0)}{v_1 t_n} \approx \frac{\pi H (R + r_0)}{l_n}, \quad (3.27)$$

$$h_0^0 \approx \frac{\pi H (R + r_0)}{l_0} \quad (3.28)$$

Bularda t_n — M yetish nuqtasi konusning katta asosidan kichik asosigacha sijish vaqti;

$l_n = v_1 t_n$ — ipyetaklagich ko'tarilishida o'ralgan ip uzunligi;

$l_0 = v_1 t_0$ — M yetish nuqtasi konusning kichik asosidan katta asosigacha siljishida o'ralgan ip uzunligi;

h_0^n — M yetish nuqtasi yuqoriga ko'tarilishidagi nimqavatda joylama o'qi bo'ylab o'ramlar qadami;

h_0^0 — M yetish nuqtasi pasayishida nimqavatda joylama o'qi bo'ylab o'ramlar qadami.

Konus yasovchisi bo'ylab o'ramlar qadamini (3.4- rasm) quyidagicha topish mumkin:

$$h = \frac{h_0}{\cos \alpha}, \quad (3.29)$$

konus yasovchisining uzunligi esa:

$$L_1 = \frac{H}{\cos \alpha}.$$

Demak, o'ramning konusning yasovchilari bo'yicha qadami M yetish nuqtasi yuqoriga harakatlanganda

$$h^b = \frac{\pi L_1 (R + r_0)}{l_n}, \quad (3.30)$$

pastga harakatlanganda esa

$$h^n = \frac{\pi L_1 (R + r_0)}{l_0}. \quad (3.31)$$

Shunday qilib, yumaloq konusga o'ramlar doimiy qadam bilan o'ralganda yetish nuqtasi M konus o'qi bo'ylab murakkab funksiya bo'yicha harakatlanishi kerak. Agar (3.18)da ildiz ostidagi h_0^2 ni, h_0 odatda

$$h_0 < 2\pi \cos \alpha (R - 4 \operatorname{tg} \alpha)$$

ekanligi uchun hisobga olmasak, unda qonuniyat kvadratik parabola ko'rinishiga keladi. Bunda (3.19) va (3.20) formulardan foydalanishdagi xatolik o'ramlar qadami kattalashishi bilan ortib boradi, lekin amaliy ahamiyatga ega hollarda qoniqarli aniqlik saqlanib qoladi.

3.5. Sferoid o'ralishda o'rashning differensial tenglamalari

Sferoid o'ralishda, odatda, g'altaklar, ba'zida esa tutaklar ishlatiladi. Silindrik ishchi yuzadan sferoid shaklga o'tish uchun nimqavatlar o'ralishida joylamaning o'rta qismida chetlarga nisbatan ko'proq ip o'ralishi talab etiladi. Bundan joylama chetlarini o'rashda ipyetaklagich maksimal tezlik bilan harakatlanib, joylama o'rtasiga kelganda tezlik sekinlashib, minimal kattalikda bo'lishi kerakligi kelib chiqadi. Bun-

day harakat natijasida joylamaning o'rta qismi qavariqlanib, ma'lum vaqtda belgilangan radiusli sferoid shakli hosil bo'ladi. Shu ondan boshlab esa o'ramlarning sferoid yasovchisi bo'ylab qadamlari o'rash tugaguncha o'zgarmas bo'ladi. Bunday shaklli joylamani hunarmandlar g'unda deb atagan.

Shunday qilib, barqarorlashgan sferoid o'rashga shu narsa xoski, sferoid shaklli tanaga har bir nimqavat sferoid yasovchisi bo'ylab o'ramlar qadami o'zgarmas qilib o'raladi.

Etish nuqtasi M ning sferoid aylanish o'qi bo'ylab harakat qonuniyatini topish uchun o'rashning umumiy tenglamasi (3.7) dan foydalanamiz.

3.1- va 3.5- rasmlardan ko'rinadiki,

$$r = R \cos x - A,$$

$$y = R \sin x,$$

$$x = r \cos \varphi_1,$$

$$z = r \sin \varphi_1$$

bo'lib, bunda

R — o'rash jismi yasovchisining egrilik radiusi;

A — o'rash jismi aylanish o'qi va uning yasovchisining o'rash oxiridagi egrilik markazi orasidagi masofa.

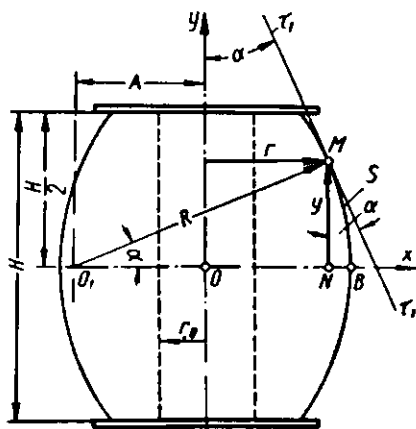
Endi x' , y' , z' larni topish uchun x va φ_1 burchaklar orasidagi bog'lanishni topish kerak.

3.5 -rasmdan ko'rinadiki.

$$\alpha = \frac{\tilde{S}}{R} = \frac{hk}{R}$$

bo'ladi va unda $\tilde{S} = hk$ — yetish nuqtasi M ning o'rash jismi o'qi atrofida φ_1 ga aylanganda u hosil qilgan sferoid hosil qiluvchisi uzunligi;

h — yasovchi bo'ylab o'ramlarining qadami;



3.5- rasm. Sferoid o'ralish.

$k = \frac{\varphi_1}{2\pi}$ — yetish nuqtasi M φ_1 burchakka aylangandagi o‘ramlar soni. Demak,

$$\alpha = \frac{h}{2\pi R} \varphi_1 \quad (3.32)$$

va

$$r = R \cos \frac{h\varphi_1}{2\pi R} - A. \quad (3.33)$$

Yetish nuqtasi M ning koordinatalari quyidagicha topiladi:

$$y = R \sin \frac{h\varphi_1}{2\pi R} = R \sin A_1 \varphi_1,$$

$$x = (R \cos A_1 \varphi_1 - A) \cos \varphi_1,$$

$$z = (R \cos A_1 \varphi_1 - A) \sin \varphi_1.$$

Hosila x' , y' , z' larni topib va o‘rash tenglamasi (3.7) ga qo‘yib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$dy = \frac{v_1 h \cos \frac{h\varphi_1}{2\pi R} dt}{2\pi \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + (R \cos \frac{h\varphi_1}{2\pi R} - A)^2}}. \quad (3.34)$$

Endi

$$\varphi_1 = \frac{2\pi R}{h} \arcsin \frac{y}{R},$$

$$\cos(\arcsin \frac{y}{R}) = \frac{\sqrt{R^2 - y^2}}{R}$$

larni qo‘yib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$dy = \frac{v_1 h \sqrt{R^2 - y^2} dt}{2\pi R \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + (\sqrt{R^2 - y^2} - A)^2}}. \quad (3.35)$$

Ildiz ostidagi $\frac{h^2}{4\pi^2}$ boshqa $(\sqrt{R^2 - y^2} - A)^2$ qo‘shiluvchidan kichikligi uchun hisobdan chiqarib tashlab va integrallab, quyidagiga ega bo‘lamiz.

$$y - A \arcsin \frac{y}{R} = \frac{v_1 h}{2\pi R} t. \quad (3.36)$$

t ga nisbatan yechib topamiz:

$$t = \frac{2\pi R}{v_1 h} y - \frac{2\pi R A}{v_1 h} \arcsin \frac{y}{R}, \quad (3.37)$$

bu yerda

$$0 \leq y \leq \frac{H}{2}.$$

O'rash jismi o'qi bo'ylab yetish nuqtasining harakat tezligi (3.35) dan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$v = \frac{v_1 h \sqrt{R^2 - y^2}}{2\pi R \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + (\sqrt{R^2 - y^2} - A)^2}} \approx \frac{v_1 h \sqrt{R^2 - y^2}}{2\pi R (\sqrt{R^2 - y^2} - A)}. \quad (3.38)$$

Yetish nuqtasi M da o'ramning ko'tarilish burchagining topilishi

$$\sin \beta = \frac{h \sqrt{R^2 - y^2}}{2\pi R \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + (\sqrt{R^2 - y^2} - A)^2}} \approx \frac{h \sqrt{R^2 - y^2}}{2\pi R (\sqrt{R^2 - y^2} - A)}. \quad (3.39)$$

G'unda yasovchisi bo'ylab o'ramlarning qadami

$$h \approx \frac{2\pi R H - A \arcsin \frac{H}{R}}{v_1 t_n} = \text{const}. \quad (3.40)$$

Bunda t_n — yetish nuqtasi M ning o'rash jismi sferoiddagi eng katta o'rash radiusidan eng kichik o'rash radiusigacha harakatlanish vaqti.

Ko'rinadiki, o'rashning umumiy tenglamasi (3.7) ipyetaklagich harakati qonuniyatini faqat eng sodda shaklli o'rash jismlarini o'raganda va bu shakl o'rashning boshidan oxirigacha saqlanganda aniqlashga imkon beradi.

Agar o'ralish jarayonida bitta nimqavatni o'rashda va bir nimqavatdan ikkinchi nimqavatga o'tganda o'ralish shakli o'zgaradigan bo'lsa, o'rashning olingan umumiy tenglamalari ipyetaklagichning kinematik ko'rsatkichlarini aniqlashga yaramaydi.

3.6. Ixtiyoriy shakldagi jismga joylamani berilgan shaklda o'rashda o'rash tenglamalari

So'ngi vaqtlarda tayyor joylamani murakkab shaklli g'altaklarga o'rash ko'p qo'llanilmoqda. Bunday o'ralish sun'iy, sintetik tolalarni ishlab chiqarishda keng tarqalgan, chunki bu chuvashda ipning yengil, to'la bo'shashi va ipning fizik-mexanik xossalarini nisbatan bir xil saqlashga imkon beradi.

Bundan tashkari, bunday joylamalar bilan urchuqlar ancha yengil ishlaydi, chunki bu bunday joylamalar aylanayotgan massasining umumiy og'irlik markazi urchuqning past tayanchiga yaqin joylashgan.

Og'irlik markazi pasaytirilgan joylamalarni faqatgina murakkab shaklli g'altaklarni ishlatib olish mumkin.

Murakkab shaklli g'altaklarga o'rash ko'tarilish burchagi juda kichik yotiq kesishuvli o'ralish bilan bajariladi.

Yotiq kesishuvli o'ralishda o'ramlar qadami ip diametridan uncha farqlanmaydi. Bundan tashqari, keyingi nimqavatlarini o'rashda oldingi nimqavatlarining o'ramlari orasidagi hamma oraliqlar ip bilan taxminan to'la to'ldiriladi.

Joriy nimqavatning o'ralishi o'zgarmas yo o'zgaruvchan ip uzatish tezligi bilan bajarilishi mumkin. Masalan, halqali, piliklash va sentrifugal mashinalarda ip o'zgarmas tezlik bilan uzatiladi, o'rash avtomatlari va g'altonlash mashinalarida o'rash tezligi o'zgaruvchan kattalik bo'ladi. Shu sababdan o'rash tenglamalari ikkala holda har xil ko'rinishda bo'ladi.

3.6.1. Ip o'zgarmas tezlikda berilishida o'rashning umumiy tenglamalari

Bir-biridan y masofada joylashgan ikkita kesimda balandligi bir xil Δy bo'lgan ikkita elementar halqa a va b ni ajratib olamiz va shu halqalar hajmi ip bilan to'lish vaqtini aniqlaymiz (3.6- rasm).

Elementar halqa a da

$$dL_0 = v_1 dt_0 = \frac{2\pi R_0}{\cos \beta_0} \cdot \frac{dR_0}{k_1 d} \cdot \frac{\Delta y}{k_2 d} \quad (3.40)$$

uzunlikli ip mavjud, b halqada esa bu uzunlik

$$dL_1 = v_1 dt_1 = \frac{2\pi R_1}{\cos \beta_1} \cdot \frac{dR_1}{k_1 d} \cdot \frac{\Delta y}{k_2 d} \quad (3.40 a)$$

Δy qalinlikdagi halqa birinchi kesimda ip bilan t_0 vaqt ichida to'ladil:

$$t_0 = \int_{r_{0 \min}}^{R_{0 \max}} \frac{2\pi R_0}{v_1 \cos \beta_0} \cdot \frac{dR_0}{k_1 d} \cdot \frac{\Delta y}{k_2 d} = \frac{\pi \Delta y (R_{0 \max}^2 - r_{0 \min}^2)}{v_1 \cos \beta_0 k_1 d k_2 d_2}. \quad (3.41)$$

Ikkinchi kesimda esa t_1 vaqtda

$$t_1 = \frac{\pi \Delta y}{v_1 \cos \beta_0 k'_1 d k'_2 d^2} (R_{1 \max}^2 - r_{1 \min}^2), \quad (3.42)$$

bu yerda $\beta_0 - a$ halqadagi o'ramlar keltirilgan ko'tarilish burchagi;

$\beta_1 - b$ halqadagi o'ramlar keltirilgan ko'tarilish burchagi;

k_1 va k'_1 — a va b halqalarda o'ramlarning radius bo'yicha ezilishini inobatga oluvchi koeffitsiyentlar;

k_2 va k'_2 — a va b halqalarda o'rash jismi o'qi bo'ylab keyingi o'ramlar bilan oldingi o'ramlar orasidagi oraliqlarni to'lishini inobatga oluvchi koeffitsiyentlar;

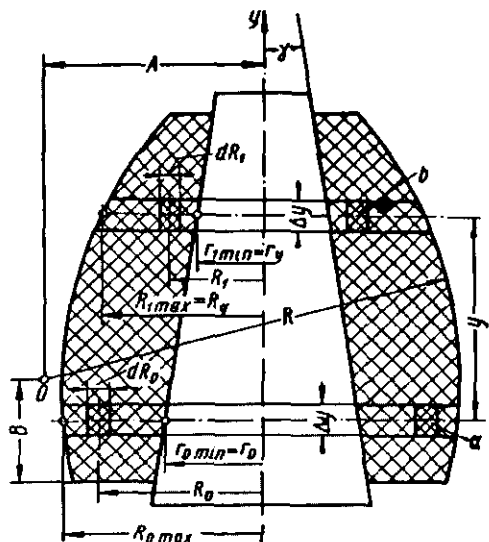
d — o'ralayotgan ipning nazariy diametri.

O'ramlarning keltirilgan ko'tarilish burchagi deb formuladagi o'ramlarning haqiqiy ko'tarilish burchaklari o'rniga qo'yilganda, elementar halqadagi haqiqiy uzunlikni beradigan burchakni tushunish kerak.

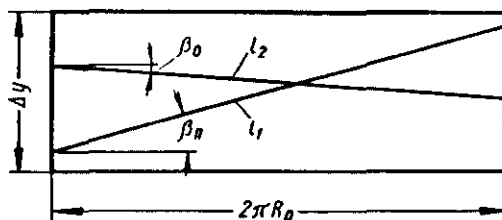
Keltirilgan burchak qiymatini quyidagicha topsa bo'ladi (3.7- rasm):

$$l_1 + l_2 = \frac{2\pi R_0}{\cos \beta_n} + \frac{2\pi R_0}{\cos \beta'_0} = \frac{2\pi R_0}{\cos \beta_0},$$

bu yerda l_1 va l_2 — ipyetaklagichning ko'tarilishi va tushishidagi o'ramlar uzunliklari;



3.6- rasm. O'rash jismi shakli murakkab bo'lganda o'rashning tenglamasini chiqarishga oid sxema.



3.7- rasm. Elementar halqada o‘ramning keltirilgan ko‘tarishi burchagini aniqlash.

β_n va β_0 — ipyetaklagich ko‘tarilishi va tushishidagi qavatlardagi o‘ramlar ko‘tarilish burchaklari.

Bu yerda

$$\beta_0 = \arccos\left(\frac{\cos\beta'_0 \cdot \cos\beta_n}{\cos\beta_0 \cdot \cos\beta_n}\right). \quad (3.43)$$

Odatda, bir nimqavatni shakllantirishda balandligi bo‘yicha o‘rash shartlari (ko‘tarilish va o‘ramlarning kesishuv burchaklari, o‘ramlar qadami va ipning tarangligi) uncha o‘zgarmaydi. Bular hammasi birinchi yaqinlashuvda

$$k_1 = k'_1; \quad k_2 = k'_2 \quad \text{va} \quad \cos\beta_0 = \cos\beta_1$$

bo‘ladi deb hisoblashga imkon beradi.

Bu holda (3.41) va (3.42) tenglamalardan quyidagini olamiz:

$$\frac{t_0}{t_1} = \frac{R_0^2 \max - r_0^2 \min}{R_1^2 \max - r_1^2 \min}. \quad (3.44)$$

Birinchi kesimdagi balandligi Δy bo‘lgan butun halqani ip bilan to‘ldirishda ipyetaklagichni v_0 tezlik bilan t_0 vaqt davomida harakatlantirish shart bo‘ladi, ya’ni

$$\Delta y = v_0 t_0,$$

ikkinchi kesimdagi halqani to‘ldirishda esa v_y tezlik bilan t_1 vaqt ichida, ya’ni

$$\Delta y = v_y t_1.$$

Demak, $v_0 t_0 = v_y t_1$.

Bu yerdan

$$v_y = v_0 \frac{t_0}{t_1}. \quad (3.45)$$

(3.44) va (3.45) tenglamalarni birgalikda yechsak,

$$v = v_y = v_0 \frac{R_0^2 \max - r_0^2 \min}{R_1^2 \max - r_1^2 \max} = v_0 \frac{\delta_0}{\delta_1} \frac{R_0}{R_1} \frac{\sigma' r}{\sigma' r'}, \quad (3.46)$$

bu yerda v_0 — o‘rash jismining xarakterli sohasidagi ipyetaklagichning tezligi;

$R_0 \max$ va $r_0 \min$ — xarakterli sohasi kesimidagi maksimal va minimal o‘rash radiuslari;

$$\delta_0 = R_0 \max - r_0 \min \quad \text{va}$$

$\delta_1 = R_1 \max - r_1 \min$ — birinchi va ikkinchi kesimlardagi halqalar qalinligi.

Xarakterli soha deb $R_0 \max$ va $r_0 \min$ doimiy o‘lchamli o‘rash jismlarida asosiy hajmni egallaydigan silindrik soha tushiniladi. Agar bunday soha bo‘lmasa, u holda v_0 ; $R_0 \max$ va $r_0 \min$ ixtiyoriy kesim uchun olinishi mumkin, lekin chekka sohalar uchun olinishi afzalroq.

(3.42) tenglamadan halqaning to‘lish vaqti nafaqat halqaning qalinligiga, balki uning o‘rtacha diametriga ham bog‘liqligi kelib chiqadi.

Halqalar qalinligi bir xil bo‘lganda ularning to‘lish vaqti o‘rtacha diametrga to‘g‘ri proporsional bo‘ladi. Demak, murakkab shaklli joylamalarni shakllantirishda bir xil bo‘lmagan halqalarning to‘lish vaqti bir xil emasligi sababli ipyetaklagich umumiy holda g‘altak balandligi alohida sohalarida har xil tezlik bilan harakatlanishi kerak.

O‘rash jismi o‘qi buylab xarakterli sohada ipyetaklagichning tezligi quyidagicha bo‘ladi:

$$v_0 = v_1 \sin \beta = \frac{v_1 h}{\sqrt{(\pi d_0)^2}} \approx \frac{v_1 h}{\pi d_0}, \quad (3.47)$$

bu yerda β — D_0 diametrli g'altakka ipni o'rashdagi o'ramning ko'tarilish burchagi;

h — shu sohadagi nimqavatdagi o'ramlar qadami.

O'rash va kalavalash mexanizmlarini loyihalashda ishlatiladigan o'rashning umumiy tenglamasini chiqarish uchun (3.46) tenglamadan foydalanamiz. Bu tenglamada v_y — o'rash jismi o'qi bo'ylab ip tushish nuqtasining siljishidan vaqt bo'yicha birinchi hosilasi yoki ipyetaklagichning tezligi. Demak,

$$v_y = v = \frac{dy}{dt} = v_0 \frac{R_{0\max}^2 - r_{0\min}^2}{R_{0\max}^2 - r_{0\min}^2}, \quad (3.47)$$

bu yerdan o'rashning umumiy tenglamasi differensial ko'rinishda quyidagicha bo'ladi:

$$(R_{0\max}^2 - r_{0\min}^2)dy = v_0(R_{y\max}^2 - r_{y\min}^2)dt. \quad (3.48)$$

Ipyetaklagichning tezlanishi umumiy ko'rinishda qo'yidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned} a_y = \frac{dv_y}{dt} &= - \frac{v_0(R_{0\max}^2 - r_{0\min}^2)(R_{y\max}^2 - r_{y\min}^2)}{(R_{y\max}^2 - r_{y\min}^2)} = \\ &= - \frac{2v_0(R_{0\max}^2 - r_{0\min}^2)(R_{y\max}\dot{R}_{y\max} - r_{y\min}\dot{r}_{y\min})}{(R_{y\max}^2 - r_{y\min}^2)}, \end{aligned} \quad (3.49)$$

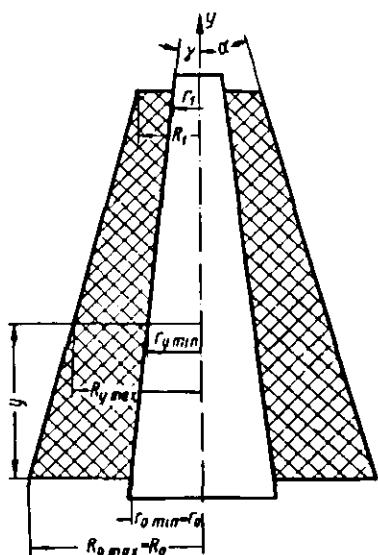
bu yerda

$$\dot{R}_{y\max} = \frac{dR_{y\max}}{dt} \quad \text{va} \quad \dot{r}_{y\min} = \frac{dr_{y\min}}{dt}.$$

Tezlik va tezlanish tenglamalarida maxrajda kesimdagi radiuslar kvadrating ayirmasi turibdi. Bu ayirma qancha kichik bo'lsa, shu sohadagi ipyetaklagichning tezlik va tezlanishi shuncha katta bo'ladi, shuning uchun o'rash jismida o'rash qalinligi bo'yicha katta farqlanadigan sohalar bo'lmisligi kerak.

O'rashning umumiy tenglamasidan foydalanish uchun, $R_{y\max}$ va $r_{y\min}$ radiuslarni y orqali ifodalash, topilgan qiymatlarni umumiy tenglamaga qo'yish va zarur o'zgartirishlar qilish kerak.

Misol tariqasida bir necha holni ko'rib chiqamiz.



3.8- rasm. Konus jismga konussimon shaklli joylama o'rash sxemasi.

O'qqa nisbatan yasovchisining burchagi γ bo'lgan konus jismga α burchakli konussimon shaklli o'rash jismi hosil qilib o'rashda ipyetaklagich kinematikasining tenglamalari. Bunday joylama tuzilishi 3.8- rasmda keltirilgan.

Ipyeklagich konusning katta asosidan kichik asosiga harakatlanganda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\begin{aligned}
 R_{y \max} &= R_{0 \max} - y \operatorname{tg} \alpha; \\
 \dot{R}_{y \max} &= -v_y \operatorname{tg} \alpha; \\
 r_{y \min} &= r_{0 \min} - y \operatorname{tg} \gamma; \\
 \dot{r}_{y \min} &= -v_y \operatorname{tg} \gamma; \\
 \int_0^y (R_{y \max}^2 - r_{y \min}^2) dy &= \int_0^t v_0 (R_{0 \max}^2 - r_{0 \min}^2) dt; \\
 (R_{0 \max}^2 - r_{0 \min}^2) y - y^2 (R_{0 \max} \operatorname{tg} \alpha - r_{0 \min} \operatorname{tg} \gamma) + \\
 + \frac{y^3}{3} (\operatorname{tg}^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \gamma) &= v_0 (R_{0 \max}^2 - r_{0 \min}^2) t;
 \end{aligned} \tag{3.50}$$

$$v_y = v_0 \frac{R_{0\max}^2 - r_{0\min}^2}{R_{0\max}^2 - r_{0\min}^2 - 2y(R_{0\max} \operatorname{tg} \alpha - r_{0\min} \operatorname{tg} \gamma) + y^2(\operatorname{tg}^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \gamma)}; \quad (3.51)$$

$$a_0 = \frac{2v_0^2(R_{0\max}^2 - r_{0\min}^2)^2[(R_{0\max} - y \operatorname{tg} \alpha) \operatorname{tg} \alpha - (r_{0\min} - y \operatorname{tg} \gamma) \operatorname{tg} \gamma]}{[R_{0\max}^2 - r_{0\min}^2 - 2y(R_{0\max} \operatorname{tg} \alpha - r_{0\min} \operatorname{tg} \gamma) + y^2(\operatorname{tg}^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \gamma)]^3}. \quad (3.52)$$

Ipyetaklagich kichik asosdan katta asosga harakatlenganda esa quyidagini olamiz:

$$R_{y\max} = R_{l\max} + y \operatorname{tg} \alpha;$$

$$\dot{R}_{y\max} = v_y \operatorname{tg} \alpha;$$

$$r_{y\min} = r_l + y \operatorname{tg} \gamma;$$

$$\dot{r}_{y\min} = v_y \operatorname{tg} \gamma;$$

$$(R_l^2 - r_l^2)y + y^2(R_l \operatorname{tg} \alpha - r_l \operatorname{tg} \gamma) + \frac{y^3}{3}(\operatorname{tg}^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \gamma) = v_0(R_l^2 - r_l^2)t; \quad (3.53)$$

$$v_y = v_0 \frac{v_0(R_l^2 - r_l^2)}{R_l^2 - r_l^2 + 2y(R_l \operatorname{tg} \alpha - r_l \operatorname{tg} \gamma) + y^2(\operatorname{tg}^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \gamma)}; \quad (3.54)$$

$$a_y = \frac{2v_0^2(R_l^2 - r_l^2)^2[(R_l - y \operatorname{tg} \alpha) \operatorname{tg} \alpha - (r_l - y \operatorname{tg} \gamma) \operatorname{tg} \gamma]}{[R_l^2 - r_l^2 - 2y(R_l \operatorname{tg} \alpha - r_l \operatorname{tg} \gamma) + y^2(\operatorname{tg}^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \gamma)]^3}. \quad (3.55)$$

(3.50) va (3.53) tenglamalarda $\varphi_e = \omega_e t$ ni inobatga olib, vaqtni o'rash ekscentrigining buralish burchagi bilan almashtiramiz.

Bu yerda ω_e — o'rash ekscentrigining burchakli tezligi;

ω_e — ekscentrikning buralish burchagi.

Silindrik jismga silindrik o'rash. Silindrik o'rashda ixtiyoriy nimqavatni shakllantirishda quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

$$\alpha = 0, \quad \gamma = 0, \quad r_0 = r_l \quad \text{va} \quad R_0 = R_l.$$

(3.50) — (3.55) tenglamalarda $\alpha = \gamma = 0$, $r_0 = r_l$ va $R_0 = R_l$ deb olamiz, unda:

$$y = v_0 t = \frac{v_0}{\omega_e} \varphi_e, \quad (3.56)$$

$$v_y = v_0 = \text{const.} \quad (3.57)$$

Shunday qilib, silindrik jismga joylamani silindrik shaklda o'rashda ipyetaklagichni o'rash jismining o'qi bo'ylab o'zgaras tezlik bilan harakatlantirish kerak.

Silindrik jismga tayyor joylamani konussimon shaklli qilib o'rash. Bu holda ipyetaklagich konusning katta asosidan kichigiga harakatlanganda $\gamma = 0$, $r_0 = r_1$, $\alpha = \text{const}$ ga ega bo'lamiz, (3.50) tenglama esa quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned} (R_0^2 - r_0^2)y - y^2 R_0 \text{tg} \alpha + \frac{y^3}{3} \text{tg}^2 \alpha = \\ = v_0 (R_0^2 - r_0^2)t = \frac{v_0}{\omega_e} (R_0^2 - r_0^2) \varphi_e \end{aligned} \quad (3.58)$$

yoki

$$\begin{aligned} y^3 \text{tg}^2 \alpha - 3R_0 y^2 \text{tg} \alpha + 3(R_0^2 - r_0^2)y = 3v_0 (R_0^2 - r_0^2)t = \\ = \frac{3v_0}{\omega_e} (R_0^2 - r_0^2) \varphi_e. \end{aligned} \quad (3.59)$$

O'rash jismi o'qi buylab ip yetish nuqtasining harakatlanish qonunini aniqlash uchun (3.59) tenglamani y ga nisbatan yechishimiz kerak.

Bu tenglamada ikkita o'zgaruvchan kattalik y va t bo'lganligi uchun, uni t ga yoki φ ga nisbatan yechsak yaxshiroq, bunda o'zgaruvchilarni aniqlash va $y = F(\varphi)$ va $t = f(y)$ yoki $\varphi_e = \theta(y)$ egri chiziqlarni qurish osonlashadi.

O'rash ekscentrigi shaklini qurish uchun oxirgi (3.59) bog'lanish kerak bo'ladi, u ko'rilayotgan hol uchun quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\varphi_e = \frac{y^3 \omega_e \text{tg}^2 \alpha - 3R_0 \omega_e y^2 \text{tg} \alpha + 3\omega_e (R_0^2 - r_0^2)y}{3v_0 (R_0^2 - r_0^2)}. \quad (3.60)$$

(3.60) tenglamada suratdagi qo'shiluvchilarni solishtirib ko'ramiz.

Ikkinchi va uchinchi qo'shiluvchilarni birinchisiga bo'lsak, har biri birinchisidan necha baravar kattaligini topamiz:

$$K_{2:1} = \frac{3R_0}{y \text{tg} \alpha}, \quad (3.61)$$

$$K_{3:1} = \frac{3(R_0^2 - r_0^2)}{y^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}. \quad (3.62)$$

$K_{2:1}$ va $K_{3:1}$ larning minimal qiymatlari $y = y_{\max} = H$ bo'ladi.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R_0 - R_1}{H}, \quad (3.63)$$

$$K_{2:1} = \frac{3R_0}{R_0 - R_1}, \quad (3.64)$$

$$K_{3:1} = \frac{3(R_0^2 - r_0^2)}{(R_0 - R_1)^2} \quad (3.65)$$

bo'lganligi uchun $K_{2:1}$ va $K_{3:1}$ larni solishtirib, $K_{3:1} > K_{2:1}$ ekanini topamiz (masalan, $R_0 = 20$ mm va $R_1 = r_0 = 10$ mm bo'lganda $K_{2:1 \min} = 6$ va $K_{3:1 \min} = 9$).

Agar konusning katta asos radiusi R_0 kichik asos radiusi R_1 dan katta farq qilmasa, u holda $K_{2:1}$ kattagina qiymatni oladi va $K_{2:1 \min} > 20$ bo'lganida (3.60) tenglamaning birinchi qiymatini amaliy hisoblarda hisobga olmaslik kerak.

Bu holda (3.59) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$y^2 R_0 \operatorname{tg} \alpha - (R_0^2 - r_0^2)y + v_0 (R_0^2 - r_0^2)t = 0.$$

Bu tenglamadan quyidagini olamiz:

$$\begin{aligned} y &= \frac{R_0^2 - r_0^2 - \sqrt{(R_0^2 - r_0^2)^2 - 4v_0 R_0 (R_0^2 - r_0^2)t \operatorname{tg} \alpha}}{2 R_0 \operatorname{tg} \alpha} = \\ &= \frac{H(R_0 - r_0) - \sqrt{H^2 (R_0 - r_0)^2 - 4v_0 H (R_0 - r_0)t}}{2 R_0}. \end{aligned} \quad (3.66)$$

Uchinchi ko'shiluvchini ikkinchisiga bo'lsak,

$$K_{3:2} = \frac{R_0^2 - r_0^2}{R_0 (R_0 - R_1)}. \quad (3.67)$$

Agar $K_{3:2} \geq 20$ bo'lsa, (3.60) tenglamaning ikkinchi qo'shiluvchisini ham hisobga olmaslik mumkin. Ipyetaklagichning tezlik va tezlanishi quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$v_y = v_0 \frac{R_0^2 - r_0^2}{(R_0 - y \operatorname{tg} \alpha)^2} = v_0 \frac{R_0^2 - r_0^2}{R_0^2 - r_0^2 - 2 R_0 y \operatorname{tg} \alpha + y^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}; \quad (3.68)$$

$$a_y = \frac{2v_0^2 (R_0^2 - r_0^2)^2 (R_1 - y \operatorname{tg} \alpha) \operatorname{tg} \alpha}{(R_0^2 - r_0^2 - 2 R_0 y \operatorname{tg} \alpha + y^2 \operatorname{tg}^2 \alpha)^3} \quad (3.69)$$

Ipyetaklagich konusning kichik asosidan katta asosiga harakatlanganda ipyetaklagich kinematikasi tenglamalari quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned} y^3 \operatorname{tg}^2 \alpha + 3 R_1 y^2 \operatorname{tg} \alpha + 3(R_1^2 - r_1^2)y &= 3v_0(R_1^2 - r_1^2)t = \\ &= \frac{3v_0}{\omega_e} (R_1^2 - r_1^2) \varphi_e; \end{aligned} \quad (3.70)$$

$$v_y = v_0 \frac{R_1^2 - r_1^2}{(R_1 + y \operatorname{tg} \alpha)^2 - r_1^2}; \quad (3.71)$$

$$a_y = - \frac{2v_0^2 (R_1^2 - r_1^2)^2 (R_1 + y \operatorname{tg} \alpha) \operatorname{tg} \alpha}{[(R_1 + y \operatorname{tg} \alpha)^2 - r_1^2]^3}. \quad (3.72)$$

Konik jismga doimiy konuslik bilan o'rash. Bunday o'rash konik deb ataladi. Bu holda $\alpha = \gamma = \text{const}$.

Ipyetaklagich konusning katta asosidan kichigiga harakatlanganda quyidagiga egamiz:

$$\begin{aligned} R_{y \max} &= R_0 - y \operatorname{tg} \alpha; \\ r_{y \min} &= R_1 - y \operatorname{tg} \alpha = R_0 - \frac{\delta}{\cos \alpha} y \operatorname{tg} \alpha; \\ R_1 &= R_0 - \frac{\delta}{\cos \alpha}. \end{aligned}$$

Bu kattaliklarni (3.46), (3.48), (3.49) tenglamalarga qo'ysak va $\alpha = \gamma = \text{const}$ ni hisobga olib, konik o'rashdagi ipyetaklagich kinematik o'lchamlarini aniqlash uchun formulalarni olamiz:

$$y = \frac{R_0 + R_1}{2 \operatorname{tg} \alpha} - \sqrt{\frac{(R_0 + R_1)^2}{4 \operatorname{tg}^2 \alpha} - \frac{v_0 (R_0 + R_1) t}{\operatorname{tg} \alpha}} =$$

$$= \frac{2R_0 - \frac{\delta}{\cos \alpha} - \sqrt{\left(2R_0 - \frac{\delta}{\cos \alpha}\right)^2 - 4\left(2R_0 - \frac{\delta}{\cos \alpha}\right)tv_0 \operatorname{tg} \alpha}}{2\operatorname{tg} \alpha}; \quad (3.73)$$

$$v_y = v_0 \frac{R_0 + R_1}{R_0 + R_1 - 2y \operatorname{tg} \alpha}; \quad (3.74)$$

$$v_y = v_0 \frac{2v_0^2 (R_0 + R_1)^2 \operatorname{tg} \alpha}{(R_0 + R_1 - 2y \operatorname{tg} \alpha)^3}. \quad (3.75)$$

Konik o'rashda nimqavatning qalinligi δ kesik konusning maksimal diametri $\delta / \cos \alpha$ ga nisbatan kichik bo'lganligi uchun amaliy hisoblarda $2R_0$ ni inobatga olmaymiz.

Bu holda ipyetaklagichning kinematik tenglamalari quyidagi ko'rinishga keladi:

$$y = \frac{R_0}{\operatorname{tg} \alpha} - \sqrt{\frac{R_0^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha} - \frac{2v_0 R_0'}{\operatorname{tg} \alpha}} = \frac{R_0}{\operatorname{tg} \alpha} - \sqrt{\frac{R_0^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha} - \frac{2Ct}{\operatorname{tg} \alpha}}; \quad (3.76)$$

$$v_y = \frac{v_0 R_0}{R_0 - y \operatorname{tg} \alpha}; \quad (3.77)$$

$$a_y = \frac{v_0^2 R_0^2 \operatorname{tg} \alpha}{(R_0 - y \operatorname{tg} \alpha)^3}. \quad (3.78)$$

Ipyetaklagich konusning kichik asosidan kattasiga harakatlanganda:

$$y = \sqrt{\frac{R_0^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha} + \frac{2Ct}{\operatorname{tg} \alpha}} - \frac{r_0}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (3.79)$$

$$v_y = \frac{v_0 R_0}{r_0 - y \operatorname{tg} \alpha}; \quad (3.80)$$

$$a_y = -\frac{v_0^2 r_0^2 \operatorname{tg} \alpha}{(r_0 - y \operatorname{tg} \alpha)^3}. \quad (3.81)$$

Bir nomli formulalarda ipyetaklagich konusning katta asosidan kichik asosiga, va aksincha, harakatlanganda, tezlikning v_0 qiymati umumiy holda bir xil bo'lmaydi.

Bu yerda, v_0' — bu o'rash jismining y qiymati hisobi boshlanadigan nuqtasidagi ipyetaklagichning tezligi ekanligini esda tutishimiz kerak bo'ladi.

Aytaylik, konusning katta diametriga o'rashdagi ipyetaklagichning boshlangich tezligi v_0 ma'lum bulsin. U holda ipyetaklagichning

tezligi konusning kichik diametriga yaqinlashgan sari o'zgaradi va harakat oxirida v_n ga teng bo'ladi va bunda:

$$v_H = v_0' \frac{R_0^2 - r_0^2}{R_1^2 - r_1^2}.$$

Misol uchun (3.77) va (3.80) tenglamalardagi v_0 va v_n tezliklar orasidagi bog'lanishni ko'rib chikamiz.

Konusning katta diametriga o'rashda va ipyetaklagich kichik asosga harakatlanishida $y = 0$ bo'lganda, $v_0' = v_0$ ga egamiz. Tezlikni v_0' ga teng deb olib, konusning kichik diametriga o'rashda bo'lgandagi tezlikni topamiz:

$$v_H = v_0' \frac{R_0}{R_0 - H \operatorname{tg} \alpha \frac{R_1^2 - r_1^2}{R_1^2}} = v_0' \frac{R_0}{r_0}.$$

Demak, (3.80) tenglamada v_0 deb $v_H = v_0' \frac{R_0}{r_0}$ tezlik tushuni-ladi.

Agar ipyetaklagichning ko'tarilish vaqti tutish vaqtiga teng bo'lsa, u holda uning tushishdagi kinematik egrilanmalari ko'tarilish kinema-tik egrilanmalariga ko'zgudagi aksiday to'g'ri keladi.

Agarda ipyetaklagichning ko'tarilish vaqti tushish vaqtidan farq-lansa, u holda hisobni soddalashtirish uchun ipyetaklagichning tu-shish onidagi kerakli parametrlarini aniqlashda, uning ko'tarilish onida kinematik tekshirishda olingan natijalardan foydalanish kerak.

Masalan, agar $t_K = 10$ s, $t_T = 5$ s bo'lsa, ipyetaklagichning teng ko'chishida uning tushish vaqti ko'tarilish vaqtidan kichik bo'ladi:

$$t : t_0 = 2.$$

Tayyor joylama shakli sferik bo'lganda konik naychaga o'rash-dagi ipyetaklagichning kinematik tenglamalari. 3.6-rasmga binoan quy-idagi egamiz:

$$R_{y \max} = \sqrt{R^2 - (B - y)^2} - A;$$

$$r_{y \min} = r_0 - y \operatorname{tg} \alpha,$$

bu yerda R — sfera yasovchisining radiusi;

A — sfera markazi O ning o'rash jismining aylanish o'qidan siljishi;

B — sfera markazining o'rash jismining past asosidan siljishi.

$R_{y \max}$ va $r_{y \min}$ qiymatlarini (3.46), (3.48) va (3.49) tenglamalarga

qo'ysak, ipyetaklagichning konusning katta asosidan kichigiga harakatlantirishdagi kinematik tenglamalarini olamiz va bunda ipyetaklagichning harakat tenglamasini yozishga qulayroq bo'lgan y va t ga nisbatan oshkormas ko'rinishda yozamiz:

$$tv_0(R_0^2 r_0^2) = (R^2 - B^2 + A^2 - r_0^2)y - \frac{y^3}{3 \cos^2 \gamma} + y^2(B + r_0 \operatorname{tg} \gamma) + A \left[(B - y) \sqrt{R^2 - (B - y)^2} + R^2 \arcsin \frac{B - y}{R} - B \sqrt{R^2 - B^2} - R^2 \arcsin \frac{B}{R} \right]; \quad (3.82)$$

$$v_y = \frac{v_0(R_0^2 - r_0^2)}{\left[\sqrt{R^2 - (B - y)^2} - A \right]^2 - (r_0 - y \operatorname{tg} \gamma)^2}; \quad (3.83)$$

$$a_y = \frac{2v_0^2 \left\{ \frac{(B - y) \left[\sqrt{R^2 - (B - y)^2} - A \right]}{\sqrt{R^2 - (B - y)^2}} + (r_0 - y \operatorname{tg} \gamma) \operatorname{tg} \gamma \right\} (R_0^2 - r_0^2)^2}{\left\{ \left[\sqrt{R^2 - (B - y)^2} - A \right]^2 - (r_0 - y \operatorname{tg} \gamma)^2 \right\}^3}. \quad (3.84)$$

Ipyetaklagich konusning kichik asosidan kattasiga harakatlantirishda quyidagini olamiz:

$$(R^2 - C^2 + A^2 - r_0^2)y + y^2(C + \eta \operatorname{tg} \gamma) - \frac{y^3}{3 \cos^2 \gamma} - A \left[(y - C) \sqrt{R^2 - (y - C)^2} + R^2 \arcsin \frac{y - C}{R} + C \sqrt{R^2 - C^2} + R^2 \arcsin \frac{C}{R} \right] = v_0(R_1^2 - r_1^2)t; \quad (3.85)$$

$$v_y = \frac{v_0(R_1^2 - r_1^2)}{\left[\sqrt{R^2 - (y - C)^2} - A \right]^2 - (r_1 - y \operatorname{tg} \gamma)^2}; \quad (3.86)$$

$$a_y = \frac{2v_0^2(R_0^2 - r_0^2)^2 \left[(r_1 - y \operatorname{tg} \gamma) \operatorname{tg} \gamma + (y - C) \frac{\sqrt{R^2 - (y - C)^2} - A}{\sqrt{R^2 - (y - C)^2}} \right]}{\left\{ \left[\sqrt{R^2 - (y - C)^2} - A \right]^2 - (r_1 - y \operatorname{tg} \gamma)^2 \right\}^3} \quad (3.87)$$

$$v_y = \frac{v_0(R_0^2 - r_0^2)}{\left[\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} - A \right]^2 - r_0^2}, \quad (3.92)$$

$$a_y = - \frac{2v_0^2(R_0^2 - r_0^2)^2 \left(\frac{H}{2} - y\right) \left[\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} - A \right]}{\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} \left\{ \left[\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} - A \right]^2 - r_0^2 \right\}^3}. \quad (3.93)$$

Silindrik g'altakka silindrik joylama o'rash. Bu holda silindrik g'altakka radiusi cheksizlikka intilgan sfera shaklli joylama o'rash deb qarash mumkin. Bu holda (3.91) tenglamada ildiz ostidagi $(H/2) - y$ qiymat radius R ga nisbatan cheksiz kichik. Demak,

$$\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} - A = R - A = R_0,$$

u holda

$$y = v_0 t;$$

$$v_y = v_0 = \text{const};$$

$$a_y = 0.$$

Tayyor joylama sferik shaklli bo'lganda egarsimon shaklli g'altakka o'rashdagi ipyetaklagichning kinematikasi tenglamalari.

Bu holdagi joylamaning asosiy kattaliklari 3.10- rasmga binoan quyidagicha belgilanadi:

R va R_1 — mos ravishda o'rash jismi yasovchisi va bo'sh g'altak egrilik radiuslari;

O — o'rash jismi yasovchisining egrilik markazi;

O_1 — bo'sh g'altak yasovchisining egrilik markazi;

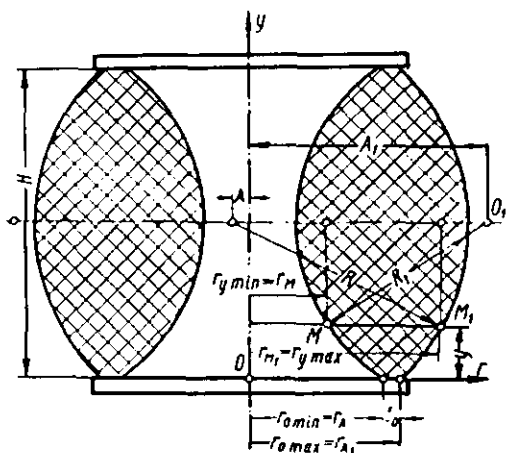
A va A_1 — O va O_1 markazlarning o'rash jismi aylanasi o'qidan chetlanishi.

Endi

$$R_{y \max} = \sqrt{R^2 - (B - y)^2} - A$$

va

$$r_{y \min} = A_1 - \sqrt{R_1^2 - (B_1 - y)^2}$$



3.10- rasm. Egarsimon g'altakka o'rash sxemasi.

ekanligi sababli ko'rilayotgan holat uchun quyidagilarni yozishimiz mumkin:

$$\begin{aligned}
 & (R^2 - R_1^2 - B^2 + B_1^2 + A^2 + A_1^2)y - (B - B_1) + \\
 & + A \left\{ (B - y) \sqrt{R^2 - (B - y)^2} + R^2 \arcsin \frac{B - y}{R} - \right. \\
 & - B \sqrt{R^2 - B^2} - R^2 \arcsin \frac{B}{R} \left. \right\} - A \left\{ (B_1 - y) \sqrt{R_1^2 - (B_1 - y)^2} + \right. \\
 & + R_1^2 \arcsin \frac{B_1 - y}{R_1} - B_1 \sqrt{R_1^2 - B_1^2} - R_1^2 \arcsin \frac{B_1}{R_1} \left. \right\} = v_0 (R_0^2 - r_0^2) t.
 \end{aligned} \quad (3.94)$$

$$v_y = \frac{v_0 (R_0^2 - r_0^2)}{\left[\sqrt{R^2 - (B - y)^2} - A \right]^2 - \left[A_1 - \sqrt{R_1^2 - (B_1 - y)^2} \right]^2}, \quad (3.95)$$

$$a_y = - \frac{2v_0^2 (R_0^2 - r_0^2)^2 \left\{ (B - y) \frac{\sqrt{R^2 - (B - y)^2} - A}{\sqrt{R^2 - (B - y)^2}} + (B_1 - y) \frac{A_1 - \sqrt{R_1^2 - (B_1 - y)^2}}{\sqrt{R_1^2 - (B_1 - y)^2}} \right\}}{\left[\left[\sqrt{R^2 - (B - y)^2} - A \right]^2 - \left[A_1 - \sqrt{R_1^2 - (B_1 - y)^2} \right]^2 \right]^3}. \quad (3.96)$$

Agar $B = B_1 = H/2$ bo'lsa, simmetrik sferoid olamiz. Bu holda ipyetaklagich kinematikasining tenglamalari quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned}
& (R^2 + A^2 - A_1^2 - R_1^2)y + A \left\{ \left[\frac{H-2y}{2} \sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2} + \right. \right. \\
& \left. \left. + R^2 \arcsin \frac{H-2y}{2R} \right] - \frac{H}{2} \sqrt{R^2 - \frac{H^2}{4}} - R^2 \arcsin \frac{H-2y}{2R} \right\} - \\
& - A_1 \left\{ \left[\frac{H-2y}{2} \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2} - R_1^2 \arcsin \frac{H-2y}{2R_1} - \right. \right. \\
& \left. \left. - \frac{H}{2} \sqrt{R_1^2 - \frac{H^2}{4}} - R_1^2 \arcsin \frac{H}{2R_1} \right] \right\} = v_0 (R_0^2 - r_0^2)t, \quad (3.97)
\end{aligned}$$

$$v_y = v_0 \frac{R_0^2 - r_0^2}{\left[\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2} - A \right]^2 - \left[A_1 - \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2} \right]^2}, \quad (3.98)$$

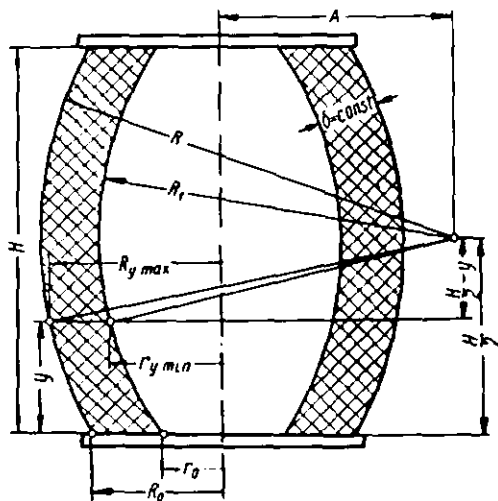
$$\begin{aligned}
& 2v_0^2 (R_0^2 - r_0^2)^2 \left[\frac{\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2} - A}{\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2}} + \frac{A_1 - \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2}}{\sqrt{R_1^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2}} \right] \left(\frac{H}{2} - y \right) \\
a_y = & - \frac{\quad}{\left\{ \left[\sqrt{R_1^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2} - A \right]^2 - \left[A_1 - \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2} \right]^2 \right\}^3}. \quad (3.99)
\end{aligned}$$

Sferik jismga qatlam qalinligini o'zgarmas qilib o'rashdagi ipyetaklagich kinematikasi tenglamalari. 3.11 - rasmdan quyidagilarni topamiz:

$$R_{y \max} = \sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2} - A;$$

$$r_{y \min} = \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2} - A;$$

$$R_0 = \sqrt{R^2 - \frac{H^2}{4}} - A;$$



3.11- rasm. Sferik jismga nimqavat qalinligi o'zgaras o'rash sxemasi.

$$r_0 = \sqrt{R_1^2 - \frac{H^2}{4}} - A.$$

Shu berilganlarda ipyetaklagichning kinematik parametrlari quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$\begin{aligned} (R^2 - R_1^2)y + A \left\{ \left(\frac{H}{2} - y \right) \left[\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2} - \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2} \right] + \right. \\ \left. + R^2 \arcsin \frac{H-2y}{2R} - R_1^2 \arcsin \frac{H-2y}{2R_1} \right\} - A \left\{ \frac{H}{2} \left[\sqrt{R^2 - \frac{H^2}{4}} - \right. \right. \\ \left. \left. - \sqrt{R_1^2 - \frac{H^2}{4}} \right] + R^2 \arcsin \frac{H}{2R} - R_1^2 \arcsin \frac{H}{2R_1} \right\} = v_0 (R_0^2 - r_0^2) t. \end{aligned} \quad (3.100)$$

$$v_y = \frac{v_0 (R_0^2 - r_0^2)}{R^2 - R_1^2 - 2A \left[\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2} - \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{H}{2} - y \right)^2} \right]}. \quad (3.101)$$

$$a_y = \frac{2v_0^2(R_0^2 - r_0^2)^2 \left(\frac{H}{2} - y\right) \left[\frac{\sqrt{R_0^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} - A}{\sqrt{R_0^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2}} \sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} - A \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} - A \right]}{\left\{ R^2 - R_1^2 - 2A \left[\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} - \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} \right] \right\}^3} \cdot A. \quad (3.102)$$

Sfera radiusiga nisbatan qatlam qalinligi kichik bo'lganda

$$\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} = \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2};$$

$$\sqrt{R^2 - \frac{H^2}{4}} = \sqrt{R_1^2 - \frac{H^2}{4}};$$

$$\arcsin \frac{H-2y}{2R} = \arcsin \frac{H-2y}{2R_1};$$

$$\arcsin \frac{H}{2R} = \arcsin \frac{H}{2R_1}$$

deb hisoblash mumkin. Shu shartlarda (3.100) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$y + A \arcsin \frac{H-2y}{2R} = A \arcsin \frac{H-2y}{2R} + \frac{v_0(R_0^2 - r_0^2)t}{R^2 - R_1^2}.$$

Agar y ning hisobi simmetrik sferoidning o'rtasidan bo'lsa, u holda ipyetaklagichning harakat qonuni quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$y - A \arcsin \frac{y}{R} = \frac{v_0(R_0^2 - r_0^2)t}{R^2 - R_1^2} = Ct. \quad (3.103)$$

Bu tenglama va ipyetaklagichning qolgan kinematik parametrlarining keltirib chiqarilishi quyida berilgan. 3.11- rasmdan ko'rinadiki,

$$R_{y\max} = \sqrt{R^2 - y^2} - A$$

va

$$r_{y\min} = \sqrt{R_1^2 - y^2} - A.$$

Bu holda ipyetaklagich kinematikasining tenglamalari quyidagi ko'rinishga keladi:

$$v_y = \frac{v_0(R_0^2 - r_0^2)}{R^2 - R_1^2 - 2A \left[\sqrt{R^2 - y^2} - \sqrt{R_1^2 - y^2} \right]}. \quad (3.104)$$

$$a_y = \frac{2v_0^2(R_0^2 - r_0^2)^2 y \left[\frac{\sqrt{R^2 - y^2} - A}{\sqrt{R^2 - y^2}} - \frac{\sqrt{R_1^2 - y^2} - A}{\sqrt{R_1^2 - y^2}} \right]}{\left\{ R^2 - R_1^2 - 2A \left[\sqrt{R^2 - y^2} - \sqrt{R_1^2 - y^2} \right] \right\}^3}, \quad (3.105)$$

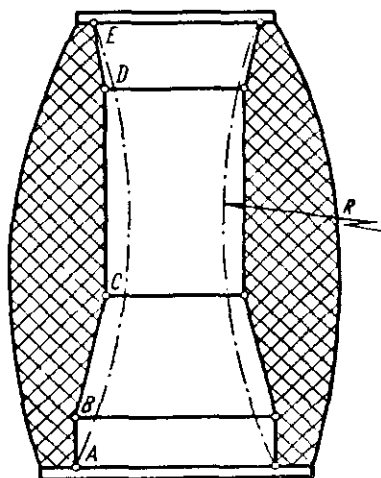
$$(R^2 - R_1^2)y - A \left\{ y\sqrt{R^2 - y^2} + R^2 \arcsin \frac{y}{R} - y\sqrt{R_1^2 - y^2} - R_1^2 \arcsin \frac{y}{R_1} \right\} = v_0(R_0^2 - r_0^2)t. \quad (3.106)$$

$R \gg \delta$ bo'lganda

$$\arcsin \frac{y}{R} = \arcsin \frac{y}{R_1}$$

va

$$\sqrt{R^2 - y^2} = \sqrt{R_1^2 - y^2}$$



3.12-rasm. Murakkab shaklli g'altakka o'rash sxemasi.

deb hisoblash mumkin.

Bu shartlar bajarilganda ipyetaklagichning harakatlanish qonuni (3.103) tenglama bilan ifodalanadi.

Tayyor joylama shakli murakkab bo'lganda murakkab shaklli g'altakka o'rashdagi ipyetaklagich kinematikasi tenglamalari. Bu joylama 3.12- rasmda keltirilgan. G'altak va o'rash jismining bunday shakli (3.12-rasm) atsetat ipak uchun mo'ljallangan ipkashlik mashinalarida ishlatiladi. G'altak yasovchisining profili to'rt qismdan iborat.

Har bir qismni alohida ko'rib chiqqanda, g'altakning har bir qis-

mi uchun yuqorida olingan ipyetaklagich kinematikasi tenglamalari to'g'ri bo'lishini aniqlaymiz. Masalan, ipyetaklagich AB va CD qismlar bo'yicha yuqoriga harakatlanganda (3.88 — 3.90) tenglamalar, BC va DE qismlar uchun esa (3.82—3.84) va (3.85 — 3.87) tenglamalar to'g'ri keladi.

Ko'rish qiyin emaski, ip yetish nuqtasi g'altakning bir qismidan ikkinchisiga o'tganda ipyetaklagichning harakat qonuni ham o'zgaradi. G'altak yoki o'rash jismi profilida bunday o'tishlar qancha ko'p bo'lsa, o'rash mexanizmi shuncha noravon ishlaydi. Shuning uchun g'altakning bunday murakkab shaklini soddalashtirish kerak.

Bu holda g'altakning asosiy o'lchamlari saqlanib qoladigan radius R ni har doim tanlansa bo'ladi.

G'altak profilining soddalashuvi o'rash mexanizmining dinamikasini yaxshilaydi, ip chuvalishini va o'ramning muvozanatvorligini yaxshilaydi, bir xil sharoitlarda joylamadagi ip uzunligini oshiradi, o'rash mexanizmini loyihalashni soddalashtiradi va uning detallarini tayyorlash aniqligini oshirish imkonini beradi.

Shuni esda tutish lozimki, g'altak va tayyor joylamalar shaklini loyihalayotganda, ipyetaklagich joylama chetidan chetiga harakat qilochi doimiylikda chetlarda o'rash qalinligini nolga yaqin olib bo'lmaydi, chunki o'rash qalinligi kamayishi bilan chetlarda ipyetaklagichning tezligi oshadi va asosiysi ipyetaklagichning harakat yo'nalishi almashish onida o'rash mexanizmida zarbiy yuklanishlar oshib ketadi.

3.6.2. Ip o'zgaruvchan tezlikda berilishida o'rashning umumiy tenglamalari

Konik yoki notsilindrik shaklli o'rash jismi o'tqazilgan urchuq doimiy o'zgarmas tezlik bilan aylanadi. Urchuqning har bir aylanishida joylamaga bir o'ram o'raladi. O'rash radiusi oshgan sari joylamaning aylanma tezligi ham oshadi. O'rash jismi o'qi bo'ylab uzunlik birligida yotqizilgan ip uzunligi faqat o'rash diametriga bog'liq bo'lmay, balki ipyetaklagich ko'zining chiziqli tezligiga bog'liq bo'lgan nimqavatdagi o'ram qadamiga ham bog'liq. Ipyetaklagich tezligi doimiylikda nimqavat hosil bo'lish vaqtida joylama o'zgarmas tezlik bilan aylansagina o'rash jismi o'qi bo'ylab nimqavatdagi o'ram qadamini o'zgarmas kattalik bo'ladi.

Bu holda ip uzatish tezligi o'rash diametri o'zgarishi bilan o'zgaradi.

Demak, urchuqning tezligi o'zgarmasligida murakkab shaklli joylamani hosil qilish uchun ipyetaklagichni muayyan qonuniyat bo'yicha harakatlantirish kerak.

Bu qonunni aniqlash uchun o'rash jismida ikkita elementar halqani ajratib olamiz va uning radius va joylama o'qi bo'ylab ip bilan to'lish jarayonini ko'rib chiqamiz (3.6- rasmga qarang).

Nimqavatlarning ustma-ust yotqizilishi shu halqalar hajmining ip bilan to'lishiga olib keladi, bunda shu halqalardagi o'ralish strukturalari umumiy holda har xildir.

Birinchi elementar halqadagi ip uzunligi

$$dL_0 = \frac{v_{ael} dt_0}{\cos \beta_0} = \frac{2\pi R_0}{\cos \beta_0} \cdot \frac{dR_0}{k_1 d} \cdot \frac{\Delta y}{k_2 d} = \frac{\omega R_0 dt_0}{\cos \beta_0}.$$

Bu yerdan a halqaning to'lish vaqti quyidagiga teng:

$$t_0 = \frac{2\pi\Delta y}{k_1 k_2 \omega d^2} (R_0 - r_0). \quad (3.107)$$

Shunga o'xshash a halqadan y masofada joylashgan b halqaning to'lish vaqtini aniqlaymiz:

$$t_1 = \frac{2\pi\Delta y}{k'_1 k'_2 \omega d^2} (R_1 - r_1), \quad (3.108)$$

bu yerda ω — o'rash jismining aylanish burchak tezligi.

Butun a halqani ip bilan to'ldirish uchun ipyetaklagichni o'rash jismi aylanish o'qi bo'ylab v_0 tezlik bilan t_0 vaqt davomida harakatlantirish kerak, ya'ni

$$\Delta y = v_0 t_0,$$

ikkinchi kesmada esa v_1 tezlik bilan t vaqt davomida, ya'ni

$$\Delta y = v_1 t.$$

Shu tengliklarni tenglashtirsak, quyidagini olamiz:

$$\frac{t_0}{t_1} = \frac{v_1}{v_0}. \quad (3.109)$$

Birinchi yaqinlashuvda $k_1 = k'_1$ va $k_2 = k'_2$ deb olsak, a halqani to'ldirishdagi ipyetaklagich tezligiga va shu halqalar qalinliklari nisbatiga bog'liq b halqani to'ldirishda ipyetaklagich tezligini olamiz:

$$v_y = v_t = v_0 \frac{R_0 - r_0}{R_1 - r_1} = v_0 \frac{R_0 - r_0}{R_y - r_y} = v_0 \frac{\delta_0}{\delta_y}. \quad (3.110)$$

Bu ifodadan xulosa chiqadiki, radius bo'yicha bir xil qalinlikda o'rashda ipyetaklagich tezligi g'altak yoki o'rash jismi profiliga bog'liq bo'lmagan holda bir xil o'zgarish kattalik bo'ladi.

Lekin, bu xulosa faqat $k_1 = k'_1$ va $k_2 = k'_2$ koeffitsiyentlar tengligida to'g'riligini esda tutish lozim.

Haqiqatda esa ezilish koeffitsiyentlari k_1 va k_2 nafaqat o'rash diametri va ip tarangligiga, balki ip yo'g'onligi, uning bikrligi, ipning ipga ishqalanish koeffitsiyenti, ip eshimi, o'rash jismi shakli, nimqavatdagi o'ramlar qadami va boshqa omillarga bog'liq.

Aytib o'tilgan hamma omillarga shu koeffitsiyentlarning analitik bog'lanishini topish juda qiyin, chunki ulardan ko'pi o'rash jarayonida o'zgarib turadi.

O'rash jismi o'qi bo'ylab ipyetaklagich tezlinishi umumiy holda quyidagiga teng:

$$a_y = v_0 \frac{(R_0 - r_0)(\dot{R}_0 - \dot{r}_0)}{(R_y - r_y)^2}. \quad (3.111)$$

O'rash tezligi o'zgaruvchan bo'lganda o'rashning umumiy tenglamasini differensial shaklda olish uchun (3.110) tenglamani y ga nisbatan yechish kerak, unda

$$v_y = \frac{dy}{dt} = v_0 \frac{R_0 - r_0}{R_y - r_y},$$

bo'lgani uchun

$$(R_y - r_y)dy = v_0(R_0 - r_0)dt \quad (3.112)$$

bo'ladi.

Har bir konkret holda o'rashning joriy radiuslarining y ga bog'lanishini topish va shu bog'lanishlarni ipyetaklagich kinematikasi umumiy tenglamalariga qo'yish lozim.

Ipyetaklagichning harakat qonunini aniqlashda (3.112) tenglamaga topilgan bog'lanishlarni qo'ygandan so'ng chap tomonni 0 dan y gacha, o'ng tomonni esa 0 dan t gacha integrallash lozim.

Bir necha misollar ko'ramiz.

Tayyor joylama shakli konik bo'lganda konik naychaga o'rashda ipyetaklagich kinematikasi tenglamalari. Ipyetaklagich konusning kichik asosidan kattasiga harakatlanganda quyidagini olamiz:

$$r_y = r_0 + y \operatorname{tg} \gamma; \quad \dot{r}_y = v_y \operatorname{tg} \gamma;$$

$$R_y = R_0 + y \operatorname{tg} \alpha; \quad \dot{R}_y = v_y \operatorname{tg} \alpha;$$

$$y = \sqrt{\frac{(R_0 - r_0)^2}{(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma)^2} + \frac{2v_0(R_0 - r_0)t}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma}} - \frac{R_0 - r_0}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma}; \quad (3.113)$$

$$v_y = \frac{v_0(R_0 - r_0)}{R_0 - r_0 + y(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma)}; \quad (3.114)$$

$$a_y = \frac{v_0^2(R_0 - r_0)^2(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma)}{[R_0 - r_0 + y(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma)]^3}. \quad (3.115)$$

Ipyetaklagich konusning katta asosidan kichigiga harakatlanganda esa

$$r_y = r + y \operatorname{tg} \gamma; \quad \dot{r}_y = -v_y \operatorname{tg} \gamma;$$

$$R_y = R + y \operatorname{tg} \alpha; \quad \dot{R}_y = -v_y \operatorname{tg} \alpha;$$

$$y = \frac{R - r}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma} - \sqrt{\frac{(R - r)^2}{(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma)^2} - \frac{2v_0(R - r)t}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma}}; \quad (3.116)$$

$$v_y = \frac{v_0(R - r)}{R - r - y(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma)}; \quad (3.117)$$

$$a_y = \frac{v_0^2(R - r)^2(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma)}{[R - r - y(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma)]^3}. \quad (3.118)$$

Tayyor joylama shaklini silindrik qilib silindrik g'altakka o'rash ($\alpha = \gamma \neq 0$):

$$y = v_0 t;$$

$$v_y = v_0 = \text{const};$$

$$a_y = 0.$$

Qatlam qalinligi o'zgarmas qilib yumaloq konusga o'rash ($\alpha = \gamma \neq 0$):

$$\begin{aligned}y &= v_0 t; \\v_y &= v_0 = \text{const}; \\a_y &= 0.\end{aligned}$$

Tayyor joylama shakli konussimon qilib silindrik g'altakka o'rash ($\gamma = 0$ va $\alpha \neq 0$). Ipyetaklagich konusning kichik asosidan kattasiga harakatlanganda

$$y = \sqrt{\frac{(R_0 - r_0)^2}{\text{tg}^2 \alpha} + \frac{2v_0(R_0 - r_0)t}{\text{tg} \alpha}} - \frac{R_0 - r_0}{\text{tg} \alpha} = \sqrt{\frac{(R_0 - r_0)^2}{\text{tg}^2 \alpha} - \frac{Ct}{\text{tg} \alpha}} - \frac{R_0 - r_0}{\text{tg} \alpha}; \quad (3.119)$$

$$v_y = \frac{R_0 - r_0}{R_0 - r_0 + y \text{tg} \alpha}; \quad (3.120)$$

$$a_y = -v_0^2 \frac{(R_0 - r_0)^2 \text{tg} \alpha}{[R_0 - r_0 + y \text{tg} \alpha]^3}. \quad (3.121)$$

Ipyetaklagich konusning katta asosidan kichigiga harakatlanganda

$$y = \frac{R - r}{\text{tg} \alpha} - \sqrt{\frac{(R - r)^2}{\text{tg}^2 \alpha} - \frac{2v_0(R - r)t}{\text{tg} \alpha}}; \quad (3.122)$$

$$v_y = v_0 \frac{R - r}{R - r - y \text{tg} \alpha}; \quad (3.123)$$

$$a_y = v_0^2 \frac{(R - r)^2 \text{tg} \alpha}{[R - r - y \text{tg} \alpha]^3}. \quad (3.124)$$

Tayyor joylamaning shakli simmetrik sferoid qilib silindrik g'altakka o'rash ipyetaklagich kinematikasining tenglamalari.

$$r_y = r_0 = \text{const} \quad \text{va} \quad R_y = \sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} - A$$

bo'lganligi uchun quyidagini yozishimiz mumkin:

$$\begin{aligned}&\frac{H}{2} \sqrt{R^2 - \frac{H^2}{4}} + R^2 \left(\arcsin \frac{H}{2R} - \arcsin \frac{H - 2y}{2R} \right) - \\&\frac{-\left(\frac{H}{2} - y\right) \sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} - 2(A + r_0)y}{2v_0(R_0 - r_0)};\end{aligned} \quad (3.125)$$

$$v_y = v_0 \frac{R_0 - r_0}{\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} - A - r_0}; \quad (3.126)$$

$$a_y = - \frac{v_0^2 (R_0 - r_0)^2 \left(\frac{H}{2} - y\right)}{\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} \left[\sqrt{R^2 - \left(\frac{H}{2} - y\right)^2} - A - r_0 \right]^3}. \quad (3.127)$$

Tayyor joylama shakli sferik bo'lganda konik naychaga o'rashdagi ipyetaklagich kinematikasining tenglamalari. Ipyetaklagich konusning katta asosidan kichigiga harakatlanganda 3.6- rasmga muvofiq

$$R_y = \sqrt{R^2 - (B - y)^2} - A; \quad r_y = r_0 - y \operatorname{tg} \gamma$$

bo'ladi. U holda

$$2v_0(R_0 - r_0)t = B\sqrt{R^2 - B^2} + R^2 \left(\arcsin \frac{B}{R} - \arcsin \frac{B-y}{R} \right) - (B-y)\sqrt{R^2 - (B-y)^2} - 2(A+r_0)y + y^2 \operatorname{tg} \gamma; \quad (3.128)$$

$$v_y = v_0 \frac{R_0 - r_0}{\sqrt{R^2 - (B-y)^2} - A - r_0 + y \operatorname{tg} \gamma}; \quad (3.129)$$

$$a_y = - \frac{v_0^2 (R_0 - r_0)^2 \left[\frac{B-y}{\sqrt{R^2 - (B-y)^2}} - \operatorname{tg} \gamma \right]}{\left[\sqrt{R^2 - (B-y)^2} - A - r_0 + y \operatorname{tg} \gamma \right]^3}. \quad (3.130)$$

Ipyetaklagich naycha konusining kichik asosidan kattasiga harakatlanganda, yana o'sha rasmga muvofiq

$$C = H - B; \quad R_y = \sqrt{R^2 - (C - y)^2} - A; \quad r_y = r_1 + y \operatorname{tg} \gamma$$

bo'ladi. U holda

$$2v_0(R_1 r_1)t = C\sqrt{R^2 - C^2} + R^2 \left(\arcsin \frac{C}{R} - \arcsin \frac{C-y}{R} \right) - (C-y)\sqrt{R^2 - (C-y)^2} - 2(A+r_1)y + y^2 \operatorname{tg} \gamma; \quad (3.131)$$

$$v_y = \frac{v_0(R_1 - r_1)}{\sqrt{R^2 - (\tilde{N} - y)^2 - A - r_1 - y \operatorname{tg} \gamma}}; \quad (3.132)$$

$$a_y = - \frac{v_0^2(R_1 - r_1)^2 \left[\frac{\tilde{N} - y}{\sqrt{R^2 - (\tilde{N} - y)^2}} + \operatorname{tg} \gamma \right]}{\left[\sqrt{R^2 - (\tilde{N} - y)^2 - A - r_1 - y \operatorname{tg} \gamma} \right]^3}. \quad (3.133)$$

Egarsimon shaklli g'altakka o'rashdagi ipyetaklagich kinematikasining tenglamalari. Tayyor joylama shakli — nosimmetrik sferoid.

$R_y = \sqrt{R^2 - (B - y)^2} - A$; $r_y = A_1 - \sqrt{R_1^2 - (B_1 - y_1)^2} + y \operatorname{tg} \gamma$
bo'lganligi uchun quyidagini yozishimiz mumkin:

$$\begin{aligned} 2v_0(R_1 r_1)t = & B\sqrt{R^2 - B^2} + R^2 \left(\arcsin \frac{B}{R} - \arcsin \frac{B-y}{R} \right) - \\ & -(B-y)\sqrt{R^2 - (B-y)^2} + B_1\sqrt{R_1^2 - B_1^2} + R_1^2 \times \\ & \times \left(\arcsin \frac{B_1}{R_1} - \arcsin \frac{B_1-y}{R_1} \right) - \\ & -(B_1-y)\sqrt{R_1^2 - (B_1-y)^2} - 2(A + A_1)y; \end{aligned} \quad (3.134)$$

$$v_y = \frac{v_0(R_0 - r_0)}{\sqrt{R^2 - (B-y)^2 - A - A_1 + \sqrt{R_1^2 - (B_1-y)^2}}}; \quad (3.135)$$

$$a_y = - \frac{v_0^2(R_0 - r_0)^2 \left[\frac{B-y}{\sqrt{R^2 - (B-y)^2}} + \frac{B_1-y}{\sqrt{R_1^2 - (B_1-y)^2}} \right]}{\left[\sqrt{R^2 - (\tilde{N} - y)^2 - A - A_1 + \sqrt{R_1^2 - (B_1-y)^2}} \right]^3}. \quad (3.136)$$

Sferik jismga nimqavat qalinligini o'zgartras qilib o'rashdagi ipyetaklagich kinematikasining tenglamalari (3.11- rasimga qarang). Bu holda quyidagiga ega bo'lamiz (y ning hisobi g'altak o'rtasidan bo'ladi):

$$R_y = \sqrt{R^2 - y^2} - A;$$

$$\dot{R}_y = - \frac{\dot{y} v_y}{\sqrt{R^2 - y^2}};$$

$$r_y = \sqrt{R_1^2 - y^2} - A;$$

$$\dot{r}_y = -\frac{\dot{y}v_y}{\sqrt{R_1^2 - y^2}}.$$

U holda

$$2v_0(R - R_1)t = y\left(\sqrt{R^2 - y^2} - \sqrt{R_1^2 - y^2}\right) + R^2 \arcsin \frac{y}{R} - R_1^2 \arcsin \frac{y}{R_1}; \quad (3.137)$$

$$v_y = v_0 \frac{R - R_1}{\sqrt{R^2 - y^2} - \sqrt{R_1^2 - y^2}}; \quad (3.138)$$

$$a_y = v_0 \frac{v_0^2 (R - R_1)^2 y \left(\frac{1}{\sqrt{R^2 - y^2}} - \frac{1}{\sqrt{R_1^2 - y^2}} \right)}{\left(\sqrt{R^2 - y^2} - \sqrt{R_1^2 - y^2} \right)^3}. \quad (3.139)$$

Olingan bog‘lanishlar va formulalarning tahlili quyidagi xulosalarga olib keladi:

1. O‘rashning umumiy tenglamalari oldindan belgilangan shaklli joylama olishda, ip berish tezligi o‘zgarmas va o‘zgaruvchanligida ipyetaklagichning kinematik parametrlarini aniqlashga imkon beradi.

2. Naycha va g‘altaklarga o‘rash yotiq kesishuvli va qiya kesishuvli bo‘lishi mumkin. Olingan tenglama va formulalar har qanday o‘rash uchun yaraydi, lekin kesishuvsiz o‘rashda aniqroq natijalar beradi.

3. Joylamaning alohida sohasidagi radius bo‘yicha o‘rash qalinligi boshqa sohalardagiga nisbatan qanchalik kichik bo‘lsa, birinchi sohalarda ipyetaklagichning tezlik va tezlanishi shuncha katta bo‘ladi.

4. Ipyetaklagich qulochi doimiyligida (o‘rash jismi o‘qi bo‘ylab uning siljishisiz) joylama chetlarida o‘rash qalinligi juda kichik olinmasligi kerak.

5. G‘altak va o‘rash jismining murakkab shakli og‘irlik markazi pastga surilgan maksimal massali joylamalar olish imkonini beradi, bu esa urchuqlar ishiga ijobiy ta‘sir qiladi hamda muvozanatvor o‘ramli va chuvaluvchanligi yaxshi bo‘lgan joylamalar olish imkonini beradi.

6. Chuvaluvchanligi yaxshi bo‘lgan maksimal massali joylamalar olish uchun egarsimon g‘altaklarni qo‘llash yuqori flanetsi diametri kichraytirilgan (3.12- rasmga qarang), tayyor joylamalarni esa — sferoid shaklli qilib o‘rash lozim.

7. O'rash jismidagi bir nimqavatni shakllashda ko'p hollarda joylama balandligi bo'yicha o'rash sharoitlari bir muncha o'zgaradi, shuning uchun nafakat ezilish koeffitsiyentlari, balki to'lish koeffitsiyenti ham bir muncha farqlanadi.

8. Amaliyotda ipyetaklagich ko'zining harakati qaytma ekani uchun bir jinsli strukturani olish juda qiyin bo'lsa ham o'rash mexanizmlarini loyihalashda birinchi yaqinlashuvda har bir so'taning strukturasi birjinsli hisoblash mumkin.

9. Ipyetaklagich harakati qonuniyatining analitik ifodasi ko'p hollarda u koordinataga nisbatan oshkor ko'rinishda juda murakkab bo'lganligi sababli oshkormas yoki vaqt t ga nisbatan oshkor ko'rinishda yozilishi qulayroq bo'ladi.

Xulosa

Shunday qilib, o'rash tenglamalari o'rash nuqtasining o'rash jismiga nisbatan harakatini, o'rashning kinematik ko'rsatkichlarini belgilab beradi. O'rash mexanizmlarini loyihalash ishlarida ko'proq o'rashning differensial hisob asosida tuzilgan tenglamalaridan foydalaniladi. Shu nuqtai nazardan biz o'rashning umumiy ko'rinishdagi tenglamasi, silindrik, konussimon va sferoid o'ralishlar uchun o'rashning differensial tenglamalari, ixtiyoriy shakldagi jismga joylamani berilgan shaklda ip o'zgarmas va o'zgaruvchan tezlikda berilganda o'rashning umumiy tenglamalari hosil qilindi va tahlil qilindi.

Nazorat savollari

1. O'rashning differensial tenglamalari nimaga asoslanadi?
2. O'rash tenglamalari haqida nimalar bilasiz?
3. O'rashning differensial ko'rinishdagi umumiy tenglamasini chiqaring.
4. Silindrik o'ralishda o'rashning differensial tenglamasini chiqaring.
5. Konussimon o'ralishda o'rashning differensial tenglamasini chiqaring.
6. Sferoid o'ralishda o'rashning differensial tenglamalari qanday chiqariladi?
7. Ixtiyoriy shakldagi jismga joylamani berilgan shaklda o'rashda o'rash tenglamalari qanday chiqariladi?
8. Ip o'zgarmas tezlikda berilganda o'rashning umumiy tenglamalari qanday chiqariladi?
9. Ip o'zgaruvchan tezlikda berilganda o'rashning umumiy tenglamalari qanday chiqariladi?

4. O'RASHNING VEKTOR TENGLAMALARI

4.1. Asosiy tushunchalar

Yotqizish nuqtasi A (4.1-rasm) deb ipning joylamadagi harakati-da ipyetaklagich ko'zi bilan oxirgi tegish nuqtasi yoki ipyetaklagich-dan ajrash nuqtasiga aytiladi.

Ipyetaklagich harakatida yotqizish nuqtasi *A* ning fazoda ketma-ket egallagan nuqtalarining geometrik o'rniga A_1AA_2 *yotqizish chizig'i* deyiladi.

Joylamani chegaralaydigan va unga ip o'raladigan aylanish yuzasi *o'rash yuzasi* deyiladi.

O'rash nuqtasi B deb o'rash yuzasining ip ipyetaklagich ko'zi-dan kelib qo'shiladigan nuqtasi yoki yetish (yetishuv) nuqtasiga ayti-ladi. O'rash nuqtasi *B* o'rash jarayonida fazoda ketma-ket egallaydigan nuqtalarning geometrik o'rni *o'rash chizig'i* B_1BB_2 deyiladi (4.1-rasm), o'rash yuzasiga yotqizilgan ip o'rami egrilanmasi $B_1B'B''B$ o'rash chizig'i deyiladi.

Xarakterlovchi vektor kattaliklarni ifodalash uchun ikkita to'g'ri burchakli koordinata sistemalari tanlaymiz:

— *OZ* o'qi o'rash yuzasi yoki joylama o'qi bilan ustma-ust hara-katsiz *XOYZ* sistemasi;

— *OZ* o'qi atrofida

$$\bar{\omega}(0, 0, \pm \omega) \quad (4.1)$$

burchak tezlik bilan aylanuvchi joylama bilan bog'langan $X_1O_1Y_1Z_1$ harakatli sistemasi.

Aytaylik o'rash yoki ip yotqizish davrasi t_y davomida o'rash yuza-sining yasovchisi

$$\bar{R}_0(0; \rho(z); z) \quad (4.2)$$

ko'rinishda aniqlanib, unda $\rho = \rho(z)$ va yotqizish chizig'i esa

$$\bar{R}_A(X, Y, Z) \quad (4.3)$$

tarzda aniqlangan bo'lib, bunda

$$\begin{cases} X = X(t), \\ Y = Y(t), \\ Z = Z(t) \end{cases} \quad 0 \leq t \leq t_y \quad (4.4)$$

yotqizish nuqtasining yotqizish chizig'i bo'ylab harakat tenglamalari bo'lsin.

Yotqizish chizig'i (4.3) boshqacha berilishi ham mumkin, ya'ni:

$R_A = \{F \cos v; F \sin v; Z\}$, (4.5)
bu yerda

$$F = F(Z) = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad (4.6)$$

yotqizish nuqtasi A dan OZ o'qqa tushirilgan perpendikular uzunligi

$$v = \arctg \left[\frac{Y}{X} \right] \quad (4.7)$$

esa shu perpendikular va XOZ tekislik orasidagi burchakdir.

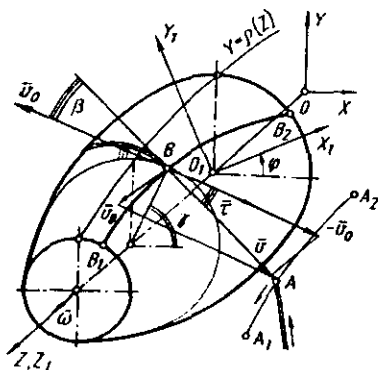
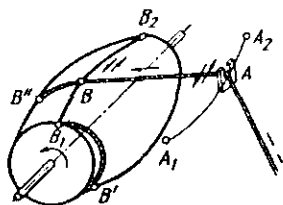
Davriy funksiya $Z = Z(t)$, bu yerda $0 \leq t \leq t_y$, yotqizish nuqtasi A ning joylama o'qiga parallel yo'nalishdagi harakat qonuniyatini belgilaydi. Vaqt $t = 0$ bo'lganida

$Z(0) = Z_0$ va $0 < t < \theta$ da yotqizish nuqtasi Z kattalashadigan bir tomonga harakat qiladi va $t = \theta$ da $Z(\theta) = Z_0 + L_A$ ga ega bo'lamiz. Keyin $\theta < t < t_y$ da yotqizish nuqtasi orqaga harakat qiladi va $t = t_0$ da $Z(t_y) = Z(0) = Z_0$ bo'ladi.

Kattalik L_A yotqizish nuqtasi harakat traektoriyasi A_1A_2 ning OZ o'qi yo'nalish bo'yicha uzunligini belgilaydi. Funksiya $Z = Z(0)$ ipyotqizgich harakatining hamma mumkin bo'lgan holatlarini o'z ichiga oladi. Ipyotqizg'ich harakatining eng sodda holati shuki, $0 < t < \theta$ bo'lganda Z kattalik uzluksiz kattalashadi, $\theta < t < t_y$ bo'lganida esa uzluksiz kichiklashadi. Amalda 2.8- badda ko'rilgandan murakkab tarkibli harakat turlari ham qo'llaniladi.

O'rash yuzasi xohlangan nuqtasining radius-vektori

$$\bar{R}\{p(z) \cos \gamma; p(z) \sin \gamma, z\} \quad (4.8)$$



4.1-rasm. Ipni joylamaga o'rash jarayoni.

bo'lib, unda γ — XOZ tekislik va $\bar{R}$ nuqtadan OZ aylanish o'qiga tushirilgan perpendikular orasidagi burchak.

Agar (4.8)da $z = \text{const}$ bo'lsa, o'rash yuzasi parallelining radius-vektoriga ega bo'lamiz, $\gamma = \text{const}$ bo'lganda esa shu yuzaning meridianini olamiz.

O'rash nuqtasi radius-vektorini

$$\bar{R}_B(x, y, z) \quad (4.9)$$

bilan belgilaganimizda undagi

$$\begin{cases} x = x(t), \\ y = y(t); \\ z = z(t) \end{cases} \quad 0 \leq t \leq t_y \quad (4.10)$$

o'rash nuqtasining o'rash chizig'i bo'ylab harakati tenglamalari bo'ladi.

O'rash nuqtasida $\bar{R} = \bar{R}_B$ shart bajariladi, ya'ni

$$x = \rho \cos \gamma, \quad y = \rho \sin \gamma \quad (4.11)$$

bo'lib, bu yerda γ endi B nuqtasidan OZ o'qqa tushirilgan perpendikular va XOZ tekislik orasidagi burchakdir (4.1-rasm).

B_1B_2 o'rash chizig'ining OZ o'qi yo'nalishidagi uzunligini L_B bilan belgilaymiz. Barqaror o'rash sharoitida o'rash nuqtasi harakati-ning davriyligidan

$$z(t_y) = z(0) = z_0 \quad (4.12)$$

kelib chiqadi. Xuddi shunday

$$\gamma(t_y) = \gamma(0) = \gamma_0, \quad (4.12 a)$$

$$x(t_y) = x(0) = x_0, \quad (4.12 b)$$

$$y(t_y) = y(0) = y_0. \quad (4.12 d)$$

Bunda biz o'rash yuzasi yasovchisining t_y o'rash davrasi davomida joylama hajmi kattalashuvi natijasida shakli o'zgarishi amalda yuz bermasligi uchun uni hisobga olmaganmiz.

Ipning yotqizish A va yetishuv B nuqtalari orasidagi erkin qismi bo'lganligi tufayli yotqizish nuqtasi ma'lum darajada yetishuv nuqtasida orqada qolishi va xususan $L_A > L_B$ bo'lishi amaliyotdan ma'lum.

Endi o'rash nuqtasi radius-vektori $\bar{R}_1$ ni harakatlanuvchi koordinata sistemasi $X_1O_1Y_1Z_1$ da aniqlaymiz. Vaqt $t = 0$ da O_1X_1 va OX

o'qlar bir xil yo'nalgan bo'lsin. Agar qaysidir vaqt oni t da $X_1 O_1 Y_1 Z_1$ sistema $XOYZ$ sistemaga nisbatan

$$\varphi = \pm \varphi(t) = \pm \int_0^t \omega dt \quad (4.13)$$

burchakka burilsa, o'rash nuqtasining (4.11) dagi abssissa va ordinata-si harakatlanuvchi koordinata sistemasida

$$x_1 = \rho \cos(\gamma \pm \varphi); \quad y_1 = \rho \sin(\gamma \pm \varphi) \quad (4.14)$$

bo'ladi. U holda

$$\bar{R}_1(x_1, y_1, z - z_k) \quad (4.15)$$

bo'ladi va bunda z_k — O va O_1 nuqtalar orasidagi masofa.

O'rash nuqtasi B dan boshlanadigan *ahamiyatli vektorlarni* ko'rib chiqamiz.

1. O'rash yuzasi paralleliga o'rash nuqtasida urinma vektor:

$$\frac{\partial \bar{R}}{\partial \gamma} = \bar{\tau}(\rho \sin \gamma, \rho \cos \gamma, 0) = \bar{\tau}(-y, x, 0). \quad (4.16)$$

2. Ipyetaklagich va joylama yuzasi orasidagi ipning erkin qismi-ning kattaligi va holatini belgilovchi vektor:

$$\begin{aligned} \bar{R}_A - \bar{R}_B &= \bar{B}\bar{A}(X - x; Y - y; Z - z) = \\ &= \bar{B}\bar{A}(F \cos \nu - \rho \cos \gamma; F \sin \nu - \rho \sin \gamma; Z - z). \end{aligned} \quad (4.17)$$

3. O'rash nuqtasining o'rash chizig'i bo'ylab harakat tezligini belgilovchi vektor:

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{R}_B}{dt} &= \bar{v}_B(\dot{x}; \dot{y}; \dot{z}) = \\ &= \bar{v}_B(\dot{z}\rho' \cos \gamma - \dot{\gamma}\rho \sin \gamma; \dot{z}\rho' \sin \gamma + \dot{\gamma}\rho \cos \gamma; \dot{z}). \end{aligned} \quad (4.18)$$

4. O'rash yuzasining o'rash nuqtasidagi chiziqli tezligini belgilovchi vektor

$$\bar{\omega}x\bar{R}_B = \bar{v}\{\mp \omega y; \pm \omega x; 0\} = \bar{v}_0\{\mp \omega \rho \sin \gamma; \pm \omega \rho \cos \gamma; 0\}. \quad (4.19)$$

Bu yerda $\bar{v}_0$ o'rash nuqtasining o'rash yuzasi paralleli bo'ylab nisbiy tezligini belgilaydi. Unda o'rash tezligi yoki o'rash nuqtasining o'rash chizig'i bo'ylab o'rash yuzasiga nisbatan mutloq tezligi $\bar{v}_B$ bo'ladi:

$$\begin{aligned}\bar{v}_B - \bar{v}_0 &= \bar{v}(\dot{x} \pm \omega y, \dot{y} \mp \omega x, \dot{z}) = \\ &= \bar{v} \{ \dot{z} \rho' \cos \gamma + (\pm \omega - \dot{\gamma}) \rho \sin \gamma, \dot{z} \rho' \sin \gamma - (\pm \omega - \dot{\gamma}) \rho \cos \gamma, \dot{z} \}. \quad (4.20)\end{aligned}$$

4.2. O'rashning vektor ko'rinishdagi umumiy tenglamasi

Vektorlar $\bar{\omega}$, $\bar{R}_0$ va $\bar{R}_A$ berilgan hol uchun $\bar{R}_B$ ni topaylik. Bu bizga o'rash nuqtasining yotqizish davrasidagi harakatini va o'rash chizig'ini aniqlashga imkon beradi. Joylamaning aylanish qonuni, uning yasovchisining shakli, yotqizish chizig'ining shakli va u bo'ylab yotqizish chizig'ining harakat qonuniga qarab o'rash nuqtasi koordinatalarini quyidagicha topamiz (4.1-rasm):

$$x = \rho \cos \gamma; \quad y = \rho \sin \gamma; \quad z = z(t) \quad (4.21)$$

Ko'rinadiki, bu yerda masalani yechish uchun ikkita $\gamma = \gamma(t)$ va $z = z(t)$ funksiyalarni topish yetarli.

Faraz qilamizki, ip yotqizish A va o'rash B nuqtalari orasida to'g'ri chiziq bo'ylab joylashadi. Unda $\bar{v}$ va $\bar{BA}$ vektorlar (4.1-rasm) o'rash chizig'iga B nuqtada urinma bo'lgan bitta $\bar{BA}$ to'g'ri chiziqda joylashgan va o'zaro quyidagicha bog'langan bo'ladi:

$$\bar{v} = k_H \bar{BA}, \quad (4.22)$$

bu yerda k_H — skalar ko'paytuvchi.

Olingan tenglama o'rashning vektoriy ko'rinishdagi kinematik tenglamasidir. Bu tenglamadan $\bar{v}$ va $\bar{BA}$ vektorlarning (4.17) va (4.20) ifodalar bo'yicha aniqlangan mos proeksiyalari abssissa, ordinata va applikatalarining nisbatlari teng bo'lishligi kelib chiqadi, ya'ni:

$$\frac{\dot{z} \rho' \cos + (\pm \omega - \dot{\gamma}) \rho \sin \gamma}{F \cos v - \rho \cos \gamma} = \frac{\dot{z} \rho' \sin \gamma - (\pm \omega - \dot{\gamma}) \rho \cos \gamma}{F \sin v - \rho \sin \gamma} = \frac{\dot{z}}{Z - z}. \quad (4.23)$$

Birinchi va uchinchi nisbatlarning tengligidan

$$\dot{z} = \frac{(\pm \omega - \dot{\gamma}) \rho \sin \gamma}{F \cos v - [\rho + (Z - z) \rho'] \cos \gamma} (Z - z),$$

ikkinchi va uchinchi nisbatlarning tengligidan esa

$$\dot{z} = \frac{-(\pm \omega - \dot{\gamma}) \rho \cos \gamma}{F \sin v - [\rho + (Z - z) \rho'] \sin \gamma} (Z - z)$$

ekanligi kelib chiqadi.

Bundan keyin qisqalik uchun

$$f = \rho + (Z - z)\rho' \quad (4.24)$$

deb belgilaymiz.

Olingan $\dot{z}$ uchun ifodalarning o'ng tomonlarini tenglashtirsak, unda

$$F(\sin v \sin \gamma + \cos v \cos \gamma) = f$$

yoki

$$\cos(\gamma - v) = \frac{f}{F}. \quad (4.25)$$

Bu yerdan

$$\gamma = v \pm \arccos\left(\frac{f}{F}\right). \quad (4.26)$$

(4.26) dan ko'ramizki, umumiy holda $\gamma \neq \text{const}$, ya'ni o'rash chizig'i joylamaning yasovchisi bilan ustma-ust tushmaydi.

(4.6) va (4.7)ga binoan

$$\sin v = \frac{Y}{F}; \quad \cos v = \frac{X}{F},$$

shunga ko'ra (4.26)ni hisobga olib, o'rash nuqtasi absissasi va ordinatasi uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$x = \frac{\rho}{F^2} \left\{ Xf \mp Y\sqrt{F^2 - f^2} \right\}; y = \frac{\rho}{F^2} \left\{ Yf \pm X\sqrt{F^2 - f^2} \right\}. \quad (4.27)$$

(4.23) dagi va ikkinchi nisbatlarning tengligidan

$$\begin{aligned} & \dot{z}\rho'F(\sin \gamma \cos v - \cos \gamma \sin v) = \\ & = (\pm\omega - \dot{\gamma})\rho' \left[(F \sin \gamma \sin v + \cos \gamma \cos v - \rho(\sin^2 \gamma + \cos^2 \gamma)) \right] \end{aligned}$$

yoki

$$\dot{z} = (\pm\omega - \dot{\gamma})\rho' [F \cos(\gamma - v)] \rho' F \sin(\gamma - v)$$

kelib chiqadi. Bu tenglamaga (4.25)dan $\cos(\gamma - v)$ ning qiymatini va

$\sin(\gamma - v) = \sqrt{F^2 - f^2}$ ni qo'yib ixchamlashtirib, quyidagini olamiz:

$$\dot{z} = \frac{(\omega \mp \dot{\gamma})\rho(Z - z)}{\sqrt{F^2 - f^2}}. \quad (4.28)$$

Shunday qilib, izlangan funksiya $z = f(f)$ ni aniqlash uchun (4.28) differensial tenglamaga egamiz. Undagi $\dot{\gamma}$ o'z navbatida (4.26)dan aniqlanadi.

(4.26) dan ko'rinadiki, $\dot{\gamma}$ tarkibida qo'shiluvchi $\dot{v}$ bo'lib, u joylamaning aylanishi yo'nalishiga bog'liq emas. Bu va (4.28) ning o'ng qismida ikki xil ishora borligi umumiy holda joylama aylanishi yo'nalishining o'zgarishi joylama o'qi yo'nalishida o'rash nuqtasi harakat qonuniyatining o'zgarishini ko'rsatadi. Bu harakat qonuniyati $z = z(t)$ ning joylama aylanish yo'nalishiga bog'liq bo'lmasligi uchun $v = \text{const}$ sharti bajarilishi kerak. Bu yotqizish nuqtasining joylama o'qiga parallel to'g'ri chiziqli bo'ylab harakat qilish holatiga to'g'ri keladi.

Endi (4.26) va (4.28)ni birlashtirsak, o'rashning vektoriy-differensial ko'rinishdagi kinematik tenglamalariga ega bo'lamiz:

$$\begin{cases} \gamma = v \pm \arccos\left(\frac{f}{F}\right), \\ \dot{z} = \frac{(\omega \mp \dot{\gamma})\rho}{\sqrt{F^2 - f^2}}. \end{cases} \quad (4.29)$$

O'rash yuzasi to'g'ri chiziqli bo'lganida Lagranj [14] teoremasiga muvofiq

$$f = \rho(z) + (Z - z)\rho'(z) = \rho(Z)$$

bo'ladi. Unda bu xususiy hol uchun (4.29) soddaroq quyidagi ko'rinishida yozilishi mumkin:

$$\begin{cases} \gamma = v \pm \arccos[\rho(z)/F], \\ \dot{z} = \frac{(\omega \mp \dot{\gamma}(z)(Z - z))}{\sqrt{F^2 - \rho^2(Z)}}. \end{cases} \quad (4.30)$$

Biz olgan o'rashning kinematik tenglamalari o'rash nuqtasining o'rash chizig'i bo'ylab harakati qonuniyatini yotqizish nuqtasining berilgan traektoriya bo'ylab harakati, joylamaning shakli va harakatiga bog'liq ravishda belgilab beradi. O'rash nuqtasi harakat qonuniyati aniqlanganidan keyin uning asosida o'rash jarayonining qator kinematik, dinamik va geometrik masalalari hal qilinishi mumkin. Masalan joylama xususiyatlari, undan ip chuvab olish sharoitlari va boshqalar. O'rashning kinematik tenglamalari teskari masalalarni yechish uchun

ham qo'llanishi mumkin. Masalan, joylamaning berilgan xususiyatlari asosida ipyotqizgich harakatining mos qonuniyatini aniqlash va uning asosida o'rash mexanizmini loyihalash kabi.

4.3. Silindrik o'ralishda o'rashning vektor tenglamalari

Silindrik o'ralishdan oldin ipyotqizgich joylama aylanish o'qiga parallel to'g'ri chiziq bo'ylab harakat qiladigan umumiyroq holni ko'raylik (4.2-rasm). Rasmdan yotqizish chizig'i A_1AA_2 to'g'ri chiziqli, OZ ga parallel va XOZ tekisligida yotadi hamda $X = a$, $Y = 0$ tenglamalar bilan ifodalanadi. Bu hol uchun (4.7) dan $v = 0$ kelib chiqadi. Unda (4.29) ning birinchi tenglamasidan

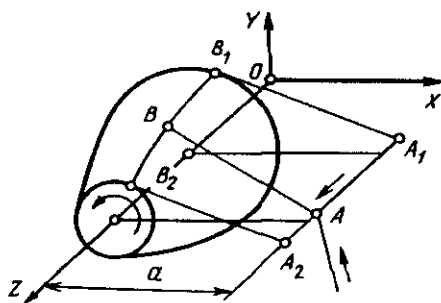
$$\gamma = \pm \arccos\left(\frac{f}{a}\right) \quad (4.31)$$

kelib chiqadi. Shuning uchun

$$x = \rho \cos \gamma = \rho \frac{f}{a},$$

$$y = \rho \sin \gamma = \frac{\pm \rho \sqrt{a^2 - f^2}}{a}$$

bo'ladi. Ko'rilayotgan holatda joylama aylanish yo'nalishi o'zgarganda o'rash chizig'ining shakli o'zgarmay faqat joylanish holati o'zgaradi va $\gamma \neq \text{const}$ bo'lgani uchun joylama yasovchisi bilan ustma-ust tushmaydi.



4.2-rasm. Yotqizish nuqtasining joylama o'qiga parallel to'g'ri chiziq bo'ylab harakati sxemasi.

O'rash nuqtasi applikatasini topish uchun (4.29) ning ikkinchi tenglamasiga

$$\dot{y} = \pm \left[\dot{Z}\rho' + (Z - z)\rho''\dot{z} \right] \sqrt{a^2 - f^2}$$

kattalikni qo'yib, o'rash nuqtasining harakat tezligi qonuniyatini olamiz:

$$\dot{z} = \frac{\rho(Z-z)(\dot{Z}\rho' + \omega\sqrt{a^2 - f^2})}{[a^2 - f^2 - (Z-z)^2\rho'\rho'']} \quad (4.32)$$

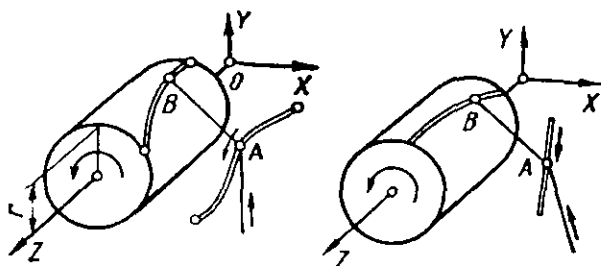
Olingan ifodada ikki xil ishoraning yo'qligi ko'rilayotgan holatda joylama aylanish yo'nalishi o'zgarganda o'rash nuqtasining harakat qonuniyati o'zgarishsiz qolishini ko'rsatadi.

Endi bevosita silindrik joylamaga o'rashga o'tamiz (4.3-rasm). Bu holda o'rash yuzasi r radiusli silindr bo'lib, $\rho = r = \text{const}$ va $\rho' = \rho'' = 0$ bo'ladi.

Aytaylik, $X \neq \text{const}$ va $Y = \text{const}$, ya'ni o'rash chizig'i biror egri chiziq yoki silindr o'qiga parallel bo'lmagan to'g'ri chiziq bo'lsin (4.3-rasm). U holda (4.27)dan quidagini topamiz:

$$x = \frac{r(rX \mp Y\sqrt{X^2 + Y^2 - r^2})}{X^2 + Y^2},$$

$$y = \frac{r(rY \mp X\sqrt{X^2 + Y^2 - r^2})}{X^2 + Y^2}.$$



4.3-rasm. Ipni silindrik joylamaga o'rashning xususiy hollari sxemasi.

Bu yerda x va y o'zgaruvchan, binobarin o'rash chizig'i joylama yuzasi yasovchisi bilan ustma-ust tushmaydi. Ko'rilayotgan holatga taalluqli bo'lgan (4.30)ning birinchi tenglamasidan

$$\gamma = \arctg\left(\frac{Y}{X}\right) \pm \arccos \frac{r}{\sqrt{X^2+Y^2}} \quad (4.33)$$

ekanligi uchun

$$\dot{\gamma} = \frac{X\dot{Y} - \dot{X}Y}{X^2+Y^2} \pm \frac{r(X\dot{X} + Y\dot{Y})}{(X^2+Y^2)\sqrt{X^2+Y^2-r^2}}$$

bo'ladi va (4.30)ning ikkinchi tenglamasi

$$\dot{z} = \frac{[\omega(X^2+Y^2) \mp (X\dot{Y} - \dot{X}Y)]\sqrt{X^2+Y^2-r^2} - r(X\dot{X} + Y\dot{Y})r(Z-z)}{(X^2+Y^2)(X^2+Y^2-r^2)} \quad (4.34)$$

ko'rinishga keladi.

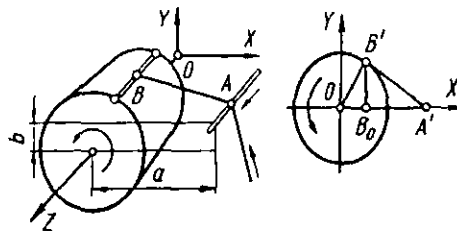
Ko'rayotgan holatimizda joylamaning aylanish yo'nalishi o'zgar-ganda o'rash nuqtasining harakat qonuniyatini ifodalovchi $z = z(t)$ bog'lanish o'zgaradi.

Agar yotqizish chizig'i $X = a$, $Y = b$ shartlar bilan belgilansa, ya'ni u OZ o'qqa parallel to'g'ri chiziq bo'lsa (4.4-rasm), oldingi ifodadan

$$\begin{cases} x = \frac{r(ar \mp b\sqrt{a^2+b^2-r^2})}{a^2+b^2} = \text{const}, \\ y = \frac{r(rb \pm a\sqrt{a^2+b^2-r^2})}{a^2+b^2} = \text{const}, \\ \dot{z} = \frac{\omega r(Z-z)}{\sqrt{a^2+b^2-r^2}}. \end{cases} \quad (4.35)$$

Bu yerda o'rash nuqtasining X va Y koordinatalari doimiyligi uchun o'rash chizig'i silindrning yasovchilaridan biri bilan ustma-ust tushishi ma'lum bo'ladi.

Agar $b = 0$ bo'lsa, ya'ni o'rash chizig'i XOZ tekisligida yotgan-da

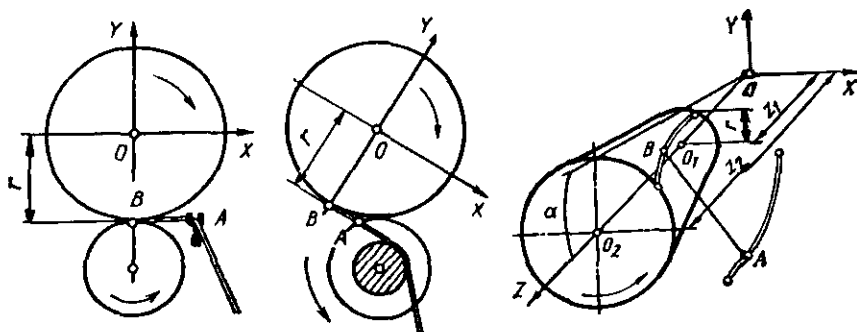


4.4-rasm. Yotqizish chizig'i joylama aylanish o'qiga parallel bo'lganida silindrik o'rash sxemasi.

$$\begin{cases} x = \frac{r^2}{a}, \\ y = \pm \frac{r\sqrt{a^2-r^2}}{a}, \\ \dot{z} = \frac{\omega r(Z-z)}{\sqrt{a^2-r^2}} \end{cases} \quad (4.36)$$

bo'ladi. Bu yerdagi uchinchi tenglamadan ω doimiy bo'lganda

$$\frac{z}{Z-z} = \frac{\omega r}{\sqrt{a^2-r^2}} = \text{const} \quad (4.37)$$



4.5-rasm. Silindrik joylamani o'rovchi baraban yordamida o'rash sxemasi.

bo'ladi. Olingan tenglamadan ko'rinadiki, o'rash nuqtasining silindrik joylama o'qi bo'ylab tezligi $\dot{z}$ o'zgarmas bo'lishi uchun yotqizish nuqtasi o'rash nuqtasidan doimo $(Z - z)$ kattalikka oldinda yurishi kerak. Amalda o'rash ilgarilanma-qaytma harakat bilan sodir bo'lgani uchun bu shartni bajarib bo'lmaydi. Shuning uchun eng sodda hollarda ham o'rash nuqtasining harakati notekis bo'ladi.

Harakat yo'nalishi o'zgarayotganda $Z - z \rightarrow 0$ va $\dot{z} \rightarrow 0$ bo'ladi.

Yotqizish chizig'ini o'rash chizig'iga yaqinlashtirsak, ya'ni ko'rsatkich a ni $a \rightarrow r$ tarzda kichiklashtirsak, o'rash nuqtasining harakat tezligi $\dot{z}$ chegaralanganligi sababli o'rash nuqtasining harakat qonuniyati yotqizish nuqtasining harakat qonuniyatiga yaqinlashib boradi. Agar (4.35)da $b = -r$ deb qabul qilsak, pastki ishoralarda quyidagini olamiz:

$$\begin{cases} x = 0, \\ y = -r, \\ \dot{z} = \frac{\omega r(Z-z)}{a}. \end{cases} \quad (4.38)$$

Ushbu holat o'rovchi barabanchadan harakat oladigan silindrik bobina o'rashda, yetakchi turidagi ipyotqizgich yoki vintsimon ariqchali o'rovchi barabancha ishlatilganda sodir bo'ladi (4.5-rasm).

4.4. Konussimon o'ralishda o'rashning vektor tenglamalari

Kesik konus shaklli joylama o'rashdagi umumiy hol 4.6-rasmda keltirilgan. Bu yerda koordinatalar boshini konus shaklning uchiga joylashtiramiz. Bu holda o'rash yuzasi yasovchisi quyidagi tenglamaga ega bo'ladi:

$$\rho = z \operatorname{tg} \alpha, \quad z_1 \leq z \leq z_2, \quad (4.39)$$

bu yerda z_1 va z_2 — o'rash chizig'ining koordinata boshiga nisbatan, mos ravishda, yaqin va uzoq uchlarining applikatalari;

α — joylama o'qi va konus yasovchisi orasidagi burchak yoki joylamaning konuslik burchagi.

Amalda yotqizish chizig'i doira, konus yasovchilaridan biri bilan ustma-ust yoki joylama o'qiga parallel to'g'ri chiziqli shaklida bo'lishi mumkin. Shularni ko'rib chiqamiz:

1. Yotqizish chizig'i (4.7-rasm) markazi O_3 koordinatalari $x_3 = a + R_d$; $y_3 = 0$; $z_3 = z_1$ va radiusi R_0 bo'lgan aylana bo'lib, $a > r$ va $r = z_1 \operatorname{tg} \alpha$ kesik o'rash asosining radiusi. Yotqizish nuqtasi A ning O_3 ga nisbatan burchak siljishini $\xi = \xi(t)$ ($0 \leq t \leq t_e$) funksiya bilan ifodalaymiz. Yotqizish nuqtasi koordinatalari

$$X = a + R_0(1 - \cos \xi); \quad Y = 0; \quad Z = z_1 + R_0 \sin \xi \quad (4.40)$$

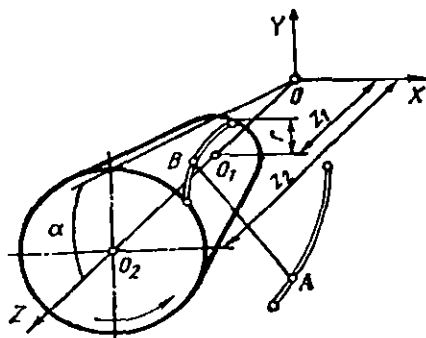
bo'ladi. Bunday holatda o'rash arqoq o'rash avtomatlari YA-300 va ATΠ-290 da arqoq so'tachalari va arqoq nayso'talari o'rashda amalga oshiriladi.

(4.6)dan $F = x$, (4.7)dan $v = 0$ va $\rho = Z \operatorname{tg} \alpha$ ekanligidan (4.30) bo'yicha quyidagilarni olamiz:

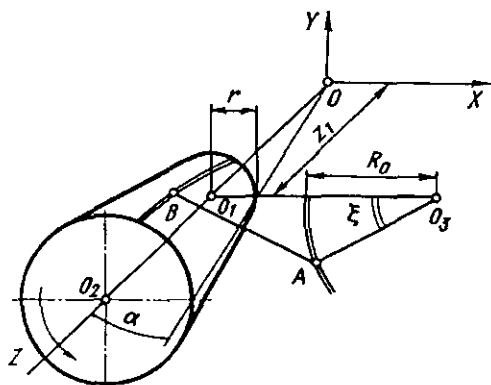
$$\begin{cases} \gamma = \mp \arccos\left(\frac{Z \cdot \operatorname{tg} \alpha}{X}\right), \\ \dot{Z} = \frac{(\omega \mp \dot{\gamma}(Z - z) \operatorname{tg} \alpha)}{\sqrt{X^2 - Z^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}}. \end{cases} \quad (4.41)$$

Tenglamalardan foydalanish uchun $\dot{\gamma}$ ni topamiz:

$$\dot{\gamma} = \frac{\mp (XZ' - X'Z) \xi \cdot \operatorname{tg} \alpha}{X \sqrt{X^2 - Z^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}},$$



4.6-rasm. Kesik konusga o'rashdagi umumiy hol sxemasi.



4.7-rasm. Kesik konus shaklli joylamaga o'rash chizig'i aylana bo'lgan holda o'rash jarayoni sxemasi.

bu yerda $X' = R_0 \sin \xi$ va $Z' = R_0 \cos \xi - \xi$ bo'yicha hosilalar. Natijani (4.41)ning ikkinchi tenglamasiga qo'yib, quyidagini topamiz:

$$\dot{z} = \frac{[\omega X \sqrt{X^2 - Z^2 \tan^2 \alpha} + (XZ' - X'Z)\xi \cdot \tan^2 \alpha] z(Z-z)}{X(X^2 - Z^2 \tan^2 \alpha) \cot \alpha} \quad (4.42)$$

Olingan tenglamani $z = z(t)$ ga nisbatan yechilgandan keyin o'rash nuqtasining qolgan ikki koordinatasi (4.21) tenglama yoki (4.27) tenglama bo'yicha aniqlanishi mumkin.

2. Yotqizish chizig'i

$$X = -\bar{a}, \quad Y = -Z \tan \alpha \quad (Z \tan \alpha < \alpha) \quad (4.43)$$

tenglamalar bilan berilgan to'g'ri chiziq bo'lsin. Bu holda $\rho' = -\tan \alpha$ ni hisobga olganda (4.27) tenglamalar yuqorigi ishoralarda:

$$x = 0 \quad \text{va} \quad y = -z \tan \alpha$$

natijalarni beradi. Bu esa o'rash chizig'i konusning yasovchisi bilan ustma-ust tushinishi bildiradi. Olingan ifodalar bo'yicha $\dot{x} = 0$ va $\dot{y} = -z \tan \alpha$ ekanligidan, o'rashning differensial tenglamasi

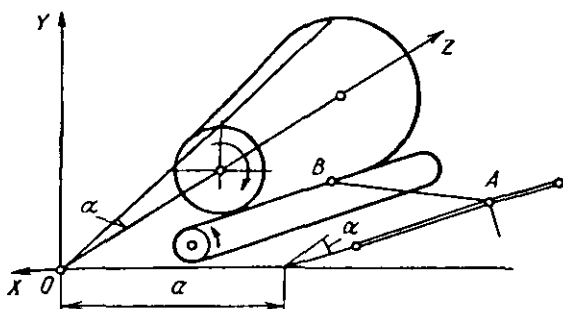
$$\dot{z} = \frac{\omega z(Z-z) \tan \alpha}{a} \quad (4.43a)$$

ko'rinishda bo'ladi.

Oldingi holda (4.37) yotqizish nuqtasining o'rash nuqtasidan $(Z - z)$ kattalikda oldinda yurishi uchun o'rash nuqtasining joylama bo'ylab o'zgarmas tezlikda harakatlanishi yetarli bo'lgan bo'lsa, endi bu yetarli bo'lmaydi, chunki

$$\frac{\dot{z}}{Z-z} = \frac{\omega z \operatorname{tg} \alpha}{a} \neq \text{const.} \quad (4.44)$$

Ko'rilayotgan holat 4.8 rasmda tasvirlangan bo'lib, g'alton o'rov barabanchasidan harakat oladigan va yetakchi turidagi ipyotqizgichli o'rash mexanizmlarida qo'llaniladi (4.8-rasm).



4.8-rasm. Kesik konus shaklli joylamaga o'rash chizig'i konus yasovchisi bilan ustma-ust tushadigan bo'lgandagi o'rash jarayoni sxemasi.

O'rash barabanidagi vintsimon ariqcha yordamida ip yotqizilishini ham taxminan mazkur holat doirasida deb hisoblash mumkin. Shunday qilib, bu holda o'rash kinematik tenglamalarining ko'rinishi bunday bo'ladi:

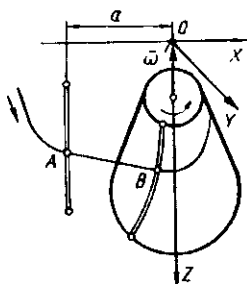
$$\begin{cases} x = 0, \\ y = -z \cdot \operatorname{tg} \alpha, \\ \dot{z} = \frac{\omega \cdot z (Z - z) \cdot \operatorname{tg} \alpha}{a}. \end{cases} \quad (4.45)$$

3. O'rash chizig'i joylama o'qiga parallel to'g'ri chiziqdan iborat (4.9- rasm) va XOZ tekislikda yotadi (4.9-rasm). Bu hol uchun (4.32)

va (4.31) dan olingan o'rashning vektor-differensial tenglamalari quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\begin{cases} x = \frac{Ztg^2\alpha}{a}, \\ y = \frac{\pm z\sqrt{a^2 - Z^2tg^2\alpha} \cdot tg\alpha}{a}, \\ \dot{z} = \frac{(Ztg\alpha + \omega\sqrt{a^2 - Z^2tg^2\alpha})z(Z-z)tg\alpha}{a^2 - Z^2tg^2\alpha}. \end{cases} \quad (4.46)$$

Bu holda o'rash chizig'i joylama yuzasi yasovchisi bilan ustma-ust tushmaydi. Bunday o'rash jarayoni halqali yigiruv va eshuv mashinalari hamda „Tekstima“ arqoq o'rash avtomatida ishlatiladi. Bu yerda ω sifatida yugurdak va joylamaning burchak tezliklari farqi olinadi.



4.9-rasm. Kesik konusga o'rash chizig'i joylama o'qiga parallel to'g'ri chiziq bo'lganda o'rash sxemasi.

4.5. Aylanaviy yasovchili yuzalarga o'rashning vektor tenglamalari

Amaliyotda yasovchisi aylanaviy bo'lgan sferoid (4.10-rasm) va egarsimon (4.11-rasm) shaklli joylamalar ham qo'llaniladi.

$XOYZ$ koordinata sistemasini shunday tanlaymizki, R_0 radiusli yasovchining markazi O_3OY o'qida yotsin.

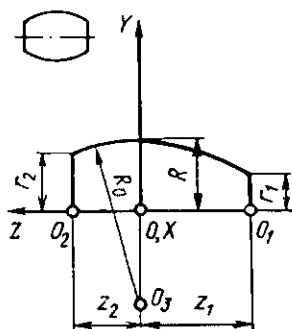
Sferoid joylamaning XOY tekislik bilan kesilgandagi kesimning radiusi R bo'lsin. Sferoidligi O_1 va O_2 asoslari koordinata boshidan z_1 va z_2 uzoqlikda bo'lsin va $z_1 < \sqrt{R_0^2 - (R_0 - R)^2}$, $z_2 < \sqrt{R_0^2 - (R_0 - R)^2}$ shartlar bajarilsin.

Yasovchining tenglamasini quyidagicha yozamiz:

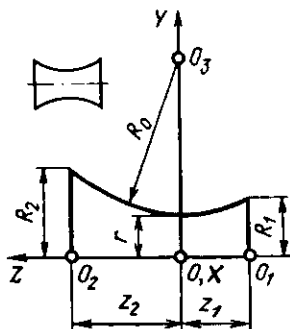
$$\rho = \sqrt{R_0^2 - z^2} - (R_0 - R), \quad -z_1 \leq z \leq z_2. \quad (4.47)$$

Agar $z_1 = z_2$ bo'lsa, simmetrik g'unda o'ralish, $z_1 \neq z_2$ bo'lganda esa nosimmetrik g'unda o'ralish bo'ladi.

Joylama asoslarining radiuslarim, mos ravishda, $r_1 = \sqrt{R_0^2 - z_1^2} - (R_0 - R)$, $r_2 = \sqrt{R_0^2 - z_2^2} - (R_0 - R)$ bo'ladi.



4.10-rasm. Sferoid shaklli joylama sxemasi.



4.11-rasm. Egarsimon shaklli joylama sxemasi.

Agar ipyotqizgich joylama o'qiga parallel to'g'ri chiziq bo'yicha harakatlansa, ya'ni $X = a$, $Y = 0$, $Z = Z(t)$, $0 \leq t \leq t_e$ bo'lsa, o'rash nuqtasi koordinatalari (4.31) va (4.32) bo'yicha aniqlanib,

$$\rho' = \frac{-z}{\sqrt{R_0^2 - z^2}}, \quad \rho'' = -\frac{R_0^2}{\sqrt{(R_0^2 - z^2)^3}}$$

bo'ladi.

Joylama yuzasi egarsimon bo'lganida (4.11-rasm) XOY tekisligi bilan kesimining radiusi r bo'ladi. Yasovchining tenglamasi

$$\rho = R_0 + r - \sqrt{R_0^2 - z^2}. \quad (4.48)$$

$-z_1 \leq z \leq z_2$ bo'lib, bu yerda va z_1 , z_2 lar R_0 dan kichik bo'lishlari kerak. Joylama yonboshlari radiuslari

$$R_1 = R_0 + r - \sqrt{R_0^2 - z_1^2}; \quad R_2 = R_0 + r - \sqrt{R_0^2 - z_2^2}$$

bo'ladi. Agar yotqizish nuqtasi joylama o'qiga parallel harakatlansa, o'rash nuqtasining mos harakati (4.32) bo'yicha aniqlanadi va u yerda

$$\rho' = \frac{z}{\sqrt{R^2 - z^2}}; \quad \rho'' = \frac{R_0^2}{\sqrt{(R_0^2 - z^2)^3}}$$

bo'ladi.

Xulosa

Mazkur bobda o'rash nuqtasining o'rash jismiga nisbatan harakat qonunini belgilaydigan vektor ko'rinishdagi o'rash tenglamalari ko'rildi. Bulardan eng muhimlari o'rashning vektor ko'rinishdagi umumiy tenglamasi silindrik, konussimon va aylanaviy yasovchili — sferoid yuzalarga o'ralishda o'rashning vektor tenglamalari hamda o'rashning turli texnologik ko'rsatkichlarini vektor tenglamalar asosida aniqlash masalalari ko'rib chiqildi.

Nazorat savollari

1. O'rashning vektor tenglamalari nimaga asoslanadi?
2. Vektor tenglamalar qaysi asosiy tushunchalarga asoslanadi?
3. O'rashning vektor ko'rinishdagi umumiy tenglamasini chiqaring.
4. Silindrik o'ralishda o'rashning vektor tenglamalarini chiqaring.
5. Konussimon o'ralishda o'rashning vektor tenglamalarini chiqaring.
6. Vektor tenglamalarining afzalliklari nimalardan iborat?
7. Turli shakldagi joylama o'rash tenglamalari qanday chiqariladi?
8. Aylanaviy yasovchili yuzalarga o'rashning vektoriy tenglamalari.

5. O'RASHNING KINEMATIK KO'RSATKICHLARI

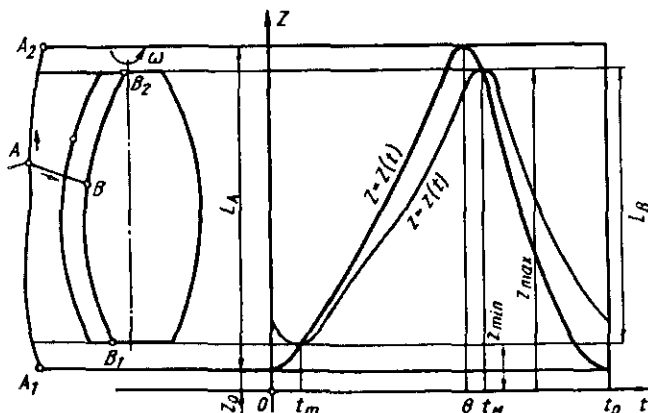
O'rash nuqtasining o'rash chizig'i va o'rash chizig'i bo'ylab harakat ko'rsatkichlarini o'rashning vektor tenglamalari asosida [3], boshqa kinematik ko'rsatkichlarni esa o'rashning differensial tenglamalari asosida [2] ko'rib chiqamiz.

5.1. O'rash nuqtasining o'rash chizig'i bo'ylab harakat tezligi va tezlanishi

Masalani hal qilish uchun o'rash chizig'ining tenglamasi kerak bo'ladi. $XOYZ$ harakatsiz koordinata sistemasida (5.1-rasm) o'rash chizig'ining tenglamalari (4.10) va (4.11) ga muvofiq quyidagicha yoziladi:

$$\begin{cases} x = x(t) = \rho \cos \gamma; \\ y = y(t) = \rho \sin \gamma; \\ z = z(t) \end{cases} \quad 0 < t < t_y \quad (5.1)$$

va bu yerda $\gamma = \gamma(t)$ va $z = z(t)$ (5.1-rasm) berilgan $\rho = \rho(t)$, $\omega(t)$, $X(t)$, $Y(t)$ va $Z(t)$ bo'yicha (4.29) tenglamalar yordamida topiladi.



5.1-rasm. Ipyotqizish va o'rash nuqtalarining harakat qonuniyatlari tahliliy ko'rinishi sxemasi.

Aniqlangan o'rash chizig'i bo'ylab o'rash nuqtasining harakat tezligi (4.18) ga muvofiq quyidagicha aniqlanib:

$\bar{v}_B \{ \dot{x} = \rho' \dot{z} \cos \gamma - \rho \ddot{\gamma} \sin \gamma, \dot{y} = \rho \dot{z} \sin \gamma + \rho \ddot{\gamma} \cos \gamma, \dot{z} \},$
uning kattaligini

$$\bar{v}_B = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} = \sqrt{\dot{z}^2 [1 + (\rho')^2] + \dot{\gamma}^2 \rho^2} \quad (5.2)$$

ko'rinishdagi ifoda bo'icha aniqlash mumkin.

O'rash nuqtasining o'rash chizig'i bo'ylab harakati mutlaq tezlanishi

$$\bar{\omega}(\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z})$$

vektor bilan ham miqdoran, ham yo'nalish bo'yicha aniqlanadi. Kerakli ikkinchi tartibli hosilalarni hisoblab, tezlanish kattaligini

$$\omega_B = \sqrt{(P''\ddot{z} + \rho'\ddot{z} - \rho\ddot{\gamma}^2) + (2\rho'\dot{z}\ddot{\gamma} + \dot{\gamma}^2)^2 + \ddot{z}^2} \quad (5.3)$$

ko'rinishda aniqlanishini topamiz.

5.2. O'rash nuqtasining o'ram chizig'i bo'ylab harakati

O'rash jarayoni, o'ram shaklining bevosita o'rash nuqtasida hosil bo'lishi va tadrijiy o'zgarishini aniqlash uchun o'rash nuqtasining joylama bilan birga aylanadigan $X_1 O_1 Y_1 Z_1$ koordinata sistemasidagi vaqtga bog'liq koordinatalarni bilish kerak bo'ladi. Vaqt $t = 0$ bo'lganda $O_1 X_1$ o'q OX o'q bilan ustma-ust tushgan bo'lganda o'rash nuqtasining $X_1 O_1 Y_1 Z_1$ koordinata sistemasidagi holati radius-vektor bilan belgilanadi (4.15). Shuning uchun $z_k = 0$ bo'lganda o'rash nuqtasining o'ram chizig'i bo'ylab harakat tenglamalari

$$\begin{aligned} x_1 &= \rho \cos(\gamma \mp \varphi); \\ y_1 &= \rho \sin(\gamma \mp \varphi); \\ z &= z(t); 0 \leq t \leq t_y. \end{aligned} \quad (5.4)$$

ko'rinishda bo'ladi.

Olingan (5.4) tenglamalar bir vaqtning o'zida o'ram chizig'ining o'zgaruvchi parametri vaqt t bo'lgan parametrik tenglamalaridir.

Joylamaga o'ralgan ip o'ramining shakli, o'ralish tuzilishi, strukturasini uning xususiyatlari hamda ip ishlatilganda uning chuvalish sharoitlarini belgilaydi.

O'ram chizig'ini joylama yonboshi chekkasidagi B_1 nuqtadan boshlab ko'rish uchun vaqtning t_m kattalikka o'zgartiramiz va (5.4) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\begin{aligned}x_1 &= \rho \cos(\gamma \mp \varphi); \\y_1 &= \rho \sin(\gamma \mp \varphi); \\z &= z(t),\end{aligned}\quad (5.5)$$

bu yerda $t = t_m$ bo'lganida $z(t_m) = z_{\min}$, $\gamma(t_m) = \gamma_m$, $\varphi(t_m) = \varphi_m$ bo'ladi.

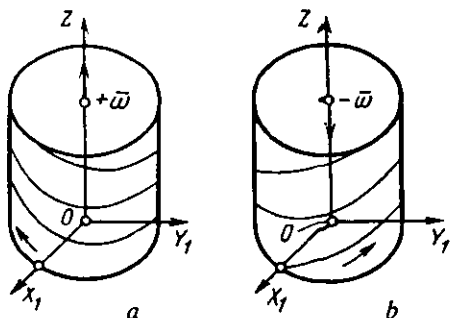
Ba'zi hollarda o'zgaruvchi parametri o'ram chizig'ining joriy nuqtasi o'rash nuqtasining joylama bilan bog'langan $XOYZ$ koordinata sistemasida joylama o'qi atrofida aylanish burchagi φ bo'lgan tenglamalardan foydalanish maqsadga muvofiqroq. Bu holda

$$\gamma \mp \varphi = \varphi_1 \quad (5.6)$$

deb belgilaymiz, unda $\varphi_1 = \varphi_1(t)$ deb ifodalab va (5.4) tenglamalarida t argumentni φ_1 ga almashtirib, o'ram chizig'ining φ_1 parametr bo'yicha geometrik tadqiq uchun qulay bo'lgan tenglamalarni olamiz:

$$\begin{aligned}x_1 &= x_1(\varphi_1) = \rho \cos \varphi_1; & |\gamma_0| \leq \varphi_1 \leq |\gamma_0 \mp \varphi(t_y)|; \\y_1 &= y_1(\varphi_1) \mp \rho \sin \varphi_1; \\z &= z(\varphi_1); 0 \leq t \leq t_y.\end{aligned}\quad (5.7)$$

φ_1 ning t ga bog'liqligini hisobga olmasdan, (5.7) dan joylamaga o'rab joylashtirilgan ip o'ram chizig'ining tenglamasini olamiz. Bunda $(+\bar{\omega})$ va $(-\bar{\omega})$, mos ravishda, o'rash nuqtasining OZ yo'nalishida harakatlanganda ip o'ramlarining chap va o'ng o'ralishli bo'lishlari to'g'ri keladi (5.2-rasm).



5.2-rasm. Ipni joylamaga chap (a) va o'ng (b) o'ralishli o'ralishi sxemasi.

5.3. O'rash tezligi va tezlanishi

O'rash nuqtasining o'ram chizig'i bo'ylab harakat tezligi (5.4) yoki ipning joylamaga o'ralish tezligi

$$\frac{d\vec{R}_1}{dt} = \vec{v} = \{\dot{x}_1, \dot{y}_1, \dot{z}\};$$

$$v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} = \sqrt{\dot{z}^2 [1 + (\rho')^2] + (\dot{\varphi} \mp \dot{\gamma})^2 \rho^2} \quad (5.8)$$

bo'ladi.

Bu yerda umumiy holda o'rash tezligi doimiy emas, demakki, ip chuvalish nuqtasidan o'ralish nuqtasigacha bo'lgan sohaning hammasida notekis harakatlanadi.

Agar $\rho' = 0 = \gamma$ desak, (5.8) dan

$$v = \sqrt{\dot{z}^2 + \dot{\varphi}^2 \rho^2} \quad (5.9)$$

taqribiy formulani olamiz va u amaliyotda ma'lum bo'lgan

$$v = \sqrt{v_A^2 + v_0^2} \quad (5.10)$$

formuladan aniqlanadi (bu yerda v_A va v_0 ipyetaklagichning joylama o'qi bo'ylab va joylama yuzasining ipning yotqizish nuqtasiga mos nuqtasidagi tezligi).

O'rash nuqtasining o'ram chizig'i bo'ylab mutloq tezlanishi

$$\vec{\omega} \{\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}\}; \quad \omega = \sqrt{\ddot{x}_1^2 + \ddot{y}_1^2 + \ddot{z}_2^2} \quad (5.11)$$

vektor bilan aniqlanadi.

Bu tezlanishning urinmaviy tashkil etuvchisi

$$\omega_\tau = \dot{v}, \quad (5.12)$$

$$\dot{v} = \frac{\dot{z} \left\{ \dot{z} [1 + (\rho')^2] + \dot{z}^2 \rho' \rho' \right\} + (\dot{\varphi} \mp \dot{\gamma}) [(\dot{\varphi} \mp \dot{\gamma}) \rho + (\dot{\varphi} \mp \dot{\gamma}) \rho' \dot{z}] \rho}{\sqrt{\dot{z}^2 [1 + (\rho')^2] + (\dot{\varphi} \mp \dot{\gamma})^2 \rho^2}} \quad (5.13)$$

o'rashning tezlanishi yoki ipning joylamaga yotish nuqtasida bo'ylama harakatining tezlanishidir.

Konus yuzaga o'ralishda $\rho = r \operatorname{tg} \alpha$, $\gamma = \operatorname{const}$ (4.10-rasm) va $\dot{\varphi} = \omega = \operatorname{const}$ bo'ladi va tezlanish

$$\dot{v} = \frac{\dot{z}(\ddot{z} \sec^2 \alpha + \omega^2 z \operatorname{tg}^2 \alpha)}{\sqrt{\dot{z}^2 \sec^2 \alpha + \omega^2 z^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}} \quad (5.14)$$

ko'rinishda aniqlanadi.

Silindrik yuzaga o'ralishda (4.10-b rasm) esa tezlanish

$$\dot{v} = \frac{(\dot{z} \cdot \ddot{z} + \dot{\phi} \cdot \dot{\phi} \cdot r^2)}{\sqrt{\dot{z}^2 + \dot{\phi}^2 r^2}}$$

ifoda bo'yicha aniqlanadi va agar bunda yana $\dot{\phi} = \omega = \text{const}$ bo'lsa, unda

$$\dot{v} = \frac{\dot{z} \cdot \ddot{z}}{\sqrt{\dot{z}^2 + \omega^2 r^2}} \quad (5.15)$$

bo'ladi.

O'rashning o'rtacha tezligi

$$v_{ur} = \frac{\int_0^{t_e} v dt}{t_e} \quad (5.16)$$

ifoda bo'yicha hisoblash mumkin.

5.4. Vaqt birligida o'raladigan o'ramlar sonini topish

Masala ipyetaklagich va ipbardor yoki joylama harakatlarining turlari va o'zaro munosabatiga qarab ikki xil yechiladi.

1. Ipyetaklagich o'rash jismi o'qi yoki uning yasovchisiga parallel yo'nalishda faqat ilgarilanma-qaytma, ya'ni borib keluvchi harakat qiladi, o'rash jismi esa faqat aylanma harakat qiladi. Bunday holat o'rov, qayta o'rov, halqasiz eshuv, yigiruv-eshuv, prevmomexanik va boshqa ko'pchilik halqasiz yigiruv mashinalarida kuzatiladi.

Bu holda o'rash nuqtasining har qaysi meridional, ya'ni aylanish o'qidan o'tuvchi kesimga nisbatan burchak siljishi ϕ o'rash jismining shakliga va ipyetaklagichning harakat yo'nalishiga bog'liq bo'ladi. Yumaloq silindrik shaklda bu burchak $\phi = 0$, yumaloq konussimon shaklda ipyetaklagich konusining kichik asosidan katta asos tomon harakatlanishida

$$\varphi = \arccos \frac{r}{A} - \arccos \frac{R}{A} = \arccos \frac{r}{A} - \arccos \frac{r + \operatorname{tg} \alpha x}{A}$$

va aksincha katta asosdan kichik asos tomon harakatlanishida

$$\varphi = \frac{\arccos(R_0(H-Y)) + \eta y}{AH} - \arccos \frac{R_0}{A}$$

ga teng bo'lib, bu yerda r_1 – konus kichik asosining radiusi; R_0 – konus katta asosining radiusi; α – konus yasovchisining uning o'qiga qiyalik burchagi; A – ipyetaklagich ko'zi K dan konusning aylanish o'qigacha masofa; y – t vaqt ichida o'rash nuqtasining konus o'qi bo'ylab harakati; R – o'rash jismining joriy radiusi ($r_1 \leq R \leq R_0$); H – konusning balandligi (5.3- rasm).

Ko'rsatilganiga muvofiq vaqt birligida o'raladigan o'ramlar soni joylamaning shakliga qarab quyidagicha bo'ladi:

– yumaloq silindrik shaklda:

$$n = n_1,$$

bu yerda n_1 – o'rash jismi tezligi,

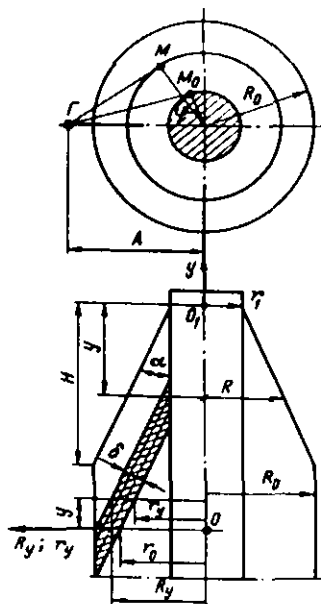
– yumaloq konussimon shaklda kichik asosdan katta asosga harakatlanilganda:

$$n = n_1 + \frac{\arccos \frac{r_1}{A} - \arccos \frac{r_1 + y \tan \alpha}{A}}{2\pi t}; \quad (5.17)$$

– yumaloq konussimon shakl va harakat katta asosdan kichik asosga yo'nalganda:

$$n = n_1 - \frac{\arccos \frac{R_0(H-y) + \eta y}{AH} - \arccos \frac{R_0}{A}}{2\pi t}. \quad (5.17a)$$

2. Ipyetaklagich (odatda yugurdak) murakkab harakat bajaradi: o'rash jismi o'qi yo'nalishi bo'ylab chiziqli va shu o'q atrofiga esa aylanma. O'rash jismi faqat aylanadi. Bunday holat halqayigiruv va halqaeshuv mashinalarida kuzatiladi. Bu holda o'rash nuqtasining o'rash jismi meridional kesimlarga nisbatan siljish burchagi $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ bo'ladi, bu yerda φ_1 – o'rash jismining aylanish burchagi, φ_2 – ipyetaklagichning ay-



5.3-rasm. O'rash nuqtasining burchak siljishini aniqlash sxemasi.

lanish burchagi. Burchak φ o'rash tezligi va o'rash jismi shakliga bog'liq bo'ladi va u yumaloq silindrik bo'lganida:

$$\varphi = \frac{v t \cos \beta}{R},$$

bu yerda v – ipning tezligi; t – vaqt; β – yotqizish burchagi; bu holda izlanayotgan o'ramlar soni

$$n = \frac{v \cos \beta}{2\pi R} \quad (5.18)$$

bo'ladi. U holda yugurdakning aylanish burchagi φ_2 va uning aylanishlar soni n_2 bo'ladi:

$$\varphi_2 = \varphi_1 - \frac{v t \cos \beta}{R},$$

$$n_2 = n_1 - \frac{v \cos \beta}{2\pi R},$$

bu yerda n_1 – o'rash jismi aylanish tezligi.

Olingan natijalarning ko'rsatishicha, yugurdakning aylanish tezligi n_2 va vaqt birligida yotqizilgan o'ramlar soni n o'rash jismi radiusi R kattalashishi bilan kichrayadi va o'rash tezligi oshishi bilan n ortadi, n_2 esa kamayadi.

Yumaloq konusga o'rashda ipyotqizgich kichik asosidan kattasi tomon harakatlanganda

$$n = \frac{v \cos \beta}{2\pi(r_1 + y \operatorname{tg} \alpha)} + \frac{\arccos \frac{r_1}{A} - \arccos \frac{r_1 + y \operatorname{tg} \alpha}{A}}{2\pi t} \quad (5.19)$$

va ipyotqizgich aksincha harakatlanganda

$$n = \frac{v \cos \beta}{2\pi(R - y \operatorname{tg} \alpha)} - \frac{\arccos \frac{R_0 + y \operatorname{tg} \alpha}{A} - \arccos \frac{R_0}{A}}{2\pi t} \quad (5.19a)$$

bo'ladi.

5.5. O'rash jismi turli sohalarida o'rash nuqtasining boshlang'ich tezligini aniqlash

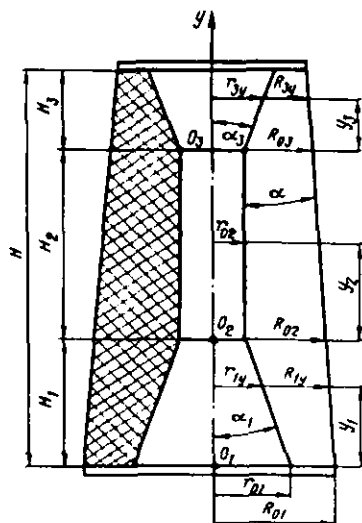
O'rash nuqtasining ipbardor o'qi yo'nalishidagi v_y tezligining umumiy holda aniqlanishi quyidagicha:

$$v_y = \frac{v_1(R_0^2 - r_0^2)}{R_y^2 - r_y^2},$$

bu yerda v_1 –joylamaning koordinata sanog'i boshlanadigan nuqta joylashgan kesimidagi o'rash nuqtasining texnologik tezligi; r_0 va R_0 – shu kesimda joylamaning boshlang'ich va oxirgi radiuslari, r_y va R_y — ko'rilyotgan o'rash nuqtasi joylashgan kesimda joylamaning boshlang'ich va oxirgi radiuslari.

O'rash jismi murakkab shaklga ega bo'lganida yotqizish nuqtasi tezligining aniqlanishi joylamaning turli sohalarida farqli bo'ladi. Murakkab o'ralishda yotqizish burchagi 5° dan oshmaydi, shuning uchun v_1 tezlikni o'ram qadamlarining berilgan kattaligiga muvofiq joylamaning eng katta qalinlikka ega kesimida aniqlash zarur. 5.4-rasmda keltirilgan joylamada eng qalin kesim O_2 nuqta orqali o'tadi.

Bu kesim uchun birinchi nimqavatdagi o'ramlar qadamini $h_1 \geq d = \sqrt{T/\pi p}$ kattalikda qabul qilamiz (d —ipning hisobiy diametri;



5.4-rasm. O'rash nuqtasining boshlang'ich tezligini aniqlashga doir sxema.

T —ipning yo‘g‘onligi, teks, ρ —joylamaning hisobiy zichligi). Bu holda o‘rash nuqtasining o‘rash jismi ikkinchi sohasidagi boshlang‘ich tezligi

$$v_{12} = \frac{v h_1}{2\pi r_{02}} \approx \frac{v d}{2\pi r_{02}}. \quad (5.20)$$

Birinchi sohaning boshlanishida (5.4-rasm) bu tezlikning aniqlanishi

$$v_{11} = v_{12} \frac{R_{02}^2 - r_{02}^2}{R_{01}^2 - r_{01}^2} = \frac{R_{01}^2 - r_{01}^2 - 2H_1(R_{01} \operatorname{tg} \alpha - r_{01} \operatorname{tg} \alpha_1) + H_1^2(\operatorname{tg}^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \alpha_1)}{R_{01}^2 - r_{01}^2} \quad (5.21)$$

ko‘rinishda bo‘ladi. Xuddi shu taxlitda joylamaning uchinchi sohasida o‘rash nuqtasining boshlang‘ich tezligi quyidagiday aniqlanadi:

$$v_{13} = v_{12} \frac{R_{02}^2 - r_{02}^2}{R_{03}^2 - r_{03}^2} = v_{12} \frac{R_{01}^2 - r_{01}^2 - 2H_1(R_{01} \operatorname{tg} \alpha - r_{01} \operatorname{tg} \alpha_1) + H_1^2(\operatorname{tg}^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \alpha_1)}{R_{01}^2 - r_{01}^2 - 2\{R_{01}(H_1 + H_2) \operatorname{tg} \alpha - r_{01} H_1 \operatorname{tg} \alpha_1\} + H_1^2(\operatorname{tg}^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \alpha_1)} + \frac{H_2^2(\operatorname{tg}^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \alpha_1)}{+(H_1 + H_2)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha - H_1^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_1}. \quad (5.22)$$

Istalgan sohada nimqavat hosil qilish vaqtini topish uchun shu sohadagi o‘rash nuqtasining harakat qonunini ifodalovchi tenglamani $y = H$ shartda vaqt t ga nisbatan yechish kifoya qiladi.

5.6. Bitta nimqavat o‘ralish vaqtini aniqlash

Murakkab shaklli o‘rashda nimqavat o‘ralish vaqtini topish uchun ipning o‘rashga uzatish tezligi hamda joylamaning shakl va o‘lchamlari (5.4-rasm) berilgan bo‘lishi kerak. Agar joylama rasmdagiday bir necha shakl va o‘lchamlari turlicha qismlardan iborat bo‘lsa, ularning har biri uchun alohida aniqlangan xususiy o‘rash tenglamasi bo‘yicha shu qismining H balandlikdagi nimqavatini o‘rash vaqti aniqlanishi lozim. Qismlardagi nimqavatlarining o‘rash vaqtlarining yig‘indisi mana shu murakkab o‘ralishdagi bir nimqavatning o‘ralish vaqtini beradi.

Har bir qismdagi o‘rash vaqtini topish uchun shu qism uchun o‘rash tenglamasini olib, unda argument o‘rniga ipyotqizgichning nimqavat o‘ralishidagi harakat qulochi kattaligini qo‘yib, tenglamani t vaqtga nisbatan yechish kerak.

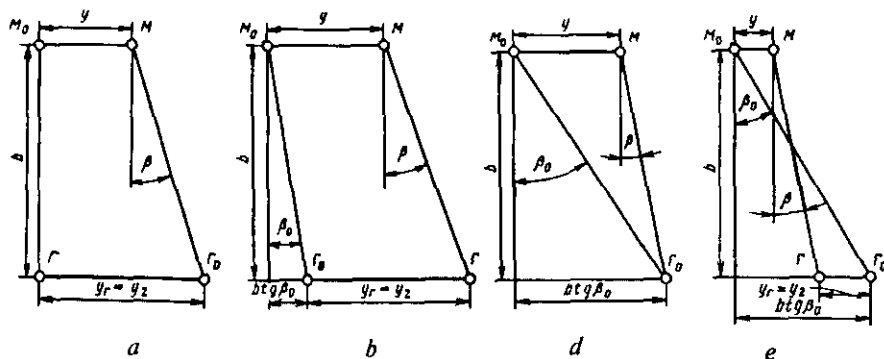
O‘rash tezligi doimiy va o‘zgaruvchan bo‘lgan turli shakldagi joylamalarning nimqavatlarini o‘rash vaqtlarini topish formulalari uchinchi bobda keltirilgan

5.7. Yotqizish masofasining o'rash nuqtasi kinematik ko'rsatkichlariga ta'siri

Yotqizish mexanizmlarida ipyetaklagichning ko'zi, odatda, o'rash nuqtasidan b masofada yotadi. Mazkur masofani bundan buyon yotqizish masofasi deb ataymiz. Bu masofa umumiy holda ko'zning holati va joylamaning diametriga bog'liq tarzda o'zgaradi. O'rash nuqtasining kinematik ko'rsatkichlari nafaqat ko'zning bir nomli ko'rsatkichlari, balki b yotqizish masofasining o'zgarish qonuniga ham bog'liq. Agar ko'zning tezligi v_2 yo'nalish va kattalik bo'yicha va b yotqizish masofasi doimiy bo'lsa, ko'zning joriy kinematik parametrlari o'zlarining boshlang'ich qiymatlariga bog'liq bo'ladi. Aytaylik o'rash nuqtasining boshlang'ich tezligi va o'ramning ko'tarilish burchagi nolga teng bo'lsin. Unda ipyetaklagich v_2 tezlik bilan tekis harakatlanganda t vaqt ichida $y_2 = v_2 t$ ga siljiydi. O'rash nuqtasi esa — y ga va bunda o'ralayotgan o'ramning ko'tarilish burchagi

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{y_2 - y}{b} = \frac{v_2 t - y}{b} = \frac{\dot{y}}{v_0}$$

qiymatgacha kattalashadi, bundan esa



5.5-rasm. O'rash nuqtasi ko'rsatkichlarini aniqlash chizilmasi:

- o'rash nuqtasining boshlang'ich tezligi va ko'tarilish burchagi nolga teng va ipyetaklagich tezligi doimiy;
- o'rash nuqtasining boshlang'ich tezligi va ko'tarilish burchagi noldan farqli;
- ipyetaklagich oniy to'xtaydi va ma'lum vaqt turadi;
- ipyetaklagich harakat yo'nalishini oniy o'zgartiradi.

$$\dot{y} + \frac{v_0 y}{b} = \frac{v_0 v_2 t}{b} \quad (5.23)$$

ekanligi kelib chiqadi (5.5-*a* rasm).

O'rash nuqtasining harakatlanish qonuni y ni topish uchun (5.23) ifodani doimiyini almashtirish usuli bilan integrallash kerak.

(5.23) tenglama chap tomonining integrali

$$y = ce^{\frac{-v_0 t}{b}}$$

ko'rinishga ega bo'lib, c — integrallash doimiysi.

Integrallash doimiysi c ni topish uchun oxirgi ifodani c ham t ga bog'liq o'zgaruvchan degan faraz bilan t bo'yicha differensiallaymiz:

$$\dot{y} = \dot{c}e^{\frac{-v_0 t}{b}} - \frac{v_0 c e^{\frac{-v_0 t}{b}}}{b}. \quad (5.24)$$

Agar y va $\dot{y}$ qiymatlarini (5.23)ga qo'ysak,

$$\dot{c}e^{\frac{-v_0 t}{b}} = \frac{v_2 v_0 t}{b} \text{ yoki } dce^{\frac{-v_0 t}{b}} = \frac{v_2 v_0 t dt}{b}.$$

Bundan

$$c = bv_2 \left(\frac{v_0 t}{b} - 1 \right) \frac{e^{\frac{-v_0 t}{b}}}{v_0} + c_1. \quad (5.25)$$

Demak,

$$y = \frac{bv_2 \left(\frac{v_0 t}{b} - 1 \right)}{v_0} + c_1 e^{\frac{-v_0 t}{b}}$$

Endi $t = y = 0$ bo'lganda $c_1 = \frac{bv_2}{v_0}$ qiymatni (5.25)ga qo'ysak, o'rash nuqtasi harakatlanish qonuni y , uning tezligi $\dot{y}$ va tezlanish $\ddot{y}$ ni topamiz:

$$y = \frac{bv_2 \left(\frac{v_0 t}{b} - 1 + e^{\frac{-v_0 t}{b}} \right)}{v_0} \quad (5.26)$$

$$\dot{y} = v_y = v_2 \left(1 - e^{\frac{-v_0 t}{b}} \right), \quad (5.26a)$$

$$\ddot{y} = a_y = \frac{v_2 v_0 e^{\frac{-v_0 t}{b}}}{b}. \quad (5.26b)$$

Olingan (5.26) formulalarning tahlili ko'rsatadiki, ko'rilgan holda agar $b > 0$ bo'lsa, nazaran o'rash nuqtasining tezligi hamma vaqt ipyetaklagich ko'zining tezligidan kichik. Amalda $t = \frac{3b}{v_0}$ vaqtdan keyin $\dot{y} = 0,95v_2$ bo'lib, bu vaqt ichida o'rash nuqtasi o'rash jismi o'qi bo'yicha

$$y = \frac{2bv_2}{v_0} = 2,16btg\beta_0 \approx 2btg\beta_0 \quad (5.27)$$

va o'rash jismi normal kesimi aylanasi bo'yicha

$$S = 3b$$

yo'l bosib o'tadi hamda bu yerda β_0 - texnologik talablar bo'yicha berilgan o'ramlarning ko'tarilish burchagi.

$b = 25$ mm va $\beta_0 = 10^0$ bo'lganida yo'l $y = 9,5$ mm, $b = 50$ mm va $\beta_0 = 10^0$ bo'lganida esa yo'l $y = 1,8$ mm bo'ladi.

Agar $t = 0$ bo'lganida o'rash nuqtasining tezligi nolga teng bo'lmasa (5.25-b rasm), unda

$$\dot{y} + \frac{v_0 y}{b} = v_0 tg\beta_0 + \frac{v_0 y}{b} = v_y + \frac{v_0 y_2}{b} = v_y + \frac{v_2 v_0 t}{b}; \quad (5.28)$$

$$\dot{y} = b \left(1 - e^{\frac{-v_0 t}{b}} \right) \frac{v_y - v_2}{v_0} + v_2 t; \quad (5.29)$$

$$\ddot{y} = v_2 + v_0 \left(tg\beta_0 - \frac{v_2}{v_0} \right) e^{\frac{-v_0 t}{b}} = v_2 + (v_y - v_2) e^{\frac{-v_0 t}{b}}; \quad (5.30)$$

$$\ddot{y} = \frac{-v_0(v_y - v_2)e^{\frac{-v_0 t}{b}}}{b}; \quad (5.31)$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v_2 + (v_y - v_2)e^{\frac{-v_0 t}{b}}}{v_0} \quad (5.32)$$

qiymatlarga ega bo'lamiz.

Olingan bog'lanishlarning tahlili $v_y = v_2$ bo'lganida $y = y_2 = v_2 t$; $\dot{y} = v_2$, $\ddot{y} = 0$; $\operatorname{tg} \beta = \frac{v_2}{v_0} = \operatorname{const} = \operatorname{tg} \beta_0$ bo'lishini ko'rsatadi.

5.8. Ipyetaklagich terslanishidagi o'rash nuqtasining kinematik ko'rsatkichlarini aniqlash

O'rash tenglamalari ipyetaklagich terslanishining boshlanishiga qadar o'rinlidir. Terslanish vaqtida o'rash nuqtasi o'rashning asosiy tenglamasi belgilaydigan qonundan ham, ipyetaklagichning amaldagi harakat qonunidan ham farq qiluvchi qonun bo'yicha harakat qiladi. Ipyetaklagich va o'rash nuqtasidagi terslanish o'rash jarayonining barqarorlashmagan qismi bo'lib, unda joylama shakli, tuzilish, texnologik xususiyatlaridagi ba'zi kamchiliklar, ipyetaklagich mexanizmida ortiqcha dinamik yuklanishlar kabi qator nojo'ya holatlar sababchisidir.

Terslanish vaqtida ipning yotqizish burchagi avval nolgacha kichiklashadi va keyin barqaror texnologik qiymatgacha, albatta teskari ishora bilan, kattalashadi. Yotqizish burchagining bunday o'zgarishi eng chetki o'ralayotgan o'ram spiral chizig'ining eng chetki nuqtasidan boshlab ma'lum uzunlikda ro'y beradi.

Ipyetaklagich v_2 tezlik bilan harakatlanayotganda birdan to'xtab, t_1 vaqt davomida to'xtab turadigan holat uchun o'rash nuqtasining kinematik ko'rsatkichlarini topaylik, 5.5- d rasmdan ko'rinishicha

$$\dot{y} = \frac{v_0 y_2}{b} = v_0 \operatorname{tg} \beta_0 = v_{2 \max}$$

bo'ladi, bundan esa

$$y = b(1 - e^{\frac{-v_0 t}{b}}) \operatorname{tg} \beta_0 = b v_{2 \max} \frac{1 - e^{\frac{-v_0 t}{b}}}{v_0}, \quad (5.33)$$

$$\dot{y} = v_{2 \max} e^{\frac{-v_0 t}{b}} = v_0 e^{\frac{-v_0 t}{b}} \operatorname{tg} \beta_0, \quad (5.34)$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v_{2 \max} e^{\frac{-v_0 t}{b}}}{v_0} = e^{\frac{-v_0 t}{b}} \operatorname{tg} \beta_0 \quad (5.35)$$

bog'lanishlarni olamiz.

Olingan ifodalardan ko'rinishicha, o'rash nuqtasining butunlay to'xtashiga ancha vaqt kerak bo'ladi. Amalda esa ipning o'rash jismi yuzasi bilan ishqalanishi va ilashuvi va uning yo'g'onligi chekli bo'lganligidan o'rash nuqtasi juda tez $\beta = 0$ chetki holatda to'xtaydi.

O'ram spiral chizig'i qadami ipning shartli diametri d ga teng bo'lganida

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{h}{2\pi r} = \frac{d}{2\pi r} = e^{\frac{-v_0 t}{b}} \operatorname{tg} \beta_0$$

bo'lib, bu ifoda o'ram qadami ipning shartli geometrik yo'g'onligiga teng bo'ladigan t_1 vaqtni topishga imkon beradi:

$$t_1 = \frac{b \ln \left(\frac{2\pi r \operatorname{tg} \beta_0}{d} \right)}{v_0}. \quad (5.36)$$

Bu ikkala ifodada $2r$ — o'rash jismi diametri.

Yuqorida olingan (5.33), (5.34) va (5.35) ifodalardan terslanishda to'xtash vaqti t_1 ni harakat qonuni y ma'lum bo'lganida topish mumkin.

Masalan, agar $y = 0,95b \operatorname{tg} \beta_0$ bo'lsa, $t_1 = \frac{3b}{v_0}$, $\operatorname{tg} \beta = 0,05 \operatorname{tg} \beta_0$ bo'ladi. Bu holda $\beta_0 = 10^\circ$ bo'lsa, $\beta = 0,5^\circ$ bo'ladi.

To'xtash vaqti t_1 davomida o'rash jismi $\varphi_1 = \frac{3b}{r}$ burchakka burilib, o'rash nuqtasi uning normal kesimi aylanasi bo'yicha $S_1 = r\varphi_1 = 3b$ yo'lni bosib o'tadi.

Agar *ipyetaklagichning amaldagi to'xtash vaqti* $t_a > t_1$ bo'lsa, ip $t_2 = t_a - t_1 = t_a - \frac{3b}{v_0}$ vaqt davomida o'rash jismi normal kesimi aylanishi bo'ylab yotadi va yonboshga tortilib, vatarlar hosil qiladi. Bundan xulosa shuki, ipyetaklagichning to'xtash vaqti har qanday holatda $t_1 = \frac{3b}{v_0}$ dan katta bo'lmasligi kerak.

Agar *terslanish* vaqti nolga teng bo'lsa, ya'ni ipyetaklagichning tezligi oniy teskariga almasha, $b > 0$ holda o'rash nuqtasi harakati-ni oldingi yo'nalishda $\beta > 0$ shart o'zgarmaguncha davom ettiradi. 5.5-e rasmdan ko'rinadiki:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta &= \operatorname{tg} \beta_0 - \frac{v_2 t}{b} - \frac{y}{b} = \frac{\dot{y}}{v_0} \quad \text{yoki} \\ \dot{y} + \frac{v_0 y}{b} &= v_0 \operatorname{tg} \beta_0 - \frac{v_0 v_2 t}{b}, \end{aligned} \quad (5.37)$$

bu yerda $\operatorname{tg} \beta_0 = \frac{v_{2 \max}}{v_0}$.

(5.37) tenglamani y ga nisbatan yechib va differensiallab, quyidagini olamiz:

$$\begin{aligned} y &= 2b(1 - e^{\frac{-v_0 t}{b}}) \operatorname{tg} \beta_0 - v_0 t \operatorname{tg} \beta_0; \\ \dot{y} &= v_0(2e^{\frac{-v_0 t}{b}}) \operatorname{tg} \beta_0 (2e^{\frac{-v_0 t}{b}} - 1) v_{2 \max}; \end{aligned} \quad (5.38)$$

hamda:

$$\begin{aligned} \dot{y} &= \frac{-2v_0^2 e^{\frac{-v_0 t}{b}}}{b}, \\ \operatorname{tg} \beta &= (2e^{\frac{-v_0 t}{b}} - 1) \operatorname{tg} \beta_0 = \frac{v_{2 \max} (2e^{\frac{-v_0 t}{b}} - 1)}{v_0}. \end{aligned} \quad (5.39)$$

Olingan (5.38) va (5.39) tenglamalardan o'rash nuqtasi tezligi yoki o'ram chizig'i ko'tarilish burchagi b nolgacha kamayish vaqtlarini

topish mumkinligidan foydalanamiz. Natija: $t_0 = \frac{0,693b}{v_0} \approx \frac{0,7b}{v_0}$.

Shuningdek, t_0 vaqt ichida o'rash nuqtasi o'rash jismi yuzasi yasovchisi bo'yab $y = 0,307btg\beta_0$ va normal kesim aylanasi bo'yab $S_1 = 0,693b$ yo'l o'tganligi ma'lum bo'ladi.

Ip o'ralishida har bir ayrim holatda terslanish paytida ipyetaklagich tezligi yotqizish mexanizmi tuzilish xususiyatlariga bog'liq muayyan qonun bo'yicha o'zgaradi. Masalan, o'q va silindrik mushtak kuch bilan tutashtirilgan bo'lganda, mushtakning ariqchasi qaytish joylaridagi uchlari r_3 radius bilan yumaloqlangan bo'lsa (5.6-rasm), ipyetaklagich terslanish paytida

$$y_2 = \sqrt{(r_2 + r_3)^2 - r_1^2 \varphi_1^2} - (r_2 + r_3) \cos \alpha$$

qonun bilan harakatlanadi va bu yerda $\varphi = \omega t$, r_1 — mushtak ariqchasing markazlar chizig'i radiusi, r_2 — o'qchanning radiusi.

Bu holda

$$\dot{y} + \frac{v_0 y}{b} = v_0 tg\beta_0 + \frac{v_0 y_2}{b} = v_0 tg\beta_0 + \frac{v_0 [\sqrt{(r_2 + r_3)^2 - r_1^2 \varphi_1^2} - (r_2 + r_3) \cos \alpha]}{b}. \quad (5.40)$$

Olingan (5.40) tenglamadan doimiyni o'zgartirish usuli bilan olingan

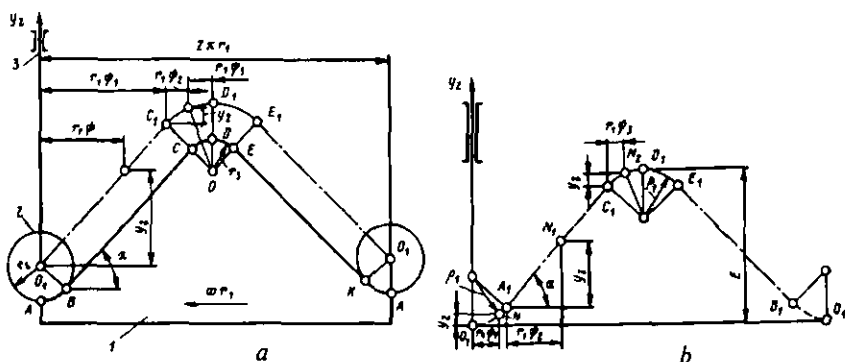
$$dc = v_0 e^{\frac{v_0 t}{b}} tg\beta_0 dt + \frac{v_0 \sqrt{(r_2 + r_3)^2 - r_1^2 \omega^2 t^2} e^{\frac{v_0 t}{b}} dt}{b} - \frac{v_0 (r_2 + r_3) \cos \alpha e^{\frac{v_0 t}{b}} dt}{b}$$

ifodada $\frac{v_0 \sqrt{(r_2 + r_3)^2 - r_1^2 \omega^2 t^2} e^{\frac{v_0 t}{b}} dt}{b}$ qo'shiluvchi analitik tarzda integral-

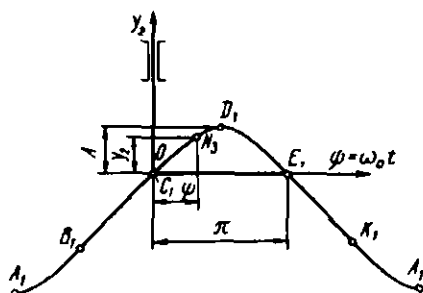
lanmaydi. Shuning uchun amaliy hisoblarda uni qatorga yoyib yoki sonli usul bilan yechish mumkin.

Tezyurar ipyotqizish mexanizmlarida silindrik mushtak uchlari-ni yumaloqlash yoki vintiy ariqchalarning qo'shilishi aylana chiziq bilan emas, balki quyidagicha ifodalanadigan sinusoidal chiziq bilan amalga oshiriladi (5.7-rasm):

$$y_2 = A \sin \psi, \quad (5.41)$$



5.6-rasm. Kuch bilan (a) va geometrik (b) tutashtiriladigan silindrik mushtak yoyilmasi.



5.7-rasm. Vintiy ariqchalari sinusoidal qo‘shilgan silindrik mushtak markazlar yoyilmasi.

bu yerda A — ipyetaklagichning joylama o‘qi bo‘ylab harakat qulochiga teng bo‘lgan sinusoidaning amplitudasi;

$$\psi = \frac{\pi\varphi}{k_0} - \text{burchak};$$

φ_0 — terslanish paytida mushtakning aylanish burchagi, $\varphi_0 = \omega\tau$;

ω — silindrik mushtak burchak tezligi;

t — vaqt.

5.7-rasm bo‘yicha vintsimon ariqchalarning o‘rta vintiy chiziqlari B_1C va E_1K_1 larning qo‘shilish nuqtalari C_1 va E_1 larda sinusoidaga urinmalardir, shuning uchun bu nuqtalarda ipyetaklagich tezligi

$v_2 = \dot{y}_2 = A\dot{\phi} = \frac{\pi A}{\tau} = \omega r_1 \operatorname{tg} \alpha = v_0 \operatorname{tg} \beta_0$ bo'ladi, bundan amplituda-ning zarur kattaligini topamiz:

$$A = \omega r_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{\pi} = v_0 \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{\pi},$$

bu yerda ω — garmonik harakat soni; v_0 — joylamaning aylana tezligi; τ — ipyetaklagich terslanish vaqti.

Shunday qilib, ipyetaklagichning kinematik ko'rsatkichlari quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$y_2 = \frac{\omega r_1 \operatorname{tg} \alpha \sin \frac{\pi t}{\tau}}{\pi} = A \sin \frac{\pi t}{\tau},$$

$$\dot{y}_2 = \omega r_1 \operatorname{tg} \alpha \cos \frac{\pi t}{\tau} = v_0 \operatorname{tg} \beta_0 \cos \frac{\pi t}{\tau},$$

$$\ddot{y} = -\frac{\pi \omega r_1 \operatorname{tg} \alpha \sin \frac{\pi t}{\tau}}{\tau} = \frac{-\pi v_0 \operatorname{tg} \beta_0 \sin \frac{\pi t}{\tau}}{\tau}.$$

O'qcha $O_1 D_1 E_1$ sinusoida bo'yicha harakatlanganda (5.7-rasm) chetki o'ram ko'tarilish burchagini aniqlovchi

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \beta_0 - \frac{y}{b} + \frac{y_2}{b} = \frac{\dot{y}}{v_0}$$

ifodadan quyidagi tenglamaga kelimiz:

$$\dot{y} + \frac{v_0 y}{b} = v_0 \operatorname{tg} \beta_0 + \frac{v_0 A \sin \frac{\pi t}{\tau}}{b}. \quad (5.42)$$

O'rash nuqtasining harakatlanishi, tezlik va tezlanish qonunlarini (5.42) tenglamani doimiyini o'zgartirish usuli bilan integrallab, quyidagicha topamiz:

$$y = \left[\frac{b(1 - e^{-\frac{v_0 t}{b}}) + v_0^2 \tau \left(\frac{v_0}{b} \sin \frac{\pi t}{\tau} - \frac{\pi}{\tau} \cos \frac{\pi t}{\tau} + \frac{\pi}{\tau} e^{-\frac{v_0 t}{b}} \right)}{\pi b \left(\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b^2} \right)} \right] \operatorname{tg} \beta_0, \quad (5.43)$$

$$\dot{y} = \left[\frac{e^{\frac{v_0 t}{b}} + v_0 \left(\frac{v_0}{b} \cos \frac{\pi t}{\tau} + \frac{\pi}{\tau} \sin \frac{\pi t}{\tau} - \frac{v_0}{b} e^{\frac{v_0 t}{b}} \right)}{b \left(\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b^2} \right)} \right] v_0 \operatorname{tg} \beta_0, \quad (5.44)$$

$$\ddot{y} = -\frac{v_0^2}{b} \left[e^{\frac{v_0 t}{b}} - \frac{\frac{\pi^2}{\tau^2} \cos \frac{\pi t}{\tau} - \frac{\pi v_0}{\tau b} \sin \frac{\pi t}{\tau} + \frac{v_0^2}{b^2} e^{\frac{v_0 t}{b}}}{\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b^2}} \right] \operatorname{tg} \beta_0. \quad (5.45)$$

Chetki o'ramning ko'rilayotgan M nuqtasida (5.5-rasm) yotqizish burchagi

$$\operatorname{tg} \beta = \left[e^{\frac{v_0 t}{b}} + \frac{v_0 \left(\frac{v_0}{b} \cos \frac{\pi t}{\tau} + \frac{\pi}{\tau} \sin \frac{\pi t}{\tau} - \frac{v_0}{b} e^{\frac{v_0 t}{b}} \right)}{b \left(\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b^2} \right)} \right] \operatorname{tg} \beta_0. \quad (5.46)$$

Oxirgi bog'lanish asosida b burchak nolgacha kichrayadigan vaqtni topish uchun tenglama tuzish mumkin:

$$b \left(\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b^2} \right) e^{\frac{v_0 t}{b}} + v_0 \left(\frac{v_0}{b^2} \cos \frac{\pi t}{\tau} + \frac{\pi}{\tau} \sin \frac{\pi t}{\tau} - \frac{v_0}{b} e^{\frac{v_0 t}{b}} \right) = 0 \quad (5.47)$$

Bu tenglama kompyuterda sonli usulda yechiladi.

5.9. Ipyetaklagichning harakatlanish qonunini aniqlash

O'rash nuqtasi o'rash tenglamalari bo'yicha topilgan qonun bilan harakatlanishi uchun o'rash nuqtasidan ma'lum b masofaga joylashgan ipyetaklagich ko'zini muayyan qonun bo'yicha harakatlantirish lozim. Umumiy holda ipyetaklagich va o'rash nuqtasining harakat qonunlari orasida o'rash sharoitlari va ko'rsatkichlari bilan belgilanadigan farqlar mavjud bo'ladi.

Aytaylik t vaqt ichida o'rash nuqtasi va ipyetaklagich ko'zi, mos ravishda, y va y_2 masofaga siljigan (5.5- g rasm). Bu holda joriy yotqizish burchagi

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\dot{y}}{v_0} = \operatorname{tg}\beta_0 + \frac{y_2}{b} - \frac{y}{b}$$

va ipyetaklagich ko'zining siljishi

$$y_2 = y + \frac{b\dot{y}}{v_0} - b\operatorname{tg}\beta_0 = y + \frac{b(\dot{y} - \dot{y}_0)}{v_0}$$

bo'lib, bularda $\dot{y}$ — o'rash tenglamasi bo'yicha topilgan o'rash nuqtasining tezligi; $\dot{y}_0$ — $t = 0$ ondagi o'rash nuqtasining tezligi.

Silindrik joylama o'rashda $y = \dot{y}t$; $\dot{y} = \text{const}$; $\operatorname{tg}\beta = \frac{\dot{y}}{v_0}$ va $y_2 = y$.

Bu sharoitlarda loyihalash amaliyoti talab qiladigan darajadagi aniqlik bilan o'rash nuqtasi va ipyetaklagich ko'zining harakat qonunlarini bir xil deb qabul qilish mumkin. Bu holda o'rash nuqtasi ipyetaklagich ketidan $b\operatorname{tg}\beta_0$ kattalikka orqada qolgan holda ergashib harakat qiladi. Bu narsa ipyetaklagich va o'rash nuqtasining joylamaning asosiy o'rta qismlaridagi barqaror harakatiga taaluqli bo'lib, terslanish vaqtida o'raladigan chetki qismlar bundan mustasno.

Shuningdek, murakkab shaklli joylama olishdagi o'rash nuqtasi va ipyetaklagich ko'zi harakat qonunlarining bog'lanishi murakkab bo'lib, faqat maxsus usullar bilan EHMni qo'llab yechilishi mumkin.

5.10. Joylamaning o'ralish vaqtini aniqlash

Umumiy holda joylama bir necha qismlardan iborat bo'lib, bu qismlar ko'pincha silindr yoki kesik konus shaklga ega bo'ladi. Joylama tanasining istalgan joyida cheksiz dy kichik qalinlikdagi diskni ajratib olib, uning $dm = \pi(R_4^2 - r_4^2)\rho_1 dy = \frac{\pi d^2 \rho v dt}{4}$ massasini topib, bu tenglikdan quyidagi bog'lanishni hosil qilishimiz mumkin:

$$(R_4^2 - r_4^2)dy = \frac{v\rho d^2}{4\rho_1} dt, \quad (5.48)$$

bu yerda ρ_1 — joylamaning ko'rilayotgan kesimdagi o'rtacha zichligi; d — ipning shartli diametri; ρ — ipning zichligi; v — ipning o'rash tezligi; dt — ajratilgan diskni o'ralish vaqti.

Joylamaning o'ralish vaqtini topish uchun r_4 va R_y larning y ga bog'lanishini topish va (5.48) tenglamaning chap tomonini $0 \leq y \leq H_1$, o'ng tomonini $0 \leq t \leq t_1$ chegaralarda integrallashimiz kerak:

$$t_1 = 4\rho_1 \int_0^H \frac{R_y^2 - r_y^2}{v\rho d^2} dy = \pi\rho_1 \int_0^{H_1} \frac{R_y^2 - r_y^2}{vT} dy,$$

bu yerda T — ip yo'g'onligi, teks.

Joylamaning silindrik qismida r_y va R_y y ga bog'liq emas hamda $r_y = r_0 = \text{const}$ va $R_y = R_0 = \text{const}$, shuning uchun

$$t_1 = 4\rho_1 H \frac{R_0^2 - r_0^2}{v\rho d^2} = \pi\rho_1 H_1 \frac{R_0^2 - r_0^2}{vT}.$$

Joylamaning $r_y = r_0 = \text{const}$ va $R_y = r_0 + y \text{tg}$ bo'lgan konus qismida

$$t_2 = \pi\rho_1 \int_0^{H_2} \frac{2r_0 y \text{tg}\alpha + y^2 \text{tg}^2 \alpha}{vT} dy = \pi\rho_1 \frac{(r_0 + H_2 \text{tg}\alpha / 3) H_2^2 \text{tg}\alpha}{vT}.$$

Joylamaning $r_4 = r_0 + y \text{tg}\alpha$, $R_0 = R_0 + y \text{tg}\alpha$ qismida esa

$$t_3 = \pi\rho_1 \frac{H_2(R_0 - r_0)(r_0 + R_0 + H_3 \text{tg}\alpha)}{vT}.$$

Joylamaning boshqa har qanday shaklli qismi uchun ham o'ralish vaqti shu tarzda topiladi. Butun joylamaning o'ralish vaqti qismlarni

o'rash vaqtlari yig'indisiga teng $t_0 = t_1 + t_2 + \dots + t_n = \sum_{i=1}^n t_i$, bu yerda i — qismlar soni.

Xulosa

Mazkur bobning umumiy mavzusi o'rashning kinematik ko'rsatkichlari va ularni aniqlash hamda tadqiq qilish bo'lib, buning uchun o'rashning vektor va differensial tenglamalari asos bo'lib xizmat qiladi. Bu ko'rsatkichlarning o'rash nuqtasining o'rash chizig'i va o'ram chizig'i bo'ylab harakati, o'rash tezligi va tezlanishi, vaqt birligida o'raladigan nimqavatlar o'ramlar soni va nimqavat o'ralish vaqti,

yotqizish masofasining o'rashning kinematikasiga ta'sirini, terslanish jarayoni kinematikasi, ipyetaklagichning harakat qonuni va joylamaning o'ralish vaqti bo'lib, ular ayniqsa o'rash jarayonini nazariy tadqiq qilishda qo'l keladi.

Nazorat savollari

1. O'rashning kinematik ko'rsatkichlarini sanab bering.
2. O'rash nuqtasining o'rash chizig'i bo'ylab harakat tezligi va tezlanishi qanday aniqlanadi?
3. O'rash nuqtasining o'ram chizig'i bo'ylab harakati qanday ifodalana-di?
4. O'rash tezligi va tezlanishi qanday aniqlanadi?
5. Vaqt birligida o'raladigan o'ramlar soni qanday topiladi?
6. O'rash jismi turli sohalarida o'rash nuqtasining boshlang'ich tezligi qanday aniqlanadi?
7. Bitta nimqavat o'ralish vaqti qanday aniqlanadi?
8. Yotqizish masofasi o'rash nuqtasi kinematik ko'rsatkichlariga qanday ta'sir qiladi?
9. Ipyetaklagich terslanishidagi o'rash nuqtasining kinematik ko'rsat-kichlari qanday aniqlanadi?
10. Ipyetaklagichning harakatlanish qonuni qanday aniqlanadi?
11. Joylamaning o'ralish vaqti qanday aniqlanadi?

6. O'RASHNING GEOMETRIK KO'RSATKICHLARI

O'rashning geometrik ko'rsatkichlarini vektor o'rash tenglamalari asosida [5] bo'yicha aniqlaymiz.

6.1. O'rash chizig'i parametrik tenglamalari va o'rash kengligi

O'rash davrasi davomida $z = z(t)$ funksiyaning ham davriy, ham uzluksizligi tufayli z ning kattaligi ekstremal qiymatlarga ega bo'ladi. O'rash nuqtasi applikasining minimal $z_{\min} = z(t_m)$ va maksimal $z_{\max} = z(t_M)$ qiymatlari mos keladigan vaqt onlari $t = t_m$ va $t = t_M$ tezlik $\dot{z}(t) = 0$ bo'lishi shartidan aniqlanadi. Shuningdek, (4.28) dan z ekstremal qiymatlarga erishadigan vaqt onlarida $z = Z$ shart bajarilishi ham kelib chiqadi. O'rash chizig'i chetki B_1 va B_2 nuqtalarining koordinatalari $B_1 [x(t_m), y(t_m), z_{\min}]$; $B_2 [x(t_M), y(t_M), z_{\max}]$ bo'ladi.

O'rash chizig'ining harakatsiz koordinatalar sistemasi $XOYZ$ dagi tenglamalari (4.10) va (4.11) dan kelib chiqilganda, quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned}x &= x(t) = P \cos \gamma, \\y &= y(t) = P \sin \gamma \quad 0 \leq t \leq t_y, \\z &= z(t).\end{aligned}\tag{6.1}$$

Ko'rinadiki, tenglamalar (5.1) bilan bir xil bo'lib, bu yerda $\gamma = \gamma(t)$ va $z = z(t)$ (5.1-rasm) berilgan $\rho = \rho(z)$, $\omega(t)$, $X(t)$, $Y(t)$ va $Z(t)$ bo'yicha (4.29) tenglamalar yordamida aniqlanadi.

O'rash chizig'ining joylama o'qi yo'nalishidagi uzunligi, ya'ni o'rash kengligi L_B 5.1-rasmga muvofiq

$$L_B = Z_{\max} - Z_{\min}\tag{6.2}$$

bo'ladi.

Umumiy holda L_B kattaligi o'rash jarayonida o'zgarishlari mumkin bo'lgan ω va $\rho(z)$ ga bog'liq. Bundan tashqari joylama hajmining o'sishi bilan o'rash chizig'ining yotqizish chizig'iga nisbatan bo'lgan

holatini o'zgartirishi mumkin. Shuningdek, yotqizish chizig'i ham o'z holatini o'zgartirish mumkin. Joylama o'rash mobaynida L_B ning o'zgarishi joylama yonbosh yuzalarining noyassi ko'rinish olishlariga olib kelishi mumkin. Keltirilgan (6.2) ifoda o'rashning berilgan shartlar bo'yicha yonbosh yuzalar shaklini va aksincha yonbosh yuzalarining talab qilingan shakllari bo'yicha o'rov va yotqizish mexanizmlarining zarur bo'lgan geometrik va kinematik ko'rsatkichlarini aniqlashga imkon beradi.

6.2. O'ram chizig'i parametrik tenglamalari

O'ram chizig'i tenglamalarini olish uchun o'rash nuqtasi koordinatalarini joylama bilan birga aylanuvchi $X_1 O_1 Y_1 Z$ koordinatalar sistemasida vaqt t ga bog'liq holda aniqlash kerak bo'ladi. Aytaylik $t = 0$ da $X_1 O_1$ o'q OX o'q bilan ustma-ust tushadi va unda o'rash nuqtasining $X_1 O_1 Y_1 Z$ koordinata sistemasidagi holati radius-vektor $\bar{R}_1$ (4.15) bilan belgilanadi. Shuning uchun o'rash nuqtasining o'ram chizig'i bo'ylab $Z_k = 0$ bo'lgandagi harakati tenglamalari

$$\begin{cases} x_1 = \rho \cos(\gamma \mp \varphi), \\ y_1 = \rho \sin(\gamma \mp \varphi), \\ z = z(t), \quad 0 \leq t \leq t_y \end{cases} \quad (6.3)$$

ko'rinishda yoziladi. Olingan tenglamalarimiz bir vaqtning o'zida o'rash chizig'ining parametrik tenglamalari bo'lib, bu yerda vaqt t o'zgaruvchan parametrdir. O'ramning shakli va holati joylamaning shakli, tuzilishi, strukturasi, texnologik va boshqa xususiyatlarini belgilab beradi.

O'ram chizig'ini joylama yonboshi chetidagi B_1 nuqtadan boshlab ko'rish uchun (6.3)ni vaqt t_m ga o'zgargandagi holat uchun yozamiz:

$$\begin{aligned} x_1 &= \rho \cos(\gamma \mp \varphi); \\ y_1 &= \rho \sin(\gamma \mp \varphi); \\ z &= z(t), \quad t_m \leq t \leq (t_e + t_m), \end{aligned} \quad (6.4)$$

bu yerda $t = t_m$; $z(t_m) = z_{\min}$; $\gamma(t_m) = \gamma_m$; $\varphi(t_m) = \varphi_m$.

Ba'zi hollarda o'zgaruvchan parametr sifatida vaqt o'rniga o'rash nuqtasining, ya'ni o'ram chizig'i joriy nuqtasining joylama bilan bog'langan $X_1 O Y_1 Z$ koordinata sistemasida joylama o'qi atrofida joriy aylanish burchagi φ_1 qabul qilingan o'ramning parametrik tenglamalaridan foydalanish qulayroq bo'ladi.

Bunday tenglama olish uchun

$$\gamma \mp \varphi = \varphi_1 \quad (6.5)$$

deb qabul qilamiz. Bu holda $\varphi_1 = \varphi_1(t)$, bundan $t = t(\varphi)$ bog'lanishni ifodalab va (6.3)da t argumentini φ_1 ga almashtirib, geometrik tadqiqodlar uchun qulay bo'lgan o'ram chizig'ining parametr φ_1 bo'yicha parametrik tenglamalarini olamiz:

$$\begin{cases} x_1 = x_1(\varphi_1) = \rho \cos \varphi_1; & |\gamma_0| \leq \varphi_1 \leq |\gamma_0 \mp \gamma(t_e)|. \\ y_1 = y_1(\varphi_1) = \mp \rho \sin \varphi_1; \\ z = z(\varphi_1); & 0 \leq t \leq t_y \end{cases} \quad (6.6)$$

Agar φ_1 ning t ga bog'lanishini hisobdan chiqarsak, (6.6)dan joylamaga yotqizib o'rnashtirilgan o'ram chizig'ining tenglamalari kelib chiqadi.

6.3 Ipyetaklagichda ipning og'malanish burchagi

Ma'lumki, harakatlanuvchi ipning uni yo'naltiruvchi, ya'ni unga yangi yo'nalish beruvchi jismlar bilan o'zaro ta'sirlashuvi ko'p hollarda, shu jumladan, ipyotqizish jarayonida muhim ahamiyatga ega. Bunday texnologik jarayonga ta'sir eng avvalo ipning yo'naltiruvchi jism, bizning holda ipyetaklagichni quchoqlash burchagi yoki ipning og'malanish burchagi amalda uning harakat yo'nalishining burchak o'zgarishiga teng bo'ladi. Bu burchak umumiy holda ikkita $\overline{CA}$ va $\overline{AB}$ vektorlar (6.1-rasm) orasidagi burchak sifatida aniqlanadi, ya'ni

$$\alpha_A = \arccos \left(\frac{\overline{CA} \cdot \overline{AB}}{CA \cdot AB} \right), \quad (6.7)$$

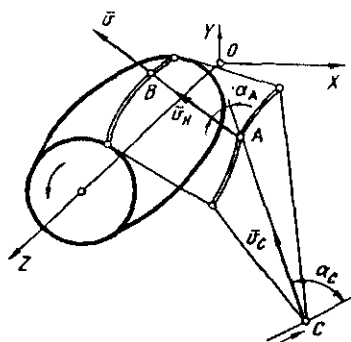
bu yerda $\overline{CA}\{X - x_c; Y - y_c; Z - z_c\}$,

$$\overline{AB}\{x - X; y - Y; z - Z\}.$$

Agar ip C nuqtaga birlik vektor $C_0 (\cos \alpha_0; \cos \beta_0; \cos \gamma_0)$ yo'nalishiga ega holda kelgan bo'lsa, uning o'zgaruvchan og'malanish burchagi

$$\alpha_c = \arccos \left(\frac{\vec{C}_0 \vec{CA}}{CA} \right) \quad (6.8)$$

ifoda bo'yicha aniqlanadi.



6.4. O'ramning ko'tarilish burchagi

O'ramning ko'tarilish burchagi β o'ram chizig'i va o'ram yuzasi paralleliga ular kesishgan nuqtada o'tkazilgan urinmalar orasidagi burchak (4.1-rasm) sifatida ta'riflanadi. Bundan

6.1-rasm. Ipyetaklagichda ipning og'malanish burchagi sxemasi.

$$\cos \beta = \frac{(+\vec{r}) \vec{BA}}{\tau BA} = \frac{(-v_0)v}{v_0 v} \quad (6.9)$$

ekani kelib chiqadi. Agar bu bilan (4.16) va (4.17)larni birga ko'rsak, koordinata shaklida

$$\beta = \arccos \left[\frac{Xx - xY}{\rho \sqrt{(X-x)^2 + (Y-y)^2 + (Z-z)^2}} \right]$$

ekani topiladi. Endi (4.19) va (4.20)larni hisobga olsak, b ning kinematik ko'rsatkichlar orqali ifodalangan qiymatini olamiz:

$$\beta = \arccos \left[\frac{\phi \mp \dot{\gamma} \rho}{\sqrt{\dot{z}^2 [1 + (\rho')^2] + (\phi \mp \dot{\gamma})^2 \rho^2}} \right] \quad (6.10)$$

Olingan ifodadan

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\dot{z} \sqrt{1 + (\rho')^2}}{(\phi \mp \dot{\gamma}) \rho} \quad (6.11)$$

ekani kelib chiqadi. Bu yerda surat—o'rash nuqtasining o'rash yuzasi meridiani bo'ylab, maxraj esa—o'rash yuzasi paralleli bo'ylab tezligini ifodalaydi. Agar o'rash chizig'i joylama yuzasi yasovchisi bilan ustma-

ust tushsa ($\gamma = \text{const}$), $\bar{v}_0$ va $\bar{v}_\beta$ tezliklar perpendikular bo'ladi va bu holda

$$\text{tg}\beta = \frac{v_\beta}{v_0}$$

bo'ladi. Odatda, ko'p ishlatiladigan formula

$$\text{tg}\beta = \frac{v_A}{v_0}, \quad (6.12)$$

bu erda v_A — ipyotqizgich tezligi, quyidagicha aniqlashtirilishi mumkin:

$$\text{tg}\beta = \frac{\dot{z}\sqrt{1+(\rho')^2}}{\dot{\varphi}\rho} = \frac{v_\beta}{v_0}; \quad \text{tg}\beta = \frac{\dot{z}}{\dot{\varphi}\rho}. \quad (6.13)$$

Ko'tarilishi burchagi b ni topish uchun o'ram chizig'i tenglamasi (6.6)dan ham foydalanish mumkin. Bu yerda o'ram chizig'iga urinmaning burchak koeffitsiyentlari quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{d\varphi_1} &= \rho'z' \cos \varphi_1 - \rho \sin \varphi; \\ \frac{dy_1}{d\varphi_1} &= \rho'z' \sin \varphi_1 + \rho \cos \varphi; \\ \frac{dz_1}{d\varphi_1} &= z'. \end{aligned} \quad (6.14)$$

O'rash yuzasi paralleliga urinmaning tenglamasi

$$x_n = \rho \cos \varphi_1; \quad y_n = \rho \sin \varphi_1; \quad z_n = \rho$$

ko'rinishida bo'lib, uning burchak koeffitsiyentlari esa

$$\begin{aligned} \frac{dx_n}{d\varphi_1} &= -\rho \sin \varphi_1; \\ \frac{dy_n}{d\varphi_1} &= \rho \cos \varphi_1; \\ \frac{dz_n}{d\varphi_1} &= 0 \end{aligned} \quad (6.15)$$

bo'ladi. Shuning uchun ko'tarilish burchagi uchun quyidagini yozishimiz mumkin:

$$\cos \beta = \frac{\rho}{\sqrt{(z')^2 [1 + (\rho')^2] + \rho^2}},$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{z' \sqrt{1 + (\rho')^2}}{\rho}. \quad (6.16)$$

6.5. O'ramlarning kesishuv nuqtalari

Yuqorida hosil qilingan (6.4) tenglamalar $t_m \leq t \leq t_M$ vaqt oralig'ida qavatak va $t_M \leq t \leq t_e \leq t_m$ vaqt oralig'ida qavatchadagi ipning holatini, (6.5) tenglamalar esa xuddi shu vaqt oraliqlarida qavatak va qavatchadagi ipning holatini belgilaydi. Qavatak va qavatcha hosil qilgan ip spiral o'ramlari muayyan nuqtalarda o'zaro kesishadi. Mana shu kesishuv nuqtalarining taqsimlanishi joylamaning qator fizik-mexanik va texnologik xususiyatlariga ma'lum ta'sir o'tkazadi. Shu nuqtai nazardan o'ramlar kesishuv nuqtalarini aniqlash masalasini ko'rib chiqamiz.

Agar $X_1 O Y_1 Z$ harakatlanuvchi koordinata sistemasi $O X_1$ o'qi-ning boshlang'ich holati uchun $X O Y Z$ harakatsiz sistemaning $O X$ o'qi bilan ustma-ust tushadigan holatdan $O Z$ o'qi atrofida $\gamma_m = \gamma(t_m)$ burchakka aylangan holatni qabul qilsak, o'ram chizig'ining boshlang'ich nuqtasi $B_1 O X_1$ o'qida yotadi. Bu holda (6.4) tenglamalarda $\gamma = \gamma(t + t_m)$, $z = z(t + t_m)$ deb olib, $\varphi = \varphi(t)$ burchakni $O X_1$ o'qining yangi qabul qilingan holatidan hisoblash lozim bo'ladi. U holda (6.4) tenglamalar

$$\begin{cases} x_1 = \rho \cos(\gamma - \gamma_m \mp \varphi) \\ y_1 = \rho \sin(\gamma - \gamma_m \mp \varphi) \\ z = z(t + t_m); \end{cases} \quad 0 \leq t \leq t_y \quad (6.17)$$

ko'rinishni oladilar.

$$\gamma(t + t_m) - \gamma_m \mp \varphi(t) = \xi, \quad (6.18)$$

$$t = t_e \text{ da } \gamma(t_p + t_m) = \gamma(t_m) = \gamma_m$$

almashtirish esa o'ram chizig'ining

$$\begin{aligned}x_1 &= \rho \cos \xi; \\y_1 &= \rho \sin \xi;\end{aligned}\tag{6.19}$$

$$z = z(\xi); \quad (+\bar{\omega}) \quad \text{da} \quad 0 \geq \xi \geq \varphi(t_y);$$

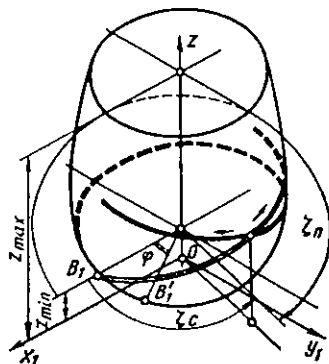
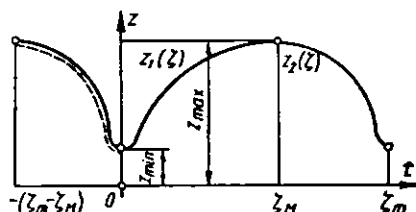
$$(-\bar{\omega}) \quad \text{da} \quad 0 \leq \varphi(t_y)$$

ko‘rinishdagi tenglamalarga olib keladi. Bu yerda $\xi = 0$ va $\xi = \pm \varphi(t_y)$ da $z(0) = z(\xi_m) = z_{\min}$, $\xi = \gamma(t_M + t_m) - \gamma_m \mp \varphi(t_m)$ da esa $z(\xi_M) = z_{\max}$ bo‘lishini eslatib o‘tamiz.

6.2.-rasmida $z = z(\xi)$ funksiyaning $\xi > 0$ dagi grafigi tasvirlangan. Bu funksiyani

$$z = \begin{cases} z_1(\xi), & 0 \leq \xi \leq \xi_M; \\ z_2(\xi), & \xi_M \leq \xi \leq \xi_m \end{cases}$$

ko‘rishida ifodalaymiz.



6.2.-rasm. O‘rashda o‘ramlarning kesishuv nuqtalarini topish sxemasi.

Endi $z = z(\xi)$ egri chiziqni 0ξ o'qiga parallel $(-\xi_m)$ ga siljitamiz va unda

$$z = z_2(\xi + \xi_m); \quad -(\xi_m - \xi_M) \leq \xi \leq 0$$

bo'ladi. Bunga mos grafik 6.4- rasmda shtrix chiziq bilan berilgan.

Endi qavatak va qavatcha uchun ikkita o'ram chizig'ini alohida-alohida ko'ramiz:

$$\begin{cases} x_1 = \rho(z_1) \cos \xi_k; \\ y_1 = \rho(z_1) \sin \xi_k; \\ z = z_1(\xi_k), \quad 0 \leq \xi_k \leq \xi_M; \end{cases} \quad (6.20)$$

$$\begin{cases} x_1 = \rho(z_2) \cos(\xi_r + \xi_m); \\ y_1 = \rho(z_2) \sin(\xi_r + \xi_m); \\ z = z_2(\xi_r + \xi_m); \quad 0 \geq \xi_r \geq -(\xi_m - \xi_M). \end{cases} \quad (6.21)$$

Ikkala chiziq joylamaning asos yonboshidagi B_1 nuqtada boshlanadi va qavatakda $\xi = \xi_k$ burchak bir tomonga, qavatchada esa burchak $\xi = \xi_r$ ikkinchi tomonga hisoblanadi (6.2-rasm).

Qavatakning o'ram chizig'i qavatchaning o'ram chizig'i bilan kesishgan nuqtada

$$\xi_r = -(2\pi - \xi_k)$$

shart bajariladi.

O'ramlarning kesishuv nuqtasining burchak koordinatasi ξ ni biz (6.20) va (6.21) tenglamalardagi applikatalarni tenglashtirib hosil qiligan

$$z_1(\xi) = z_2(\xi_m - 2\pi - \xi) \quad (6.22)$$

tenglamani yechib topamiz.

Biz bu yerda bir boshlang'ich qavatakni hosil qiluvchi o'ram chizig'ining undan oldingi qavatchani hosil qiluvchi o'ram chizig'i bilan kesishuv nuqtalarini topmoqdamiz. Keyingi qavatcha va qavatakda o'ram chiziqlari juftligi oldingi juftlikka nisbatan ψ burchakka siljigan bo'ladi, ya'ni bu juftlikning boshlang'ich nuqtasi B'_1 (6.4-rasm) B_1 nuqtaga nisbatan ψ burchakka siljigan bo'ladi.

Yuqorida ko'rilgan uslub bilan ikkinchi qavat va qavatcha, ya'ni qavatni hosil qiluvchi o'ram chiziqlarining, turli qavatlardagi qavat va qavatchalarni hosil qiluvchi o'ram chiziqlarining kesishuv nuqtalarini topishimiz mumkin.

6.6. O'ramlarning kesishuv burchagi

Qavat hosil qiluvchi o'ramning ξ kesishuv nuqtasidagi ko'tarilish burchagi β_1 ni ξ nuqta koordinatalarini (6.16)ga qo'yib, quyidagicha topamiz (6.3-rasm):

$$\beta_1 = \arctg \left| \frac{z_1' \sqrt{1 + [\rho'(z_1)]^2}}{\rho(z_1)} \right|. \quad (6.23)$$

Xuddi shu tariqa qavatcha hosil qiluvchi o'ramning ξ kesishuv nuqtasidagi ko'tarilish burchagi β_2 ni topamiz:

$$\beta_1 = \arctg \left| \frac{z_2' \sqrt{1 + [\rho'(z_2)]^2}}{\rho(z_2)} \right|. \quad (6.24)$$

Bu yerda $z_2 (\xi_r + \xi_m)$ funksiya argumenti tarkibida $\xi_r = -(2\pi - \xi)$ bor.

Umumiy holda $\beta_1 \neq \beta_2$. O'ramlarning kesishuv burchagi bu holda

$$\beta_0 = \beta_1 + \beta_2. \quad (6.25)$$

O'ramlar kesishgan nuqtada

$$\rho(z_1) = \rho(z_2) \text{ va } \rho'(z_1) = \rho'(z_2)$$

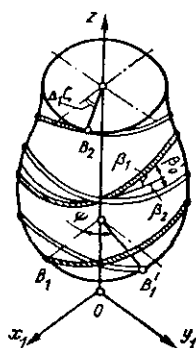
ekanligi uchun

$$\rho_0(z) = \frac{\sqrt{1 + [\rho'(z)]^2}}{1 - z_1' z_2' \rho_0(z)} \quad (6.26)$$

deb belgilaganimizda quyidagini olamiz:

$$\operatorname{tg} \beta_0 = \frac{(z_1'^2 + z_2'^2) \rho_0(z)}{1 - z_1' z_2' \rho_0(z)}. \quad (6.27)$$

Olgan formulamiz *kesishuv nuqtasidagi kesishuv burchagini* aniqlaydi. Kesishuv nuq-



6.3- rasm. O'ramlarning kesishuv β_0 va siljish ψ burchaklari sxemasi.

tasidan tashqarida qavatak va qavatchaning o'ramlari o'zaro holatini baholash uchun o'ramlarning bir xil z applikatali nuqtalarida o'ramlar va parallel orasidagi β_k va β_r burchaklarni aniqlash mumkin. Bu burchaklarning yig'indisi

$$\beta_0 = \beta_k + \beta_r, \quad (6.28)$$

agar shu z nuqtada qavatak va qavatcha o'ramlari kesishsa, mana shu burchak hosil bo'lar edi. Bu formulaning afzalligi — kesishuv burchagi o'zgarishini uzluksiz aniqlash imkonini beradi.

6.7. O'ramlarning siljish burchagi

Joylamaning asos kesimi yoki asos yonboshi sifatida o'rash chizig'ining chetki B_1 nuqtasi joylashgan o'rash yuzasi paralleli orqali o'tgan kesimni qabul qilamiz (6.3-rasm). O'rash nuqtasining B_1 dan B_2 gacha harakatlanishida joylamaga o'ralgan ip qavatak hosil qilsa, qaytishda esa qavatcha hosil qiladi.

Bunda ip qavatak va qavatchada yuqorida aytganimizda spiral chiziq sifatida joylashib, uning qadami va radiusi umumiy holda o'zgaruvchandir. $\xi = 0$ bo'lganida (6.19)ga muvofiq $x_1(0) = \rho(z_{\min})$, $y_1(0) = 0$ va $z(0) = z_{\min}$ bo'ladi. Joylama o'qi atrofida har bir to'la aylanganidan keyin o'rash nuqtasi o'rash chizig'ida $y_1 = 0$ holatni oladi.

Bu esa faqat $\sin \xi = 0$, ya'ni

$$\xi = 0, 2\pi, 4\pi, \dots, 2i\pi, 2(i+1)\pi, \dots, 2k\pi \quad (6.29)$$

bo'lganida amalga oshishi mumkin. Bundan kelib chiqadiki, ip qavatakda joylama o'qi atrofida i marta to'la va yana qo'shimcha

$$\Delta_1 \xi = \xi_b - 2i\pi$$

burchakka aylanadi.

$\Delta_1 \xi$ ning kattaligi B_2 nuqtaning B_1 nuqtaga nisbatan burchak siljishini belgilaydi. Qavatak va qavatchada, ya'ni bir qavatda ip joylama o'qi atrofida r marta to'la va yana

$$\Delta_2 \xi = \xi_M - 2\pi \quad r - \psi \quad (6.30)$$

burchakka qo'shimcha aylanadi.

ψ ning kattaligi o'rash chizig'ining asos yonboshga qaytish nuqtasi B_1 ning shu yonboshdagi boshlang'ich nuqta B_1 ga nisbatan burchak siljishini belgilaydi.

Qavatdagi o'ram chiziqlarining umumiy soni

$$K = r + r_1 = \frac{\xi_m}{2\pi} \quad (6.31)$$

ifodadan aniqlanishi mumkin bo'lib, bu yerda k qavatdagi o'ramlar sonining butun qismi, r_1 – kasr qismi.

Olingan (6.26), (6.31) asosida $\xi_m = \varphi(t_e)$ ekanligini hisobga olib, ψ burchak siljishini quyidagicha aniqlaymiz:

$$\psi = \left[\varphi(t_y) - 2\pi \left\{ \frac{\varphi(t_y)}{2\pi} - k \right\} \right] = 2\pi(K - r) = 2\pi r_1. \quad (6.32)$$

6.8. O'ramlarning qadami

Yuqorida (6.29)da topilgan ξ burchaklarga mos applikatalar

$$z_{\min} = z(0); \quad z_1 = z(2\pi), \quad z_3 = z(4\pi), \quad \dots, \quad z_i = z(2i\pi), \\ z_{\max} = z(\xi_m); \quad z_{i+1} = z[2(i+1)\pi], \quad \dots, \quad z_k = z(2\pi k), \quad z_{\min} = z(\xi_m) \quad (6.33)$$

qiymatga ega bo'ladi va ularga o'z navbatda o'ram chizig'ining $X_1 OZ$ tekisligi bilan kesishuv nuqtalari

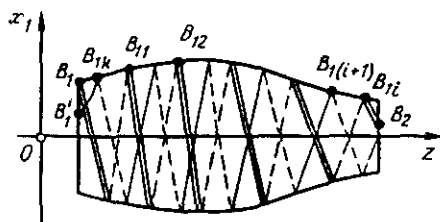
$B[\rho(z)_{\min}, O, Z_{\min}]$; $B_{11}[\rho(z_1), O, Z_1]$; $B_{12}[\rho(z_2), O, Z_2] \dots$ mos keladi. Bu kesishuv nuqtalari o'rash yuzasining B_1 nuqta orqali o'tuvchi $x_1 = \rho(z)$ meridianida yotadi (6.4-rasm). O'ramlarning qadamlari meridian bo'yicha qo'shni $B_{ij}(i = 0, 1, 2, \dots, r)$ nuqtalar orasidagi masofa sifatida aniqlanadi, ya'ni

$$h_j = B_i; \quad (i-1)B_{ij} \int_{z_{i-1}}^{z_i} \sqrt{1 + (\rho')^2} dz \quad (6.34)$$

va bunda B_{10} nuqta B_1 ga to'g'ri keladi. Agar o'ram chizig'ining meridian bilan kesishuv B_{1i} nuqtasi B_2 nuqta bilan ustma-ust tushmasa, ya'ni $\Delta_1 \xi \neq 0$ bo'lsa, unda B_{1i} va B_2 orasida noto'liq o'ram va unga mos noto'liq qadam mavjud bo'ladi. Bu holda o'ramning i -qadami deb

$$h_i = \int_{z_i}^{z_{\max}} \sqrt{1 + (\rho')^2} dz - \int_{z_{\max}}^{z_{i+1}} \sqrt{1 + (\rho')^2} dz \quad (6.35)$$

kattalikni hisoblaymiz.



6.4-rasm. O'ram qadamini aniqlash sxemasi.

O'ralishning i -qadamdan keyingi qadamlari minus ishora bilan olinadilarki, bu ularning sanog'i OZ o'qqa teskari yo'nalishda ekanligini ko'rsatadi. Boshqacha qilib aytganda, qavatakda o'ram qadamlari plus va qavatchadagi o'ram qadamlari minus ishora bilan hisoblanadi.

B_{1r} va B_1 nuqtalar orasida noto'liq ip o'rami bo'lishi mumkin va unda o'ramning oxirgi qadami noto'liq bo'ladi:

$$h_k = \int_{z_r}^{z_{\min}} \sqrt{1 + (\rho')^2} dz.$$

Joylama o'qi bo'yicha o'ramlarning $h_1 = z_1 - z_{\min}$; $h_2 = z_2 - z_1 \dots$ qadamlari (6.33) tenglama bo'yicha aniqlanadi.

Qadamning kattaligini $\omega = \text{const}$ shart bilan joylama bir marta aylanish vaqtida o'rash nuqtasining joylama o'qi yo'nalishida bosib o'tgan yo'li $z = z(t)$ sifatida ham topiladi, ya'ni

$$h_j = \int_{t_{j-1}}^{t_j} \dot{z} dt, \quad (6.36)$$

bu yerda $t_j - t_{j-1} = \frac{2\pi}{\omega}$.

6.9. Qavatak va qavatchadagi ip uzunligi

Joylamaga o'rash nuqtasi uning o'qi bo'ylab, dz masofaga siljiy-digan dt vaqt ichida o'raladigan ip uzunligining differensial

$$dl = v dt$$

ga teng bo'lib, bu yerda tezlik umumiy holda

$$\vec{v} = \frac{d\vec{R}_1}{dt} = \{\dot{x}_1, \dot{y}_1, \dot{z}\}$$

yoki (6.3)ni hisobga olgan holda

$$v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} = \sqrt{z^2 [1 + (\rho')^2] + (\dot{\phi} \mp \dot{\gamma})^2 \rho^2}$$

tarzda aniqlanadi.

O'rash davrasi davomida joylamaga o'raladigan ip uzunligi

$$l_y = \int_0^{t_e} v dt. \quad (6.37)$$

6.1-rasmga muvofiq bir qavatdagi, ya'ni qavatak ($t_m \leq t \leq t_M + t_m$) va qavatchadagi ($t_M \leq t \leq t_e + t_m$) ipning uzunligini mos tarzda quyidagicha topamiz:

$$l_k = \int_{t_m}^{t_M} v dt; \quad l_r = \int_{t_m}^{t_e} v dt + \int_0^{t_m} v dt. \quad (6.38)$$

6.10. Bir o'ramning uzunligi

O'ram chizig'ining tenglamasini

$$\begin{cases} x_1 = \rho \cos(\gamma \pm \phi); \\ y_1 = \rho \sin(\gamma \pm \phi); \\ z = z(t); \quad 0 \leq t \leq t_y \end{cases}$$

ko'rinishda yozaylik.

Bir o'ram ip o'rash yuzasiga o'rash nuqtasining $X_1 O Y_1 Z$ koordinata sistemasida joylama o'qi atrofida to'liq aylanganda o'raladi. Navbatdagi to'liq ip o'rami yotqizilishi tugaydigan vaqt onlarini aniqlaylik. Buning uchun

$$\phi_1 = |\gamma \mp \phi| = 2\pi k \quad (6.39)$$

tenglamadan k ga ketma-ket 1,2,3,... qiymatlarni berib, quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$\begin{aligned} |\gamma \mp \varphi| &= 2\pi; & t &= t_1, \\ |\gamma \mp \varphi| &= 4\pi; & t &= t_2, \\ |\gamma \mp \varphi| &= 6\pi; & t &= t_3. \end{aligned} \quad (6.40)$$

Mos o'ramlarining uzunliklari $0 \leq t \leq t_y$ bo'lganda

$$L_1 = \int_0^{t_1} v dt; \quad L_2 = \int_{t_1}^{t_2} v dt; \quad L_3 = \int_{t_2}^{t_3} v dt \quad (6.41)$$

bo'ladi.

Umumiy holda $L_1 \neq L_2 \neq L_3 \dots$

Agar o'ram tenglamalari (6.19) ko'rinishida berilgan bo'lsa,

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{d\xi} &= \rho' \frac{dz}{d\xi} \cos \xi - \rho \sin \xi; \\ \frac{dy_1}{d\xi} &= \rho' \frac{dz}{d\xi} \sin \xi + \rho \cos \xi \end{aligned}$$

bo'ladi. Shuning uchun o'rash nuqtasi tezligini

$$v = \sqrt{\left(\frac{dz}{d\xi}\right)^2 [1 + (\rho')^2] + \rho^2} \quad (6.42)$$

ko'rinishda topishimiz mumkin.

Unda $0 \leq \xi \leq |\pm \varphi(t_y)|$ ekanligidan o'ramlarning uzunliklari

$$L_1 = \int_0^{1\pi} v dt; \quad L_2 = \int_{2\pi}^{4\pi} v dt; \quad L_3 = \int_{4\pi}^{6\pi} v dt \dots$$

ko'rinishda topiladi.

Xulosa

Bu bobda o'rashning geometrik ko'rsatkichlari asosan vektor tenglamalar asosida tadqiq qilinib, o'rash chizig'i va o'rash chizig'i parametrik tenglamalari, o'rash kengligi, ipyetaklagichda ipning og'malanish burchagi, o'ramlarning ko'tarilish burchaklari, o'zaro kesishuv nuqtalari, kesishuv burchaklari, o'zaro siljish burchaklari va qadamlari, bir o'ramning uzunligi hamda qavatak va qavatchadagi

ip uzunligi kabi ko'rsatkichlarni topish va tadqiq qilish imkonini beradigan analitik ifodalar hosil qilingan.

Nazorat savollari

1. O'rashning geometrik ko'rsatkichlarini sanab bering.
2. O'rash chizig'i parametrik tenglamalari va o'rash kengligining ahamiyati nimada?
3. O'ram chizig'i parametrik tenglamalari qanday chiqariladi?
4. Ipyetaklagichda ipning og'malanish burchagi qanday topiladi?
5. O'ramning ko'tarilish burchagi qanday aniqlanadi?
6. O'ramlarning kesishuv nuqtalari qanday topiladi?
7. O'ramlarning kesishuv burchagi qanday aniqlanadi?
8. O'ramlarning siljish burchagi qanday topiladi?
9. O'ramlarning qadami qanday hisoblanadi?
10. Qavatak va qavatchadagi ip uzunligi qanday topiladi?
11. Bir o'ramning uzunligi qanday aniqlanadi?

7. JOYLAMANING USTIVORLIGI VA MUVOZANATVORLIGI

7.1. Joylamaning ustivorligi va uning asosiy shartlari

Joylamaning ustivorligi — oʻrash, tashish va keyingi ishlov amaliyotlari davomida berilgan shakl va strukturani saqlash qobiliyatidir. Ustivorlik quyidagi hollarda buziladi:

- *ipning yotish (yotqizilish) burchagi* kichrayib ketganda;
- ipning yotish nuqtasidan ipyotqizgich koʻzigacha boʻlgan masofa, biz uni bundan keyin „oʻrash masofasi“ deb ataymiz, kattalashib ketganda;
- *joylamaning ishqalanish silindriga bosilish kuchi* kattalashib ketganda;
- ipbardorning ortiqcha beriluvchanligi yoki yetarli biki emasligida;
- **ipning oʻralish tarangligi** va uning markazdan qochma kuchining nomutanosibligida.

Toʻgʻri yonboshli silindrik joylamalar ayniqsa noustivor boʻladi.

Silindrik gʻaltonga oʻrashda uning deyarli butun uzunligidagi ip oʻramlari oʻzgarmas koʻtarilish burchagi β_0 ostida yotadi. Bu holda bir birlik uzunlikdagi ipning jismi oʻrash yuzasiga normal bosilish kuchi N_1 quyidagicha aniqlanishi quyiroqda koʻrsatib oʻtiladi:

$$N_1 = \frac{Q}{\rho}, \quad (7.1)$$

bu yerda Q — ipning oʻralish tarangligi ρ — oʻramning egrilik radiusi.

Yumaloq silindrga vintsimon oʻrashda oʻram yoyi uzunligi S ning aniqlanishi:

$$S = \frac{r\varphi}{\cos \beta_0},$$

bu yerda r — silindr radiusi, φ — yoy burchagi.

Shu holda oʻramning egrilik radiusi esa

$$\rho = \frac{N}{\cos^2 \beta_0} \quad (7.2)$$

koʻrinishda topiladi. Endi (7.1) va (7.2) lardan birlik uzunlikdagi ipning oʻrash yuzasiga bosilish kuchi uchun quyidagini olamiz:

$$N_1 = \frac{Q \cos^2 \beta_0}{r}. \quad (7.3)$$

O'rash jismi aylanganda bir birlik uzunlikdagi ipga ta'sir qiluvchi markazdan qochma kuchning topilishi:

$$C_1 = \omega^2 r m, \quad (7.4)$$

m — birlik uzunlikdagi ip kesmasining massasi yoki chiziqiy zichlik.

Agar $N_1 = C_1$ bo'lsa, silindr o'qidan r masofadagi o'ram uchun markazdan qochma kuch normal bosilish kuchiga tenglashadi va ular o'zlarining tagidagi qatlamlarga bosmaydilar. Bu hol

$$\omega = \frac{\cos \beta_0}{r} \sqrt{\frac{Q}{m}}$$

bo'lganida yuz beradi.

Agar $\frac{\omega r}{\cos \beta_0}$ o'rash tezligi ekanligini hisobga olsak, unda

$$v = \frac{\omega r}{\cos \beta_0} = \sqrt{\frac{Q}{m}}.$$

O'rashda v va m , odatda, berilgan ma'lum kattaliklar ekanligi va ipning birlik uzunligining massasi uning yo'g'onligi T orqali ifodalanishi mumkinligi sababli va o'ramlarning ustivorligini ta'minlash uchun $N_1 > Q$ bo'lishi uchun ipning o'ralish tarangligi $Q > v^2 m$ yoki

$$Q > v^2 T \quad (7.5)$$

bo'lishi kerak va bu joylama ustivorligining birinchi shartini ifodalaydi. Agar (7.5) ifodaning ikki tomoni teng bo'lsa, o'rash jismi ustivorligi past bo'ladi va o'q bo'yicha ozginagina kuch ta'sir qilganida o'ramlar yasovchi bo'ylab siljiydilar va o'ralgan qavatlar „paypoq“ tarzida sirg'ilib chiqadilar. Demak, ustivor joylama olish uchun ipning o'ralish tarangligi (7.5) da topilgan qiymatdan katta bo'lishi shart. O'rash tarangligining aniq qiymati ipning xususiyatlari va joylamaning keyingi ishlatilishiga muvofiq belgilanadi.

Joylamalar massalarining oshib borishi bilan butun o'ralgan ipning yoki sirg'atshiga yo'l qo'ymaydigan maxsus tutaklarga o'ralganda bir qancha tashqi qatlam iplarning yechilib tushish xavfi tug'iladi. Ko'rsatilgan birinchi holda, ya'ni o'ralgan ipning hammasi butunicha sirg'alib tushganda ipning tutak sirti bilan ishqalanish koeffitsiyenti

ipning o'zaro ishqalanish ko'effitsiyentidan ancha kichik bo'ladi. Bunday joylama tik turganida o'ralgan ipning og'irlik kuchi ta'sirida sirg'alib tushmasligi uchun ishqalanish kuchi F joylamadagi ipning G og'irlik kuchidan katta, ya'ni $F > G$ bo'lishi kerakligi joylama ustivorligining ikkinchi sharti bo'lib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$F > \pi(r_2^2 - r_1^2)L\rho_j g, \quad (7.6)$$

bu yerda ρ_j — joylama zichligining o'rta qiymati;

L — yotqizish uzunligi;

r_1, r_2 — ipbardor va joylama radiuslari;

$F = N_2$ — ipning bobina yuzasiga ishqalanish ko'effitsiyenti;

g — erkin tushish tezlanishi;

N_2 — ichkari o'ramlarning bobina yon sirtiga yig'indi tik (normal) bosimi. N_2 ning aniqlanishi quyidagicha:

$$N_2 = \frac{(N_1 - C_1)2\pi\eta L}{h \cos \beta_0}. \quad (7.7)$$

Bu yerda h — joylamada o'ramlarning o'rtacha qadami. O'rtacha qadam yotqizish mexanizmning ishqalanish bo'g'inli (oddiy) yoki ishqalanish bo'g'insiz ekanligi, yotqizish burchagi β , ipning yo'g'onligi, ipning ipga ilashuv va ishqalanish ko'effitsiyentlari, ipni o'rash tarangligi, o'ralgan qatlam qalinligi va boshqalarga bog'liq bo'ladi. Halqali mashinalarda va o'rash jismi yuritmasi ishqalanishli bo'lganda qadam h ning o'rtacha qiymatini $(1,2 \dots 2,0) d$, d — ipning diametri, deb olish mumkin.

Olingan (7.6) va (7.7) tenglamalardan joylama ustivorligining ikkinchi sharti bajarilib turadigan uning maksimal radiusini topamiz:

$$\begin{aligned} r_2 &= \sqrt{r_1^2 + \frac{2\eta f \left(\frac{Q \cos^2 \beta_0}{\eta} - \frac{\omega^2 \eta}{N_1} \right)}{(1,2 \dots 2)\rho_j g d \cos \beta_0}} = \\ &= \sqrt{r_1^2 + \frac{\eta f \sqrt{1000\rho_j g} \left(\frac{Q \cos \beta_0}{\eta} - \frac{\omega^2 \eta T_1}{1000g} \right)}{(1,2 \dots 2)\rho_j g \sqrt{T_1} \cos \beta_0}}. \end{aligned} \quad (7.8)$$

Agar naycha yo tutak yuzasida ariqchalar bo'lsa, yoki ipning ipga ilashuv ishqalanish ko'effitsiyenti ipning yuza ishqalanish ko'effitsiyentidan kichik bo'lsa, ustivorlik sharti o'zgarmaydi, lekin f ning o'rniga

ipning ipga ilashuv ishqalanish koeffitsiyenti olinadi va r_1 uchun 5—10 mm ga kattaroq qiymat qabul qilinadi.

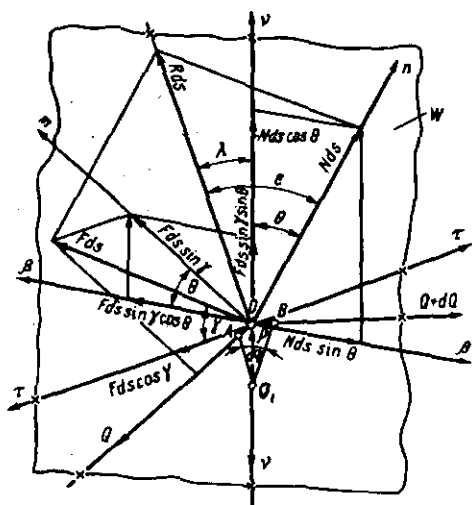
7.2. Joylama yuzasidagi ip o'ramining muvozanati

Yuqorida o'rashning eng muhim tur va shakllari uchun umumiy o'rash tenglamalari olingan edi. Lekin amalda ipyetaklagich to'g'ri qonun bo'yicha harakat qilganida ham joylamani talab qilingan shakl va o'lchamlarda olib bo'lavermaydi.

Bu kamchilikning sababi shuki, o'rashda ip o'ramlarining muvozanatli joylashuvining ba'zi shartlari bajarilmaydi. O'ralayotgan ip o'ramlari o'rash jismi yasovchisining aylanishi o'qiga qiyalik burchagi α , o'ramning ko'tarilish burchagi β va o'rash tarangligi Q ning muayyan qiymatlarida muvozanatni saqlaydi. Agar ushbu ko'rsatgichlarning qiymatlari kritik kattaliklardan oshib ketsa, o'ralayotgan o'ramlar to'g'rilanishi, tortilishi va hatto o'rash jismidan tushib ketishi mumkin. Shuning uchun muhim ahamiyatga ega bo'lgan ko'rsatilgan parametrlarning kritik kattaliklarini topish masalasini ko'raylik [4]. 7.1-rasmda keltirilgan holat bo'yicha uzunlikdagi ip kesmasi AOB o'rash

jismi sirtida turibdi. Ip joylashuv chizig'i bo'ylab o'rash jismi sirtining egrilik markazi O nuqtada bo'lib, uning egrilik radiusi ρ ga teng. Ipga ta'sir qiluvchi kuchlar: Q — ipning yetaklanuvchi tomoni tarangligi, $Q + dQ$ — yetaklovchi tomon tarangligi, RdS —joylama yuzasining reaksiya kuchi va bunda R —ip kesmasining birlik uzunligiga to'g'ri keladigan kuch.

ds kesma uchta kuch ta'sirida muvozanatda turadi, shuning uchun bu uchta kuchning ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishadi va bir *urinma tekislik* W da yotadi. Mana shu urinma



7.1- rasm. O'ralayotgan ipning muvozanatvor joylashuv shartlarini chiqarishga doir sxema.

tekislikda yotgan koordinata o'qlari va kuchlarning ta'sir chiziqlari rasmda ko'paytiruv alomati bilan belgilangan kesma ds ning O nuqtasi orqali urinma τ va ip egri chizig'iga bosh tiklanma ν_1 , ya'ni bosh normal o'tkazamiz. τ , ν va β o'qlar birgalikda tabiiy uchqirralik hosil qiladilar. Hosil bo'lgan $O\nu\beta$ sistemadan tashqari boshqa koordinata sistemasi tuzib, unda n o'qni o'rash jismi yuzasiga tiklanma bo'ylab yo'naltiramiz. Ikkita o'zaro perpendikular tiklanma τ va n hosil qilgan tiklanmalar tekisligi yo'q da o'q m ham joylashadi.

Reaksiya kuchi Rds ni ikki tashkil etuvchiga bo'lamiz: Nds —normal n bo'yicha yo'nalgan ip kesmasining joylama tanasiga normal bosim kuchi va Fds —harakat chizig'i urinma tekislik $mO\tau$ da yotgan ip kesmasi va o'rash jismi yuzasi orasidagi ishqalanish kuchi. Bu yerda N va F —ip birlik uzunligiga to'g'ri keladigan normal bosim kuchi va ishqalanish kuchi.

Nds va Fds kuchlarni τ , ν , β o'qlariga proeksiyalab, ds ip kesmasini ng muvozanat shartlarini olamiz:

$$(Q + dQ) \cos \frac{d\psi}{2} - Q \cos \frac{d\psi}{2} - Fds \cos \gamma = 0,$$

$$Nds \cos \theta + Fds \sin \gamma \sin \theta - Q \sin \frac{d\psi}{2} - (Q + dQ) \sin \frac{d\psi}{2} = 0,$$

$$Nds \sin \theta - Fds \sin \gamma \cos \theta = 0.$$

Bu yerda θ —ip o'ram chizig'iga O nuqtadagi bosh normal ν va shu nuqtada o'rash jismi yuzasiga normal n orasidagi burchak. Uning nomi ilmiy amaliyotda *geodezik og'ish burchagi* deb ataladi, biz esa uning asl mohiyatiga ko'ra geodezik yo'nalishdan og'ish burchagi deb ataymiz, ψ — ds ip yoyi tortib turgan, uchi shu yoy egrilik markazida bo'lgan AO_1B burchak.

Cheksiz kichik kattalik $\frac{dQd\psi}{2}$ ni hisobga olmay va $\cos \frac{d\psi}{2} = 1$, $\sin \frac{d\psi}{2} = \frac{d\psi}{2}$ deb qabul qilib, $ds = \rho d\psi$ bo'lganida

$$\frac{dQ}{ds} = F \cos \gamma; \quad \frac{Q}{\rho} = N \cos \theta + F \sin \gamma \sin \theta; \quad F \sin \gamma = \frac{N \sin \theta}{\cos \theta} \quad (7.9)$$

ekanligi aniqlab, solishtirma normal kuch

$$N = \frac{Q \cos \theta}{\rho}, \quad (7.10)$$

geodezik yo'nalishdan og'ish burchagi tangensi

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{F \sin \gamma}{N} = f \sin \gamma \quad (7.11)$$

tarzda aniqlanishini, undan esa

$$f = \frac{F}{N} = \operatorname{tge} \quad (7.12)$$

ekanligini topamiz. Bu yerda f — ipning o'rash jismi yuzasi bilan ishqalanish koeffitsiyenti, ϵ — ishqalanish burchagi va γ — ishqalanish kuchi Fds yo'nalishi va τ o'q orasidagi burchak.

Ip ds kesmasi muvozanatining birinchi shartini topish uchun γ , ϵ va θ burchaklar hamda reaksiya kuchi Rds va γ koordinata o'qi orasidagi burchak λ orasidagi bog'lanishni aniqlash kerak.

7.1-rasmdan ko'rinishicha

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{(Rds)\tau}{(Rds)v}$$

bo'lib, bu yerda $(Rds)\tau$ — Rds kuchning τ o'qiga va $(Rds)v$ — shu Rds kuchning v o'qiga proektsiyalari.

Bundan

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{Fds \cos \gamma}{Nds \cos \theta + Fds \sin \gamma \sin \theta} = \frac{1}{\frac{N \cos \theta}{F \cos \gamma} + \frac{\sin \gamma \sin \theta}{\cos \gamma}} \quad (7.13)$$

va (7.11) ni hisobga olganimizda

$$\operatorname{tg} \lambda = \sin \theta \operatorname{ctg} \gamma = \frac{\sin \theta \cos \gamma}{\sin \gamma}$$

ekanligi kelib chiqadi.

Yana (7.11) dan ko'rinadiki,

$$\sin \gamma = \frac{\operatorname{tg} \theta}{f}, \quad (7.14)$$

unda

$$\cos \gamma = \frac{\sqrt{f^2 - \operatorname{tg}^2 \theta}}{f}. \quad (7.15)$$

Oxirgi ikki ifoda birgalikda muvozanatning birinchi shartini beradi:

$$\operatorname{tg} \lambda = \cos \theta \sqrt{f^2 - \operatorname{tg}^2 \theta}. \quad (7.16)$$

O'ralgan ip muvozanatining olingan birinchi shartining tahlili ko'rsatadiki, geodezik yo'nalishdan og'ish burchagi θ kattalashganda λ burchak kichiklanadi, γ burchak esa kattalashadi, ya'ni ishqalanish kuchi vektori F_{ds} β o'q tomonga buraladi. Burchak $\theta = \varepsilon$ bo'lganida R_{ds} reaksiya bosh normal τ yo'nalishi bo'yicha joylashadi, γ burchak esa 90° bo'ladi. Burchak θ ning yanada kattalashuvida, ya'ni $\theta > \varepsilon$ bo'lganida ko'rilayotgan ds kesmaning muvozanati buziladi va y m o'qi bo'ylab surilib, joylamada shunday joyni shunday shaklga tushib egallaydiki, bunda $\theta \leq \varepsilon$ shart bajariladi. Bundan tashqari, ds kesma qiya yuzada m_0 gorizontga nisbatan qiyalik burchagi α ishqalanish burchagi maksimal qiymatidan kattalashib ketmaguncha, ya'ni

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \operatorname{tg} \varepsilon = f \quad (7.17)$$

shart buzilmaguncha muvozanatda bo'ladi.

Shunday qilib, ip yasovchisi aylanish o'qiga nisbatan α burchakli joylamaga o'ralganda *birinchi muvozanat sharti*:

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \operatorname{tg} \theta \leq \operatorname{tg} \varepsilon = f. \quad (7.18)$$

Olingan tengsizlikdan ds ip kesmasining muvozanatvorligi nafaqat o'rash jismining shakli, balki ip o'ram chizig'ining shakliga bog'liq bo'ladi. Bu ikkila shakl birgalikda geodezik yo'nalishdan og'ish burchagi θ va qiyalik burchagi α kattaliklarini belgilaydi. Agar bu shakllar $\theta \leq \varepsilon$ shartni qoniqtirsalar, ip kesmasi muvozanatda bo'lib, harakatlanmaydi. Bundan kelib chiqib muvozanatning birinchi, shakl bo'yicha shartini quyidagicha ta'riflashimiz mumkin: o'ram chizig'iga O nuqtadagi urinma bo'ylab yo'nalgan reaksiyaning to'la kuchi R_{ds} yotgan urinma tekislik ishqalanish konusiga tegib yoki uni kesib o'tishi kerak.

Endi *muvozanatvorlikning ikkinchi shartini* ko'rishga o'tamiz.

Yuqoridagi (7.9), (7.10) va (7.11) ifodalardan

$$\frac{dQ}{dS} = \frac{Q \sin \theta \operatorname{ctg} \gamma}{\rho}$$

ekanini ko'ramiz. O'zgaruvchilarni bo'lib va $dS = \rho d\psi$ bo'lganda

$$\frac{dQ}{dS} = \sin \theta \operatorname{ctg} \gamma d\psi \quad \text{yoki} \quad d(\ln Q) = \sin \theta \operatorname{ctg} \gamma d\psi$$

ekanligini va (7.14) va (7.15)ni hisobga olganda esa

$$d(\ln Q) = \sqrt{f^2 - \operatorname{tg}^2 \theta} \cos \theta d\psi \quad (7.19)$$

bo'lishini topamiz.

Endi (7.19) ning chap qismini Q_1 dan Q_2 gacha, o'ng qismini esa noldan ψ gacha integrallab,

$$\ln \frac{Q_2}{Q_1} = \int_0^{\psi} \sqrt{f^2 - \operatorname{tg}^2 \theta} \cos \theta d\psi \quad (7.20)$$

ifodani hosil qilamiz.

Va nihoyat (7.20)ni potensirlasak, ko'rilayotgan ip kesmasi uchlaridagi Q_1 va Q_2 tarangliklar orasidagi izlangan bog'lanishni topamiz:

$$Q_2 = Q_1 \int_0^{\psi} \sqrt{f^2 - \operatorname{tg}^2 \theta} \cos \theta d\psi. \quad (7.21)$$

Olingan ifoda Eyler—Amontoning umumlashgan formulasi bo'lib, ip kesmasi muvozanatining ikkinchi, taranglik bo'yicha shartini ifodalaydi. Bu shartning ma'nosi shuki, ip kesmasi joylama sirtida to yetaklovchi uchdagi taranglik Q_2 mumkin bo'lgan maksimal kattalikdan oshmaguncha harakatsiz turadi. Agar ip o'rami yumaloq silindrda uning o'qiga perpendikular joylashsa, $\theta = 0$ va umumlashgan (7.21) formula bizga tanish bo'lgan Eyler formulasiga aylanadi.

Olingan muvozanat shartlaridan quyidagi xulosalar kelib chiqadi.

Agar ipning o'rash jismiga ishqalanish koeffitsiyenti nolga teng bo'lsa, ikki harakatsiz nuqta orasida tortilgan ip geodezik (eng qisqa) chiziq shaklini oladi. Amalda ishqalanish koeffitsiyenti noldan katta, shuning uchun ipni butun oraliqda u yoki bu tomonga muayyan kattalikka og'dirish mumkin va bu holatda ip ishqalanish tufayli muvozanatdan chiqmaydi.

*Geodezik chiziq*dan muvozanatni saqlagan holda eng ko'p og'dirilganda ip hosil qiladigan egri chiziq *chegaraviy egri chiziq* deyiladi. Chegaraviy egri chiziqning har bir nuqtasida ip siljib ketish arafasida turadi. Chegaraviy egri chiziqlar (egrilanmalar) ichida geodezik chiziq joylashgan muayyan muvozanat sohasi chegaralarini belgilaydilarki (7.2- a, b rasm), undan tashqaridagi ip hech qanday sharoitda muvozanatda harakatsiz tura olmaydi. Har bir nuqtalarida mos urinma tekislik joylama yuzasiga normal n dan bir xil og'gan egri chiziqlar bir xil og'ish egrilanmalari deyiladi. $\theta = \epsilon$, $\gamma = 90^\circ$ va $Q_1 = Q_2$ bo'lganda ip chegaraviy egri chiziq bo'ylab joylashadi va uning tarangligi butun uzunligi bo'ylab bir xil va umumiy ishqalanish kuchi ip yo'nalishiga tik, ya'ni τ urinmaga perpendikular va m o'q bilan ustma-

ust tushadi. Agar $\theta = \varepsilon$ va $Q_1 = Q_2$ bo'lsa, yetaklovchi uchda taranglik Q_1 dan Q_2 gacha ortadi, lekin ip siljimaydi va shakli o'zgarmaydi, ishqalanish kuchi esa hamma nuqtalarda maksimal qiymatga ega bo'ladi. Q_2 yana oshganda muvozanat buziladi, ip geodezik chiziqqa tortiladi, γ burchak nolgacha kamayadi va ip geodezik egri chiziq bo'yicha joylashadi. Agar bundan keyin ham Q_2 taranglik ortsa, ip siljib geodezik chiziq bo'yicha sirpana boshlaydi.

Shunday qilib, olingan ikki muvozanat sharti—shakli va taranglik bo'yicha shartlar ipning ko'ndalang (birinchi) va bo'ylama (ikkinchi) yo'nalishlarda muvozanatini belgilaydi.

Berilgan egri chiziq bo'yicha yotqizilgan ip o'ramlari o'z shakli va holatini saqlab turishi uchun har ikkala shart, va avvalo shakl bo'yicha muvozanat sharti bajarilish kerak.

7.3. Geodezik yo'nalishdan og'ish burchagini topish

7.3.1. Umumiy hol

Muvozanatvorlik tenglamalariga kiruvchi ko'rsatkichlarning o'zaro bog'lanishlaridan amalda aniqlanishi eng qiyin bo'lgani *geodeziklikdan og'ish burchagi* bilan joylama shakli va ip o'ram chizig'i shakli orasidagi bog'lanishdir.

Differensial geometriyadan ma'lumki (7.2- d , e , f rasm)

$$\rho = \frac{dS}{d\psi} = R \cos \theta = R_2 \sin \theta; \quad \operatorname{tg} \theta = \frac{R}{R_2},$$

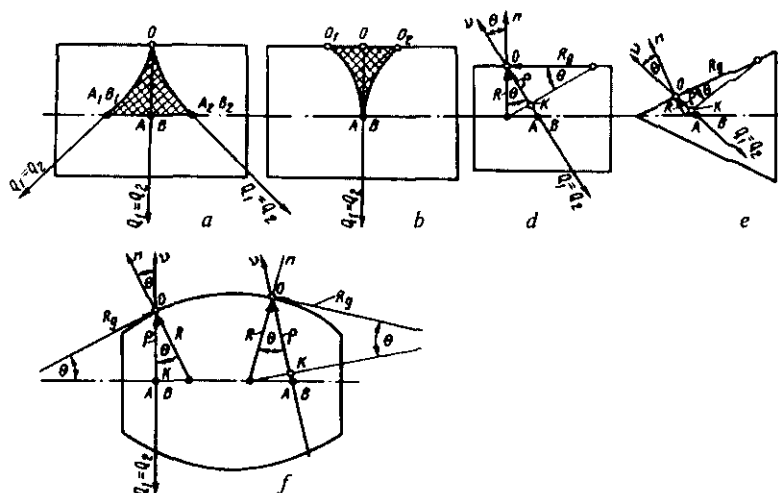
bu yerda R —joylama tanasining joylama yuzasiga normal n va o'ram chizig'iga O nuqtadagi urinma τ orqali o'tgan tekislik bilan kesilgandagi normal kesim radiusi, $R = r\sqrt{r'^2 + 1} / (\cos^2 \beta - q \sin^2 \beta)$; R_2 — ip o'ram chizig'ining O nuqtadagi geodezik egrilik radiusi, ya'ni o'ram chizig'ining urinma τ va geodezik yo'nalish orqali o'tgan tekislikka proeksiyasining radiusi, $R_2 = r\sqrt{r'^2 + 1} / (r \cos \beta)$.

Geodezik yo'nalish urinma τ va yuza normali n ga perpendikular, ya'ni geodezik yo'nalish urinma tekislik $mO\tau$ da yotadi va m o'q bilan ustma-ust tushadi.

Umumiy holda, ipni istalgan shaklli aylanish jismiga o'ralganda geodezik yo'nalishdan og'ish burchagini

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{r' \cos \beta - r \beta' \sin \beta}{\cos^2 \beta - q \sin^2 \beta} \quad (7.22)$$

formuladan topish mumkin va bu yerda r — o‘rash jismining ko‘rilayotgan nuqtadagi radiusi; $r' = dr / dy$ — o‘rash jismi o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan y bo‘yicha r dan hosila; β — ko‘rilayotgan nuqtadagi o‘ram chizig‘i ko‘tarilish burchagi yoki yotqizish burchagi; $\beta' = d\beta / dy$ — β burchakning y bo‘yicha hosilasi; $q = rr''(1 + r'^2)$; r'' — r ning y bo‘yicha ikkinchi hosilasi.



7.2- rasm. Muvozanat shartlarini topish sxemalari:

- a), b) chegaraviy egri chiziqlar va ipping silindrdagi muvozanatvor holat sohalari;
d), e), f) silindr, konus va sferada ρ , R va θ lar orasidagi geometrik bog‘lanish.

Olingan (7.22) formuladan foydalanish uchun oldin β burchak va o‘rash jismi radiusi r ning o‘rash nuqtasining joylama o‘qi bo‘ylab koordinatasi y ga bog‘lanishini aniqlash kerak.

7.3.2. Silindrik o‘rash

Bunda $r = \text{const}$; $r' = r'' = 0$; $\beta = \text{const}$; $\beta' = \operatorname{tg} \theta = 0$. Ko‘ramizki, silindrik o‘ralishda geodezik yo‘nalishdan og‘ish burchagi nolga teng, demak, yumaloq silindrda o‘ram chizig‘i o‘qi geodezik chiziqdır va bunday o‘ralish muvozanatvordir.

Lekin terslanish paytida *barqaror yotqizish qonuni* buzilib, yotqizish burchagi ham kattalik, ham yo'nalish jihatidan tez o'zgaradi. Bundan terslanish paytida muvozanatvorlik shartlarini bajarish juda muhimligi ma'lum bo'ladi.

Yumaloq silindrik yuzaga chetki o'ramni o'rashda $r' = 0$, lekin $\operatorname{tg}\theta = -r\beta' \sin \beta / \cos^2 \beta \neq 0$. Agar ipyetaklagich harakat yo'nalishini birdan o'zgartirsa, ya'ni oniy terslansa, yotqizish burchagi tangens yoki sinus qonuni bo'yicha o'zgaradi:

$$\operatorname{tg}\beta = \left[2e^{\frac{-v_0 t}{b}} - 1 \right] \operatorname{tg}\beta_0;$$

$$\sin \beta = \frac{\left[2e^{\frac{-v_0 t}{b}} - 1 \right] \operatorname{tg}\beta_0}{\sqrt{1 + \left[2e^{\frac{-v_0 t}{b}} - 1 \right]^2 \operatorname{tg}^2 \beta_0}}.$$

Bu holda

$$\operatorname{tg}\beta\gamma = \frac{\beta'}{\cos^2 \beta} = -\frac{2v_0}{b} \dot{a} \frac{-v_0 t}{b} \frac{dt}{dy} \operatorname{tg}\beta_0 = \frac{2a \frac{-v_0 t}{b}}{b(2a \frac{-v_0 t}{b} - 1)};$$

$$\frac{dy}{dt} = \dot{y} = y_0 \left(2a \frac{-v_0 t}{b} - 1 \right) \operatorname{tg}\beta_0;$$

$$\beta' = \frac{-2e^{\frac{-v_0 t}{b}} \cos^2 \beta}{b \left(2e^{\frac{-v_0 t}{b}} - 1 \right)}.$$

Bulardan esa

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\frac{-v_0 t}{2re} \frac{1}{b} \operatorname{tg} \beta_0}{b \sqrt{1 + (2e \frac{-v_0 t}{b} - 1)^2 \operatorname{tg}^2 \beta_0}} \quad (7.23)$$

Burchak deyarli hamavaqt 22° dan kichik, shuning uchun amaliy hisoblarda soddalashtirilgan

$$\operatorname{tg} \theta \approx \frac{2r \operatorname{tg} \beta_0}{be \frac{v_0 t}{b}} \quad (7.24)$$

ifodadan foydalanish mumkin.

Boshqa bir xil sharoitda $\operatorname{tg} \theta$ maksimal qiymatga $t = 0$ da, ya'ni vintiy spiral o'ram va chetki o'ram bilan tutashgan nuqtada ega bo'ladi:

$$\operatorname{tg} \theta_{\max} = \frac{2r \sin \beta_0}{b} \quad (7.25)$$

Chetki o'ramning barcha nuqtalari

$$\operatorname{tg} \theta_{\max} = \frac{2r \sin \beta_0}{b} \leq f$$

tengsizlik bajarilishi muvozanatda bo'lishning sharti ekanligidan, quyidagilarni topish mumkin:

berilgan f, b, β_0 qiymatlarda joylamaning yo'l qo'yiladigan eng katta radiusi:

$$r \leq \frac{fb}{2 \sin \beta_0}; \quad (7.26)$$

eng katta radiusli joylama o'rashda yo'l quyiladigan o'ramlarning eng katta ko'tarilishi burchagi:

$$\beta_0 \leq \arcsin \left(\frac{fb}{2r_{\max}} \right); \quad (7.27)$$

eng katta radiusli joylama o'rashdagi yo'l qo'yiladigan eng kichik o'rash masofasi

$$b \geq \frac{2r_{\max} \sin \beta_0}{f} \quad (7.28)$$

ko'rinishda aniqlanadi.

7.3.3. Ipyetaklagichning to'xtalishi

Ipyetaklagich chetki holatda to'xtalsa, ip geodezik chiziqqa yaqinroq joylashadi va joylama muvozanatvorligi va ustivorligi oshadi.

Ipyetaklagichning to'xtalish paytida yotqizish burchagi

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\dot{Y}}{v_0} = \operatorname{tg} \beta_0 - \frac{Y}{b} = e^{\frac{-v_0 t}{b}} \operatorname{tg} \beta_0$$

va geodezik yo'nalishdan og'ish burchagi

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{r \operatorname{tg} \beta_0}{b \sqrt{e^{\frac{2v_0 t}{b}} + \operatorname{tg}^2 \beta_0}} \approx \frac{r \operatorname{tg} \beta_0}{be^{\frac{v_0 t}{b}}} \quad (7.29)$$

Bu holda ham $\operatorname{tg} \theta$ ning maksimal qiymati bo'lganida ro'y beradi, ya'ni $\operatorname{tg} \theta_{\max} = \frac{r \sin \beta_0}{b} \leq f$.

Umumiy holda, β burchakning o'zgarish qonuni terslanish paytidagi ipyetaklagichning harakat qonuniga va yotqizish mexanizmi konstruksiyasi hamda o'rash mushtagining o'qcha bilan tutashuv usuliga bog'liq.

Agar geometrik tutashuvli fazoviy mushtaklar qo'llanilsa, terslanish boshlanishida ipyetaklagichning harakat qonuni

$$y_2 = \sqrt{R^2 - (R \sin \alpha - \omega r t)^2} - R \cos \alpha$$

va yotqizish burchagining o'zgarish qonuni

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \beta_0 - \frac{Y}{b} + \frac{Y_2}{b} = \frac{\dot{Y}}{v}$$

bo'ladi. Oxirgi formulani oldingiga qo'ysak, integrallanmaydigan ifoda hosil bo'ladi. Shuning uchun harakat qonunini integrallanadigan va harakatning asl qonuniga yetarli yaqin bo'lgan quyidagi

$$Y_2 = A \sin \psi = v_0 r \operatorname{tg} \beta_0 \sin \frac{\psi}{\pi}$$

ifoda bilan almashtiramiz va bu holda o'rash nuqtasining kinematik ko'rsatkichlari va yotqizish burchagini beshinchi bobdagi formulalar bo'yicha hisoblash mumkin.

Geodezik yo'nalishdan og'ish burchagini topish uchun $\operatorname{tg} \theta$ dan y bo'yicha hosila olamiz:

$$\beta' = \cos^2 \beta (\text{tg} \beta)' = \frac{v_0 \text{tg} \beta_0 \cos^2 \beta \left(\frac{\pi^2}{\tau^2} \cos \frac{\pi t}{\tau} - \frac{\pi v_0}{b \tau} \sin \frac{\pi t}{\tau} + \frac{v_0^2}{b^2} e^{-\frac{v_0 t}{b}} \right)}{b \dot{y} \left[\left(\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b^2} \right) - e^{-\frac{v_0 t}{b}} \right]} = \frac{\dot{y} \cos^2 \beta}{\dot{y}}.$$

Yumaloq silindr joylamaga chetki o'ram o'ralayotganda

$$\text{tg} \theta = -\frac{r \beta' \sin \beta}{\cos^2 \beta} = -\frac{r \dot{y} \sin \beta}{v_0 \dot{y}}.$$

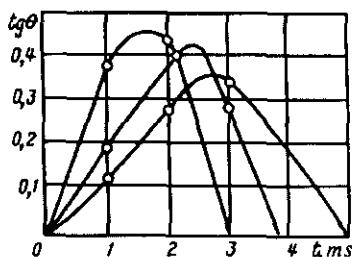
Shuning uchun tekshirilayotgan M nuqtada

$$\text{tg} \theta = -\frac{r \sin \beta}{b} \left\{ \frac{\left[\frac{\pi^2}{\tau^2} \cos \frac{\pi t}{\tau} - \frac{\pi v_0}{b \tau} \sin \frac{\pi t}{\tau} + \frac{v_0^2}{\tau b^2} e^{-\frac{v_0 t}{b}} \right]}{v_0 \left[\frac{v_0}{b} \cos \frac{\pi t}{\tau} + \frac{\pi}{\tau} \sin \frac{\pi t}{\tau} - \frac{v_0}{b} e^{-\frac{v_0 t}{b}} \right]} \cdot \frac{\left[\left(\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b^2} \right) - e^{-\frac{v_0 t}{b}} \right]}{\left[b \left(\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b^2} \right) \right] + e^{-\frac{v_0 t}{b}}} \right\}. \quad (7.30)$$

Chetki o'ramning boshlanish nuqtasida $t = 0$ bo'lganida $y = 0$; $\dot{y} = y_1 v_0 \text{tg} \beta_0$; $\text{tg} \beta = \text{tg} \beta_0 \text{tg} \theta = 0$ bo'ladi. Vaqt t ortib borgan sari θ kattalashadi va $t \approx 0,8 \tau$ da maksimal qiymatga erishadi (7.3-rasm).

Amaliy hisoblarda $\beta \leq 20^\circ$ bo'lganida $\sin \beta = \text{tg} \beta$ deb olish mumkin. Unda

$$\text{tg} \theta = -\frac{r \dot{y}}{v_0^2} = \frac{r}{b} \left[\frac{e^{-\frac{v_0 t}{b}} - \left(\frac{\pi^2}{\tau^2} \cos \frac{\pi t}{\tau} - \frac{\pi v_0}{b \tau} \sin \frac{\pi t}{\tau} + \frac{v_0^2}{b^2} e^{-\frac{v_0 t}{b}} \right)}{\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b^2}} \right] \text{tg} \beta_0. \quad (7.31)$$



7.3- rasm. Ipyetaklagich harakati sinusoidal bo'lgandagi $\text{tg} \theta$ grfigi.

$t = \frac{\tau}{2}$ bo'lganida

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{r}{b} \left[e^{-\frac{v_0 \tau}{b}} - \frac{\frac{v_0^2}{b^2} e^{-\frac{v_0 \tau}{b}} \frac{\pi v_0}{2b} \frac{\pi v_0}{b \tau}}{\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b^2}} \right] \operatorname{tg} \beta_0$$

va $t = \tau$ bo'lganida

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{r}{b} \left[e^{-\frac{v_0 \tau}{b}} - \frac{\frac{v_0^2}{b^2} e^{-\frac{v_0 \tau}{b}} - \frac{\pi^2}{\tau^2}}{\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b^2}} \right] \operatorname{tg} \beta_0$$

bo'ladi.

7.3.4. Konussimon va halqali o'rash

Endi konussimon o'rash holini ko'ramiz. Bunda ip doimiy yoki o'zgaruvchan tezlikda berilishi mumkin.

Har ikkala holda ham ipyetaklagich terslanishi boshlanguncha bir yo'nalishdagi spiral o'ram chizig'i o'zgarmas bo'lishi yoki o'ramlar qadami o'zgarmas bo'lishi mumkin.

Ipyetaklagich konusning kichik asosidan kattasiga harakatlana-yotganda

$$r = r_0 + y \operatorname{tg} \alpha; \quad r' = \operatorname{tg} \alpha; \quad r'' = 0; \quad q = 0 \quad \text{va}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\cos \beta \operatorname{tg} \alpha - (r_0 + y \operatorname{tg} \alpha) \beta \sin \beta}{\cos^2 \beta}.$$

Agar o'ram qadami o'zgarmas bo'lsa, unda

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{(2 - \cos^2 \beta) \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta}. \quad (7.32)$$

Ipyetaklagich konusning katta asosidan kichigiga qarab yurganda

$$\operatorname{tg} \theta = -\frac{(2 \cos^2 \beta) \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta}. \quad (7.33)$$

Og'ish burchagi Q ning maksimal qiymati maksimal ko'tarilish burchagi b bo'lgan joyda, ya'ni kichik asos yonida bo'ladi.

Nihoyat, halqaviy mashinalardagi holni ko'ramiz. Halqaviy mashinalarda o'ramlarning ko'tarilish burchaklari 5° dan oshmaydi. Shuning uchun $\cos\beta = 1$ deb olish mumkin.

Unda ip muvozanatining birinchi sharti

$$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\theta \leq f$$

ko'rishini oladi.

Agar ko'tarilish burchagi $\beta = \text{const}$ bo'lsa, unda $\beta' = r'' = 0$ va

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{\operatorname{tga}}{\cos\beta} \leq f. \quad (7.34)$$

Terslanish vaqtida o'rash nuqtasining siljishi 5 mm dan kichik bo'ladi, shunga ko'ra so'tachaning konus o'rash yuzasi radiusi va o'rash masofasi minimal o'zgaradi. Bunday holda chetki o'ramlar ko'tarilishi burchagini yumaloq silindrga o'rash uchun olingan formulalar bo'yicha aniqlasa bo'ladi.

Muvozanatvorlik nuqtai nazaridan, eng noqulay holni — ipyetaklagichning katta asos yonida oniy terslanishini olsak,

$$\operatorname{tg}\beta = (2e^{\frac{-v_0 t}{b}} - 1)\operatorname{tg}\beta_0,$$

$$\beta' = \frac{-2e^{\frac{-v_0 t}{b}} \cos\beta}{b(2e^{\frac{-v_0 t}{b}} - 1)} \quad (7.35)$$

bo'lganda

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\cos\beta} + 2(\eta_0 + y\operatorname{tg}\alpha)e^{\frac{-v_0 t}{b}} \sin\beta}{b(2e^{\frac{-v_0 t}{b}} - 1)}$$

ekanini topamiz.

$t = 0$ va $y = L$ bo'lganida

$$\operatorname{tg}\theta_{\max} = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\cos\beta_2} + \frac{2R_0 \sin\beta_2}{b_2}. \quad (7.36)$$

Ipyetaklagich konusning kichik asosi oldida oniy terslanganda

$$r = R_0 - y\operatorname{tg}\alpha; \quad r' = -\operatorname{tg}\alpha; \quad r'' = 0, \quad q = 0 \quad \text{va}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = \frac{(R_0 - y \operatorname{tg} \alpha) \beta' \sin \beta}{\cos^2 \beta}. \quad (7.37)$$

Endi (7.35) ni (7.37)ga qo'ysak, $t = 0$ va $y = L$ bo'lganda

$$\operatorname{tg} \theta_{\max} = -\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta_1} + \frac{2r_0 \sin \beta_1}{b_1} \quad (7.38)$$

ekanligini topamiz va bu yerda β_1 va β_2 — terslanish boshlanish onida konusning katta va kichik asoslari oldida o'ramning ko'tarilish burchagi; b_2 va b_1 — konusning katta va kichik asoslari oldida yotqizish masofasi.

Olingan (7.36) va (7.38) formulalarning tahlili ko'rsatishicha, chetki o'ramlarning o'rtacha tomon tortilish xavfi konusning katta asosi oldidagi o'ramlarda eng katta bo'ladi. Tortilish yuz bermasligi uchun

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta_2} + \frac{2R_0 \sin \beta_2}{b_2} \leq f \quad \text{yoki} \quad \operatorname{tg} \alpha \leq \frac{(fb_2 - 2R_0 \sin \beta_1) \cos \beta_2}{b_2}$$

shart bajarilishi kerak.

7.4. Chetki o'ramlarning muvozanat shartlari

Olingan bog'lanishlar ko'rsatishicha, muvozanatvorlik nuqtai nazaridan ipyetaklagich joylamaning katta diametri yonida terslanishida o'ralgan chetki o'ramlar eng og'ir sharoitda bo'ladilar.

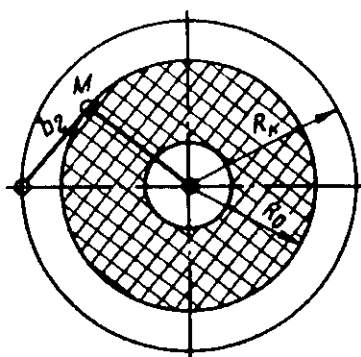
Oniy terslanishda chetki o'ramlarning muvozanatda bo'lishlari uchun birinchi shart—shakl sharti

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta_2} + \frac{2R_0 \sin \beta_2}{b_2} \leq f$$

bajarilishi kerak bo'lib, unga o'rash davomida o'zgarib turadigan to'rtta ko'rsatkich — α , β_2 , R_0 , b kiradi.

7.4.1. Halqali mashinalarda chetki o'ramlarning muvozanat shartlari

Agar halqali mashinalarni ko'rsak, R_0 , β_2 , halqa radiusi R_h va $b_2 = \sqrt{R_h^2 - R_0^2}$ — o'rash masofasi berilgan parametrlardir (7.4-rasm).



7.4- rasm. O'rash masofasini topish sxemasi.

Birinci muvozanat sharti bo'yicha joylama konusining chetki o'ramlari joylama o'rtasiga tortilmaydigan α burchagi yoki balandligi L ni topamiz:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R_0 - r_0}{L} \leq \frac{(b_2 - 2R_0 \sin \beta_2) \cos \beta_2}{b_2} = \frac{f - 2R_0 \sin \beta_2}{\sqrt{R_h^2 - R_0^2} \cos \beta_2}, \quad (7.39)$$

$$L \geq \frac{R_0 - r_0}{\left(f - \frac{2R_0 \sin \beta_2}{\sqrt{R_h^2 - R_0^2}} \right) \cos \beta_2}. \quad (7.40)$$

Agar $\alpha = 0$ bo'lsa, unda

$$\frac{2R_0 \sin \beta_2}{\sqrt{R_h^2 - R_0^2}} \leq f$$

ekanligidan $\beta_2 = \beta_0$ yotqizish burchagi kattaligini qabul qilib, joylamaning yo'l qo'yiladigan eng katta radiusini topamiz:

$$R_0 \leq \frac{R_h f}{\sqrt{4 \sin^2 \beta_0 f_1 \cdot f^2}} \quad (7.41)$$

yoki berilgan R_0 bo'yicha yo'l qo'yiladigan eng katta yotqizish burchagini topamiz:

$$\beta_0 = \beta_2 \leq \arcsin \left[\frac{\sqrt{R_h^2 - R_0^2}}{2R_0} \right]. \quad (7.42)$$

7.4.2. Halqasiz mashinalarda chetki o'ramlarning muvozonat shartlari

Halqasiz mashinalarda o'rashda

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R_0 - R_1}{L} \leq \left(f - 2 R_0 \sin \frac{\beta_0}{b} \right) \cos \beta_0;$$

$$L \geq \frac{R_0 - R_1}{\left(f - 2 R_0 \sin \frac{\beta_0}{b} \right) \cos \beta_0}$$

bo'lib, R_1 — ipbardor tanasi radiusi.

Agar $\alpha = 0$ bo'lsa, unda

$$\operatorname{tg} \theta = 2 R_0 \sin \frac{\beta_0}{b} \leq f; \quad R_0 \leq \frac{bf}{2 \sin \beta_0};$$

$$\beta_0 \leq \arcsin \frac{fb}{2 R_0}; \quad b = \frac{2 R_0 \sin \beta_0}{f}.$$

Juda ko'pchilik holda yotqizish mexanizmi kinematik juftliklaridagi tirqishlar ipyetaklagich ko'zining terslanishda ma'lum τ vaqt to'xtab qolishiga olib keladiki, bu θ burchakning arzirlik kichrayishiga va chetki o'ramlarning muvozanatliroq egrilanmalar bo'yicha joylashishlariga olib keladi. Bu holda konusning katta asosi yonida joylashgan chetki o'ramlar uchun

$$\operatorname{tg} \beta = e^{\frac{-v_0 f}{b}} \operatorname{tg} \beta_0; \quad \operatorname{tg} \theta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta_2} + \frac{R_0 \sin \beta_2}{b_2} \leq f;$$

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \left(f - \frac{R_0 \sin \beta_2}{\sqrt{R_h^2 - R_0^2}} \right) \cos \beta_2; \quad L \geq \frac{R_0 - r_1}{\left(f - \frac{R_0 \sin \beta_2}{\sqrt{R_h^2 - R_0^2}} \right) \cos \beta_2}$$

bog'lanishlar o'rinli bo'ladi.

$$\text{Agar } \alpha = 0 \text{ bo'lsa, } \operatorname{tg} \theta = R_0 \sin \frac{\beta_0}{b} \leq f; \quad R_0 \leq \frac{bf}{\sin \beta_0}; \quad \beta_0 \leq \arcsin \frac{bf}{R_0};$$

$$b \geq \frac{R_0 \sin \beta_0}{f} \text{ bo'ladi.}$$

Agar ipyetaklagich ko'zi terslanish paytida sinusoidal qonun bo'yicha harakatlansa, unda:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\cos\beta_2} + \frac{R_0}{b_2} + \frac{R_0}{b_2} \left\{ e^{\frac{-v_0 t}{b}} - \frac{\frac{\pi^2}{\tau^2} \cos \frac{\pi t}{\tau} - \frac{\pi v_0}{\tau b_2} \sin \frac{\pi t}{\tau} + \frac{v_0^2}{b_2^2} e^{\frac{-v_0 t}{b}}}{\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b_2^2}} \right\} \times \quad (7.43)$$

$$\times \operatorname{tg}\beta_2 \leq f,$$

qiyalik burchagi $\alpha = 0$ bo'lganida

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{R_0}{b} \left\{ e^{\frac{-v_0 t}{b}} - \frac{\frac{\pi^2}{\tau^2} \cos \frac{\pi t}{\tau} - \frac{\pi v_0}{\tau b} \sin \frac{\pi t}{\tau} + \frac{v_0^2}{b^2} e^{\frac{-v_0 t}{b}}}{\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b^2}} \right\} \times \quad (7.44)$$

$$\times \operatorname{tg}\beta_0 \leq f.$$

Og'ish burchagi θ maksimal qiymatga $t \approx 0,8\tau$ bo'lgan onda erishadi.

Oxirgi bog'lanishdan joylamaning yo'l qo'yiladigan eng katta radiusi R_0 yoki o'rash masofasi b ning yo'l qo'yiladigan eng kichik qiymati aniqlanadi.

7.5. O'ramlar muvozanat shartlarining o'rash mexanizmlarini loyihalash va sozlashda ishlatilishi

Bizga endi ma'lumki, konussimon joylama katta asosi yonidagi eng chetki o'ralishining ko'tarilish burchagi o'zgarishi $+\beta$ dan $-\beta$ gacha yoki aksincha bo'lgan qismi muvozanat nuqtai nazaridan eng og'ish sharoitida bo'ladi. Yuqoridagi (7.35) dan ko'tarilish burchagi-

ning o'zgarishi $2e^{\frac{-v_0 t}{b}} - 1 = 0$ yoki $e^{\frac{-v_0 t}{b}} = 0,5$ bo'lgan onga to'g'ri keladi.

Demak, $t = 0$ da, ya'ni o'ram spiral chizig'iga tegishli eng oxirgi nuqtada og'ish burchagi $\theta = 0$ bo'lib, qo'shni eng chetki terslanish amalga oshadigan o'ramning birinchi nuqtasida

$$\operatorname{tg}\theta_{\max} = \frac{2r\sin\beta_0}{b} \quad (7.45)$$

bo'ladi.

Shu chetki o'ramning eng oxirgi nuqtasi $e \frac{-v_0 r}{b} = 0,5$ bo'lganida

$$\operatorname{tg}\theta_{\max} = \frac{r\operatorname{tg}\beta_0}{b} \quad (7.46)$$

bo'ladi. Ko'rilgan va olingan ifodalarning birgalikdagi tahlili loyiha-lashda (7.45) ifodadan foydalanish lozimligini ko'rsatadi.

Joylamalarning zichlangan chetlarining uzunligini kamaytirish uchun o'rash masofasi b ni mumkin qadar kichik olish kerak. Agar o'rash jismining eng katta radiusi r berilgan bo'lsa, $\beta_0 = \arcsin \frac{v_0}{v}$ burchak ma'lum bir qiymatdan katta bo'lmasligi kerak, yoki

$$\sin\beta_0 = \frac{v_0}{v} \leq \frac{f b_{\min}}{2r_{\max}}.$$

Bu shartdan ipyetaklagichning yo'l qo'yiladigan eng katta tezligi

$$v_0 = \frac{v f b_{\min}}{2 r_{\max}}.$$

Agar β_0 ning qiymati berilgan bo'lsa, unda o'rash jismining yo'l qo'yiladigan eng katta radiusi

$$r = \frac{f b_{\min}}{2\sin\beta_0}$$

bo'ladi.

Agar $r_{\max}$ va β_0 qiymatlari berilgan bo'lsa, muvozanatvor o'ra-lish olish uchun o'rash masofasini

$$b = \frac{2r_{\max}\sin\beta_0}{f}$$

kattalikda belgilash kerak.

Odatda, ipning ipbardor yuzasi bilan ishqalanish koeffitsiyenti ipning ip bilandagidan ancha kichik. Shuning uchun β_0 burchakni

aniqlashda ikkita qiymat $\sin\beta_{01} = \frac{f_{\min} b_{\max}}{2r_{\min}}$ va $\sin\beta_{02} = \frac{f_{\max} b_{\min}}{2r_{\max}}$

topilib kichikroq kattalik qabul qilinishi kerak.

Ipetaklagich tezligi ham xuddi shunday aniqlanadi

$$v_1 = \frac{v f b_{\max}}{2 r_{\min}}; \quad v_0 = \frac{v f b_{\min}}{2 r_{\max}}$$

va kichikroq tezlik olinadi.

Agar yotqizish burchagini

$$\beta_0 = \arcsin\left(\frac{f b_{\min}}{2r_{\max}}\right)$$

qiymatgacha kattalashtirish kerak bo'lsa, ipbardorga maxsus shakl berib, halqaviy ariqchalar yoki kertmalar ko'zda tutilishi kerak. Bunda chetki o'ramlar yotadigan joylarda halqaviy ariqchalar, zichlangan chekkalar hosil bo'ladigan joylarda ko'tarilish burchagi β_0 dan katta bo'lmagan va qarama-qarshi yo'nalishli vintli ariqchalar ham maqsadga muvofiq. Yumaloq konusga o'rashda θ burchak $t = 0$ da maksimal bo'ladi:

$$\operatorname{tg}\theta_{\max} = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\cos\beta_2} + \frac{2r_2 \sin\beta_2}{b_2} \leq f, \quad (7.47)$$

ipyetaklagich terslanishiga qadar esa

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{(2 - \cos^2\beta_0)\operatorname{tg}\alpha}{\cos\beta_0}$$

bo'ladi.

(7.47) formulani o'rash mashinalarini loyihalashda qo'llash lozim.

Kichik qiyalikli konussimon o'rashda $\beta < (2 \div 3^\circ)$ bo'lganda

$\operatorname{tg}\theta_{\max} = \operatorname{tg}\alpha \leq f$, unda joylama balandligi $H = \frac{r_2 - \eta}{f}$ olinadi.

Katta qiyalikli konussimon o'rashda $\beta > (10 - 12^\circ)$ bo'lganda joylama balandligi

$$H = \frac{(r_2 - \eta)b_2}{(fb_2 - 2r_2 \sin\beta_2)\cos\beta_2} = \frac{r_2 - \eta}{(f - \frac{2r_2 \sin\beta_2}{b_2})\cos\beta_2}$$

ifoda bilan hisoblab olinishi kerak.

Xulosa

Bu bob joylamaning ustivorlik va muvozanatvorlik mavzusiga bag'ishlangan bo'lib, joylamaning ustivorligi va uning shartlari, joylama yuzasidagi ip o'ramining muvozanati, geodezik yo'nalish va undan og'ish burchagi tushunchalari, ip joylashuvida uning geodezik yo'nalishdan og'ish burchagini umumiy holda, silindrik, konussimon va halqali o'rashda chetki o'ramlarning muvozanat shartlari va nihoyat bu shartlarning o'rash mexanizmlarini loyihalash va sozlashda ishlatilishi masalalari ko'rib chiqilgan.

Nazorat savollari

1. Joylamaning ustivorligi va muvozanatvorligining ahamiyati nimada?
2. Joylamaning ustivorligi va uning asosiy shartlarini ko'rsating.
3. Joylama yuzasidagi ip o'ramining muvozanati qanday aniqlanadi?
4. Geodezik yo'nalishdan og'ish burchagi qanday topiladi?
5. Silindrik o'rashda og'ish burchagi qanday topiladi?
6. Ipyetaklagichning to'xtalishi va uning ta'siri nimadan iborat?
7. Konussimon va halqali o'rashda ustivorlik qanday aniqlanadi?
8. Chetki o'ramlarning muvozanat shartlari nimalardan iborat?
9. Halqali mashinalarda o'ram muvozanati shartlari qanday?
10. Halqasiz mashinalar o'ram muvozanati shartlari qaysilar?
11. O'ramlarning muvozanat shartlari o'rash mexanizmlarini loyihalash va sozlashda qanday ishlatiladi?

8. O'RASH JISMI KUCHLANGANLIK HOLATI VA ZICHLIGI

8.1. O'rash jismi kuchlaganlik holati

Ma'lumki, ip o'rash jismiga ma'lum taranglik ostida o'raladi. Bu esa o'ralayotgan ipda ma'lum qayishqoq deformatsiyalar hosil bo'lishiga olib keladi. O'rash jismi shakllangandan keyin, o'ralgan iplar o'z deformatsiyalarini va tarangliklarining bir qismini saqlab qoladilar. Shuning uchun, joylama ichidagi har bir o'ram ip radial yo'nalishda o'zidan ichkarida joylashgan qatlamlarga bosim kuchi bilan ta'sir qilib turadi. Bu bosim kuchi har bir ichkariroqdagi qatlamlarga ustki qatlamlardan uzatiladi. Natijada ichkari qatlamlarda bosim kuchi tashqari qatlamlardan ortiq bo'ladi. Bunda bosimning oshib borish tezligi bir tekisda bo'lmay, qavatdan qavatga ortib, tobora tezlashib boradi. Bu bosim kuchi ta'sirida ichki qatlamlar zichlanib, joylama markazi tomonga biroz siljiydilar va ichki qatlamlardagi o'ramlarning tarangligi kamayadi. Bular, oqibat natijada, joylama asosiga bo'lgan bosimning kamayishiga olib keladi. Ip o'ramlarining o'ralayotgandagi tarangligi faqat joylamaning eng tashqi va eng ichki, bevosita ipbardorga o'ralgan nimqavatlarda saqlanib qoladi. Shuning uchun, joylama zichligini ipning o'ralish tarangligini oshirish hisobiga faqat cheklangan kattalikka oshirish mumkin. Bunda ip qayishqoqroq va kamcho'ziluvchan bo'lganiga qaraganda ko'proq darajada zichlikni oshirish mumkin. Bundan tashqari joylama ichidagi bosim o'qiy yo'nalishida ham qatlamlarning cho'zilishiga olib keladiki, bu oqibat natijada, joylama shaklining ham anchagina o'zgarishiga olib kelishi mumkin. O'rash zichligini bilish va uni boshqarish zarurati boshqa nuqtai nazardan ham kelib chiqadi. Bu ayrim hollarda joylamalarda ipni bo'yash yoki boshqa fizik-kimyoviy ishlov berish zaruratidir. Bunday holda texnologik jarayonlarning normal kechishi joylamalar zichligining talab qilingan doiralarda barqarorligi bilan bog'liq bo'ladi.

Avvalo real o'rash sharoitida o'rash nuqtasining harakat qonuni joylamalar hajmida zichlikning bir xilligini to'la ta'minlay olmaydi. Ikkinchidan, qabul qilingan harakat qonunini o'zgarishsiz aniq amalga oshirish texnologik jihatdan nihoyatda mushkul. Uchinchidan, o'rash jarayoni, o'z mohiyatiga ko'ra, joylamani bir xil zichlikda o'rashga imkon bermaydi. Vaholanki, texnologik nuqtai nazardan, joylamaning butun hajmida o'zgarmas bir xil zichlikning ta'minlanish talabi katta ahamiyatga egaligi ma'lum. Shuning uchun, turli o'rash usullari

sharoitida joylama zichligi va uning hajmiy taqsimlanishi masalalarini [6, 4, 5] larga muvofiq ko'rib chiqamiz va bunda vaqt omilining ta'sirini, ya'ni joylamadagi relaksatsiya jarayonlarini hisobga olmaymiz.

8.2. O'rash zichligi va unga o'rash ko'rsatkichlarining ta'siri

O'rash zichligi joylama massasining uning hajmiga bo'lgan nisbati bilan belgilanadi. O'rash zichligiga o'rashning texnologik ko'rsatkichlarining ta'sir qilishi albatta tabiiy hol. Masalan: yotiq kesishuvli va parallel o'rashda quyidagilar zichlikka ta'sir qiluvchi omillardir:

- *ip materiali (ashyosi)ning zichligi;*
- *ipning zichligi;*
- *ip yuzasining silliqligi;*
- *ipning yo'g'onligi;*
- *o'ramlarning ko'tarilish burchagi;*
- *o'rash tarangligi.*

Ip yo'g'onligining kamayishi va uning silliqligi ortishida u joylama hajmini yaxshiroq to'ldiradi va to'ldirish koeffitsiyenti ortadi va joylama zichligi oshadi. O'ramlarning ko'tarilish burchagining kamayishi ham shunday ta'sir qiladi. Yotiq kesishuvli yondosh va parallel o'ralishda esa eng yuqori zichlik hosil bo'ladi. O'rash tarangligi ham zichlikning oshirishi tabiiy hol.

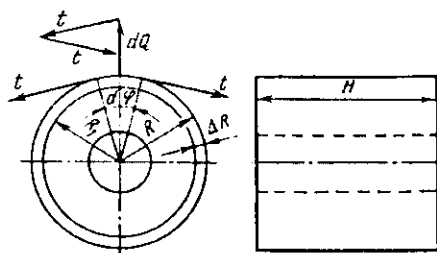
Qiya kesishuvli o'ralishda joylama zichligiga quyidagi omillar ta'sir qiladi:

- *ip materiali va ipning zichliklari;*
- *o'ramlar kesishuv burchagi kattaligi;*
- *g'altonning o'rash valigiga bosimi;*
- *ipning yo'g'onligi va silliqligi;*
- *ipning o'ralish tarangligi.*

Ko'rsatilgan omillarning ko'pchiligining ta'siri yotiq kesishuvli o'ralishdagiga o'xshash. O'ramlarning kesishuv burchagining kamayishi va g'altonning o'rash valigiga bosimining ortishi joylama zichligining ortishiga olib keladi.

8.3. Yotiq kesishuvli o'rash joylamalarining zichligi va ichki bosimi

Yotiq kesishuvli o'rashdagi zichlikni aniqlashning ikkita o'zaro o'xshash mexanik-texnologik tahlil uslubi bo'yicha ko'rib chiqamiz.



8.1- rasm. Joylamada bosim hosil bo'lish sxemasi.

Ikkala uslubda mexanik taxlilning asosi bir xildir. Shuning uchun tahlilning boshlanish qismi umumiy bo'ladi. Shunday qilib, yakka ip o'ramining nisbiy bosim kuchini topaylik. Buning uchun silindrik joylama sirtida o'ramning $dl = R d\varphi$ uzunlikdagi elementar qismini ajratamiz (8.1-rasm).

Bu ip kesmasining uchlariga ipning taranglik kuchlari t ta'sir qiladi. Bu kuchlar ta'sirida o'ramning joylama o'qiga yo'nalgan normal bosim kuchi dQ hosil bo'ladi. O'ramning muvozanat shartidan kelib chiqib, quyidagini yozish mumkin:

$$\frac{dQ}{2} = t \sin \frac{d\varphi}{2}; \quad dQ = 2t \sin \frac{d\varphi}{2}.$$

Burchak $d\varphi$ ning juda kichikligi tufayli

$$\sin \frac{d\varphi}{2} \approx \frac{d\varphi}{2}$$

bo'ladi. Shuning uchun

$$dQ = 2t \sin \frac{d\varphi}{2} \approx 2t \frac{d\varphi}{2} = t d\varphi.$$

Yakka o'ramning nisbiy bosim kuchi kattaligi quyidagicha aniqlanadi.

$$qi = \frac{dQ}{dl} = \frac{t d\varphi}{R d\varphi} = \frac{t}{R}. \quad (8.1)$$

Shunday qilib, o'ramning o'z uzunligi birligida hosil qiladigan bosim kuchi ip tarangligiga to'g'ri va o'rash radiusiga teskari proporsionaldir. Amalda bunday o'ramlarning soni juda ko'pligi uchun yupqaroq qalinlikdagi qatlamning normal bosimini topamiz. Bu

qatlamning o'rtacha radiusini R deb qabul qilsak, qatlam qalinligi ΔR dagi o'ramlar tarangliklarining yig'indisi K ga teng bo'ladi:

$$K = ti, \quad (8.2)$$

bu yerda: t — alohida ip tarangligi; $i = S_i = H\Delta R$ yuzali kesimdagi iplar soni; N — joylama uzunligi.

Silindrik o'ralma halqasining hajmi:

$$\Delta V = 2\pi H R_1 \Delta R.$$

Ajratilgan silindrik halqadagi ipning ΔM massasini topamiz:

$$\Delta M = \Delta v \gamma = 2\pi H \gamma R \Delta R, \quad (8.3)$$

bu yerda: γ — o'rash zichligi.

Bir o'ram ipning uzunligi $l \approx 2\pi R_1$ ekanligidan uning m massasini topamiz:

$$m = \frac{li}{1000} = \frac{2\pi R_1 T}{1000}, \quad (8.4)$$

bu yerda: T — ipning yo'g'onligi.

Oxirgi olingan ikki ifodadan kesimdagi iplar soni i ni topamiz.

$$i = \frac{\Delta M}{m} = \frac{1000 H \gamma \Delta R}{T}. \quad (8.5)$$

(8.5) va (8.2) lardan o'ramlar tarangliklari yig'indisini topamiz:

$$K = ti = \frac{1000 r H \gamma \Delta R}{T}. \quad (8.6)$$

ΔR qalinlikdagi o'ralma qatlamining $S = R_1 H d\varphi$ yuzaga ko'rsatadigan bosim kuchini topamiz:

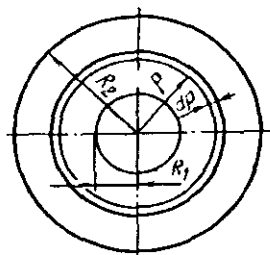
$$\Delta Q = K d\varphi = \frac{1000 r H \gamma \Delta R d\varphi}{T}.$$

Nisbiy bosim Δq esa quyidagicha topiladi:

$$\Delta q = \frac{\Delta Q}{S} = \frac{1000 t \gamma \Delta R}{T R_1}. \quad (8.7)$$

8.2- rasimga muvofiq elementar qatlamning nisbiy bosimi shunday topiladi.

$$dq = \frac{1000 r \gamma d\rho}{T \rho},$$



8.2- rasm. Joylamaning elementar halqaviy qatlamli kesim sxemasi.

bu yerda: $d\rho$ — elementar qatlam qalinligi; ρ — qatlam radiusi.

Joylama asosiga bosimni topish uchun integral olish kerak:

$$q = \int_{R_1}^{R_2} \frac{1000\gamma d\rho}{T\rho} = \frac{1000\gamma}{T} \ln \frac{R_2}{R_1}. \quad (8.8)$$

Olingan (8.6) ifodada ip tarangligi joylamani o'rash davomida doimiy saqlanishi, ip yo'g'onligi ham o'zgarmas ekanligini nazarga olsak, har bir joylama radiusi R_2 va ko'rilayotgan qatlam radiusi R_1 juftligi uchun o'ralish bosimi q va o'ralish zichligi γ muayyan koeffitsiyent bilan bog'langanliklari ma'lum bo'ldi. Shuning uchun eng birinchi yaqinlashuv tarzida joylama zichligi uchun quyidagi ifodani yozishimiz mumkin:

$$\gamma = \frac{1000tq}{T} \ln \frac{R_2}{R_1}. \quad (8.9)$$

Paxta ipdan yotiq kesishuvli o'ralishli joylamaning o'rta zichligi (0,5...0,6) 103 kg/m³ bo'ladi.

Yuqorida eslatib o'tilgan ikkinchi uslub bo'yicha (8.3- rasm) joylamadan kesib olingan (8.4- rasm) Δl_b bo'ylama qalinlikdagi kesindi ichidagi r radiusli, $d\varphi$ burchak bilan chegaralangan va dr radial qalinlikdagi yoy hajmidagi F taranglikdagi barcha iplarning umumiy ta'sir etuvchisi F_H ni topish (8.3- rasm) uchun quyidagi ifoda olingan:

$$dF_H = F(r)d\varphi\omega(r)\Delta l\delta U(r)dr.$$

Bundan

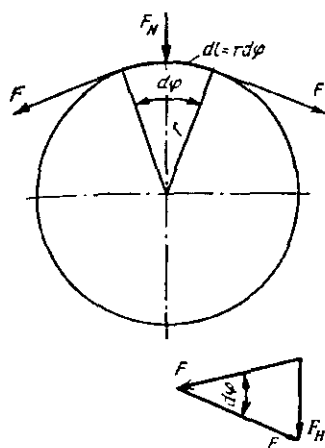
$$F_H = \Delta l_b d\varphi \int_{r_1}^{r_2} F(r)\omega(r)U(r)dr. \quad (8.10)$$

Bu yerdagi $\omega(r)$, $U(r)$ r_1 va F yotiq kesishuvli o'rash uchun doimiy deb olinadi.

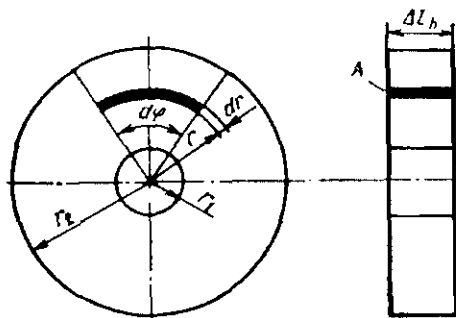
Tutakning bosim hisoblanadigan yuzasi uchun

$$A = l_b r_1 d\varphi \quad (8.11)$$

ifoda olingan bo'lib, (8.6) ifoda bilan bir ma'noli, keyingi o'zgartirishlarda birinchi uslub bo'yicha R_1 o'zgaruvchan kattalik ρ sifatida ko'riladi, bu yerda esa — doimiy sifatida. Natijada birinchidan bosimni hisoblash uchun hosil qilingan



8.3- rasm. Silindrik joylamada ip taranglik kuchlari sxemasi.



8.4- rasm. Joylamaning ko'ndalang kesimi sxemasi:

A — yuza elementi; r — joylama radiusi; r_1 — tutak radiusi; r_2 — joylamaning maksimal radiusi; dr — radius elementi; $d\varphi$ — burchak elementi.

$$P = \frac{F_H}{A} = \frac{1}{r_1} \int_{r_1}^{r_2} F(r) \omega(r) u(r) dr \quad (8.12)$$

ifoda (8.8) ifodaga ma'nodosh bo'lsa ham olingan natija

$$P = F \omega u \left(\frac{r_2}{r_1} - 1 \right) \quad (8.13)$$

(8.9) dan ancha farq qiladi.

Ikkita uslubda olingan natijalarning ikkinchi xususiyati shundaki, ular yaqin amaliy natijalar bersalar ham matematik ma'nolaridagi farq izoh talab qilmaydi.

Va nihoyat uchinchi va jiddiy farq birinchi uslubda ko'rilayotgan iplar sonining ipning yo'g'onligi T bilan bog'liq holda aniqlangan bo'lsa, ikkinchi uslubda bunday bog'lanish yo'q.

Bu farqlar tahlili shuni ko'rsatadiki, birinchi uslubni joylama hajmida zichlikning o'zgarishini ip yo'g'onligi bilan bog'liq holda tahlil qilish uchun, ikkinchi uslubni joylama hajmidagi ichki mexanik bosim o'zgarishini tahlil qilish uchun tavsiya qilish mumkin.

Ikkala natijaviy ifoda (8.5) va (8.13) larda bunday tahlil uchun r_1 va R_1 o'rniga zarur bo'lgan r va R kattaliklarni qo'yish yetarli bo'ladi.

8.4. Qiya kesishuvli oʻrash joylamalarining zichligi

Qiya kesishuvli oʻralishda yakka ip oʻramining bosimini aniqlash uchun oldingi baddagi birinchi uslub bilan quyidagi formula olingan:

$$q_i = \frac{t \cos^2 \alpha}{R}, \quad (8.14)$$

bu yerda t — ipning oʻralish tarangligi, α — oʻramning koʻtarilish burchagi yoki oʻramlarning oʻzaro kesishuv burchagining yarmi, R — gʻaltonning oʻralish radiusi.

Yana yuqoridagi qatlamning nisbiy bosim kuchi uchun quyidagi ifoda olingan:

$$\Delta q = \frac{1000 t \gamma \cos^3 \alpha \Delta R}{TR}, \quad (8.15)$$

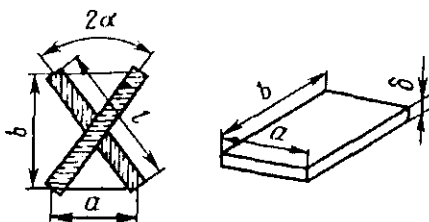
bu yerda γ — oʻralishning nisbiy zichligi; R — oʻralish elementar qatlamining qalinligi; T — ipning yoʻgʻonligi, teks.

Oʻralish katta qatlamining nisbiy bosim kuchi turli oʻramlarda ip tarangligi doimiy saqlanishi sharoitida bunday aniqlanadi:

$$q = \frac{1000 t \gamma \cos^3 \alpha}{T} \ln \frac{R_2}{R_1}, \quad (8.16)$$

bu yerda R_1 va R_2 — oʻralishning boshlangʻich va oxirgi radiuslari.

Oʻrash zichligiga qiya kesishuvli oʻralishda taʼsir qiluvchi muhim omillardan biri oʻramlarning kesishish burchagi α kattaligidir. Qiya kesishuvli oʻralish juda koʻp kesishuvchi iplar jamlanmasidan iborat ekanligi tufayli ikkita elementar uzunlikdagi kesishuv holatidagi iplardan iborat elementni ajratib olamiz (8.5- rasm). Bu ip kesmalari a , b va δ oʻlchamli parallelepiped (δ — uning oʻrtacha balandligi) ning V hajmini egallaydi.



8.5-rasm. Qiya kesishuvli oʻralish elementi.

Ikkala ip kesmasi massasi

$$m = \frac{2/T}{1000} = \frac{1/T}{500}, \quad (8.17)$$

bunda T — ipning yo'g'onligi.

O'ralishning nisbiy zichligi

$$\gamma = \frac{m}{v} = \frac{T}{250\delta l \sin 2\alpha}. \quad (8.18)$$

Birinchi yaqinlashuvda δ va l ni doimiy hisoblab va

$$K = \frac{T}{250\delta l}$$

deb belgilab olamiz. Unda:

$$\gamma = \frac{K_1}{\sin 2\alpha}. \quad (8.19)$$

Bu shuni ko'rsatadiki, birinchi yaqinlashuvda o'ralishning nisbiy zichligi o'ramlar kesishuv burchagining sinusiga teskari proporsional ekan. Eng past nisbiy zichlik kesishuv burchagi 90° ga teng bo'lganda hosil bo'ladi.

O'ralish zichligi paxta ipi uchun $(0,33...0,65) 10^3 \text{ kg/m}^3$ atrofida bo'ladi. Joylama bo'yash uchun mo'ljallangan bo'lsa, $(0,28...0,37) 10^3 \text{ kg/m}^3$ atrofida bo'ladi.

8.5. Qiya kesishuvli o'rash joylamalaridagi ichki bosim

Qiya kesishuvli o'rash joylama va ipyuritgich o'rtasida kinematik aloqaning qat'iy yoki qat'iy emasligi, ya'ni ishqalanish bo'g'ini mavjudligiga qarab pretsizion va oddiy o'rash uchun joylama hajmidagi bosim ikki xil tadqiq qilinadi. Ikkala holatga ham umumiy bo'lgan quyidagilarga asoslanamiz.

Qiya kesishuvli o'rashda joylamadagi ipning taranglik kuchi o'q F yoki aksial F_a va urinmaviy yoki tangensial F_t ga bo'linadi.

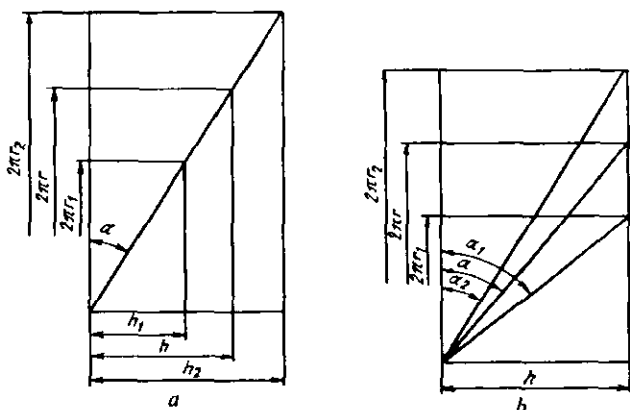
$$F_a = F \sin \alpha, \quad (8.20)$$

$$F_t = F \cos \alpha. \quad (8.21)$$

Tutak yuzasidagi bosim yuqorida olinganidek,

$$P = \frac{1}{r_1} \int_{r_1}^{r_2} F_t(r) \omega(r) u(r) dr \quad (8.22)$$

ifoda bo'yicha hisoblanadi.



8.6- rasm. Turli qavatlardagi o'ramlar yoyilmalari grafiklari:

a) qiya o'rash; b) pretsizion qiya o'rash; k – ko'tarilish; h_1, h_2 – joylama radiusi turliligida ko'tarilish; r_0, r_1, r_2 – joylama radiusi; α – ko'tarilish burchagi.

F_r ni (8.21) ga muvofiq $F \cos \alpha$ ga almashtirsak,

$$P = \frac{1}{r_1} \int_{r_1}^{r_2} Fc \cos \alpha(r) \omega(r) u(r) dr \quad (8.23)$$

ifodani olamiz.

8.5.1. Oddiy qiya kesishuvli o'rash joylamasidagi ichki bosim

Bunday o'rashda o'ram chiziqlarining ko'tarilish burchaklari joylama diametri kattalashganda o'zgarmaydi. Shuning uchun o'q yo'nalishidagi ip o'ramlarining (8.6- rasm) soni

$$\omega(r) = \frac{1}{h} = \frac{1}{2\pi r \tan \alpha}$$

ifoda bo'yicha hisoblanadi. Bu ifodani (8.23) ga qo'yib, ichki bosim uchun

$$P = \frac{\cos \alpha}{2\pi r_1 \tan \alpha} \int_{r_1}^{r_2} \frac{F(r) u(r)}{r} dr \quad (8.24)$$

ifodaga ega bo'lamiz.

$\cos = \frac{1}{1+\operatorname{tg}^2 \alpha}$ almashtirish qilsak, ifodamiz

$$P = \frac{1}{2\pi\eta\operatorname{tg}\alpha\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha}} \int_{\eta_1}^{\eta_2} \frac{F(r)u(r)}{r} dr \quad (8.25)$$

ko'rinishga keladi.

Burchak α doimiyligidan

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{v_b}{v_j} = \text{const},$$

bunda v_b va v_j — ipyotqizgich ko'zining bo'ylama va joylamaning ip yotish nuqtasidagi chiziqli tezliklari. Bu shartni (8.25) ga qo'ysak,

$$P = \frac{v_j}{2\pi\eta v_b \sqrt{1+\frac{v_b^2}{v_j^2}}} \int_{\eta_1}^{\eta_2} \frac{F(r)u(r)}{r} dr. \quad (8.26)$$

$F(r) = F = \text{const}$ va $u(r) = u = \text{const}$ holat uchun o'rالمada bosim

$$P = \frac{F_u v_b}{2\pi\eta v_j \sqrt{1+\frac{v_j^2}{v_b^2}}} \int_{\eta_1}^{\eta_2} \frac{dr}{r}. \quad (8.27)$$

Uni integrallasak,

$$P = \frac{F_u u v_b \ln \frac{\eta_2}{\eta_1}}{2\pi\eta v_j \sqrt{1+\frac{v_j^2}{v_b^2}}}. \quad (8.28)$$

Bu tenglama bo'yicha tutak yuzasidagi bosim hisoblanishi mumkin. Joylamaning ichki qavatlaridagi bosimni hisoblash uchun tutak radiusi r_1 o'rashga qavat radiusini qo'yish yetarli:

$$P = \frac{F_u v_b \ln \frac{\eta_2}{\eta_1}}{2\pi v_j \sqrt{1+\frac{v_j^2}{v_b^2}}}. \quad (8.29)$$

Joylama radiusi muayyan r_2 kattalikka yetganda bosim nolga teng bo'ladi.

8.5.2. Pretsizion qiya kesishuvli o'rash joylamasidagi ichki bosim

Ma'lumki, pretsizion o'rashda o'rash diametri oshishi bilan ip o'ramlari ko'tarilish burchaklari kichrayib boradi. Ipyetaklagichning borib-kelish va joylamaning aylanma harakatlari orasida doimiy uzatish soni mavjudligi sababli har bir borib-kelishga to'g'ri keladigan o'ramlar soni va ularning ko'tarilishi o'zgarmas bo'lib qoladi. Bu holatlar joylama ichidagi bosim va u bilan bog'liq bo'lgan o'rash zichligiga ta'sir o'tkazadi. O'ramning ko'tarilishi h ni ipyotqizgich borib-kelish uzunligi $2l_b$ va borib-kelishda o'ralgan o'ramlar soni z_v orqali quyidagicha topish mumkin:

$$h = \frac{2l_b}{z_v}. \quad (8.30)$$

O'q yo'nalishidagi o'ramlar zichligi:

$$\omega(r) = \frac{1}{h} = \frac{z_v}{2l_b} = \text{const}. \quad (8.31)$$

Bir ip o'ramining uzunligi:

$$l = \sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2} \quad (8.32)$$

va ko'tarilish burchagini topamiz:

$$\cos \alpha(r) = \frac{2\pi r}{l}. \quad (8.33)$$

(8.32) ni (8.33) ga qo'ysak,

$$\cos \alpha(r) = \frac{2\pi r}{\sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2}} = \frac{r}{\sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + r^2}}. \quad (8.34)$$

(2.34) ga (8.30) dan h qiymatini qo'yib va o'zgartirib,

$$\cos \alpha(r) = \frac{r}{\sqrt{\frac{l_b^2}{\pi^2 z_v^2} + r^2}} \quad (8.35)$$

ekanligini topamiz.

Endi (8.23) ga (8.31) va (8.35) lardagi qiymatlarni qo'yib, tutak yuzasidagi bosimni quyidagicha ifodalanishini topamiz:

$$P = \frac{z_v}{2\eta l_b} \int_{r_1}^{r_2} \frac{F(r)u(r)r}{\sqrt{\frac{l_b^2}{\pi^2 z_v^2} + r^2}} dr. \quad (8.36)$$

$F(r) = F = \text{const}$ va $u(r) = u = \text{const}$ shartlardan foydalanish (8.36) ni

$$P = \frac{Fz_v u}{2\eta l_b} \int_{r_1}^{r_2} \frac{r}{\sqrt{\frac{l_b^2}{\pi^2 z_v^2} + r^2}} dr \quad (8.37)$$

ko'rinishga olib keladi va uni integrallash quyidagi natijani beradi:

$$P = \frac{Fz_v^2}{2\eta l_b} \left\{ \sqrt{\frac{l_b^2}{\pi^2 z_v^2} + r_2^2} - \sqrt{\frac{l_b^2}{\pi^2 z_v^2} + r_1^2} \right\}. \quad (8.38)$$

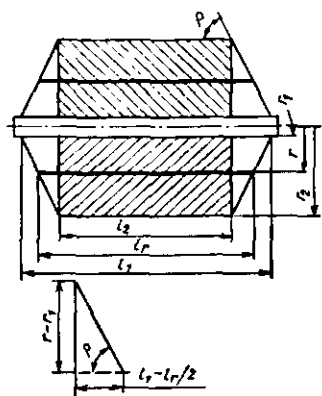
Joylamaning istalgan qavatidagi bosimni hisoblash uchun (8.38) da r_1 mos radius r bilan almashtiriladi:

$$P = \frac{Fz_v u}{2\eta l_b} \left\{ \sqrt{\frac{l_b^2}{\pi^2 z_v^2} + r^2} - \sqrt{\frac{l_b^2}{\pi^2 z_v^2} + r_1^2} \right\}. \quad (8.39)$$

Radius r r_1 dan r_2 gacha kattalashganda (8.39) tenglamadagi shakldor qavs oldidagi kasr qiymati kichiklashadi. Qavsdagi birinchi ildiz qiymati o'zgarmay, ikkinchi ildiz qiymati ortadi va qavsning butun qiymati kamayadi. Demak, yotiq kesishuvli va oddiy qiya kesishuvli o'ralishlar singari daqiq qiya kesishuvli o'ralishda ham joylamadagi bosim ichkaridan tashqari tomon kamayib boradi va yuza qavatlarda nolga tenglashadi.

Endi daqiq o'ralishli silindrik joylamada ichki bosim o'zgarishini ko'rib chiqaylik. Bunday o'ralishda o'rash balandligining ikki tomondan qisqarishi tufayli o'ramlarning ko'tarilish burchagi taxminan chiziqli deb olinishi mumkin bo'lgan qonuniyat bilan qo'shimcha qisqaradi. Bunda o'ramlar zichligi $\omega(r)$ o'q yo'nalishida (8.31) ga muvofiq bunday o'zgaradi:

$$\omega(r) = \frac{z_v}{2l_T}. \quad (8.40)$$



8.7- rasm. Ikki konusli silindrik joylama hisob chizmasi:

l_1 — o'ramning maksimal uzunligi; l_2 — o'ramning minimal uzunligi; r_1, r_2 — tutak joylamaning maksimal va istalgan qatlam radiuslari, ρ — qiyalik burchagi.

8.7- rasmga muvofiq:

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{2(r_2 - r)}{l_1 - l_2}. \quad (8.41)$$

Bundan istalgan qavat uzunligi l_T :

$$l_T = l_2 + 2(r_2 - r) \operatorname{ctg} \rho. \quad (8.42)$$

(8.42) dan l_T qiymatini (8.40) ga qo'yib, o'qiy yo'nalishdagi o'ramlar zichligini topamiz:

$$\omega(r) = \frac{z_v}{2[l_2 + 2(r_2 - r) \operatorname{ctg} \rho]}. \quad (8.43)$$

Endi 8.7- rasmning joylamaning shtrixlab ko'rsatilgan qismida tutakka bo'lgan bosim aniqlanishi mumkin. Buning uchun (8.42) ni (8.35) ga, (8.35) va (8.43) ga qo'ysak, tutak yuzasidagi bosim uchun

$$P = \frac{z_v}{2\eta} \int_{r_1}^{r_2} \frac{F(r)u(r)r}{[l_2 + 2(r_2 - r) \operatorname{ctg} \rho] \sqrt{\frac{(l_2 + 2(r_2 - r) \operatorname{ctg} \rho)^2}{\pi^2 z_v^2} + r^2}} dr \quad (8.44)$$

va istalgan r radiusli qatlamdagi bosim uchun

$$P = \frac{z_v}{2} \int_1^{r_2} \frac{F(l)u(r)r}{[l_2 + 2(r_2 - r) \operatorname{ctg} \rho] \sqrt{\frac{(l_2 + 2(r_2 - r) \operatorname{ctg} \rho)^2}{\pi^2 z_v^2} + r^2}} dr \quad (8.45)$$

ifodani olamiz.

8.6. Parallel o'rash joylamalaridagi ichki bosim va zichlik hamda ularning radial taqsimoti

Ma'lumki, tom ma'noda haqiqiy parallel o'rash tandalash va ohorlash hamda to'quv val, g'altak va barabanlardagina qo'llaniladi.

Bu holda joylamadagi bosim va zichlikning taqsimot va o'zgarish qonuniyatlari o'ziga xos va murakkab bo'lib, ularning eng asosiylari bilan tanishamiz.

Val, g'altak va barabanga o'rish iplarini o'rashda iplarning tarangligi doimiy va sozlab turiladi. Lekin boshqa o'ralish joylamalari kabi bu holda ham o'rash radiusi ortishi bilan zichlik va radial bosim kamayib boradi.

8.8-rasmda parallel o'ralish elementi va taranglik ta'sirining sod-dalashtirilgan ko'rinishi ko'rsatilgan.

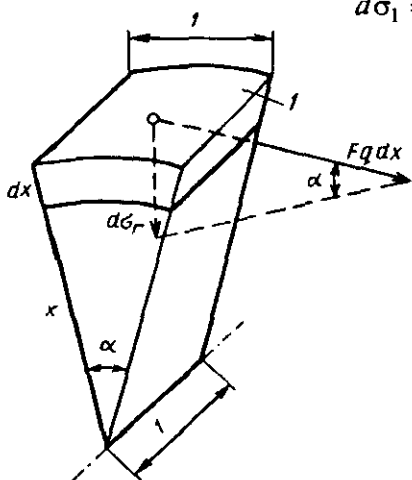
Rasmdagi uchburchaklarning o'xshashlik xususiyatlaridan quyi-dagi proporsiyani yozish mumkin:

$$\frac{d\sigma_r}{Fq d\alpha} = \frac{l}{x} \quad (8.46)$$

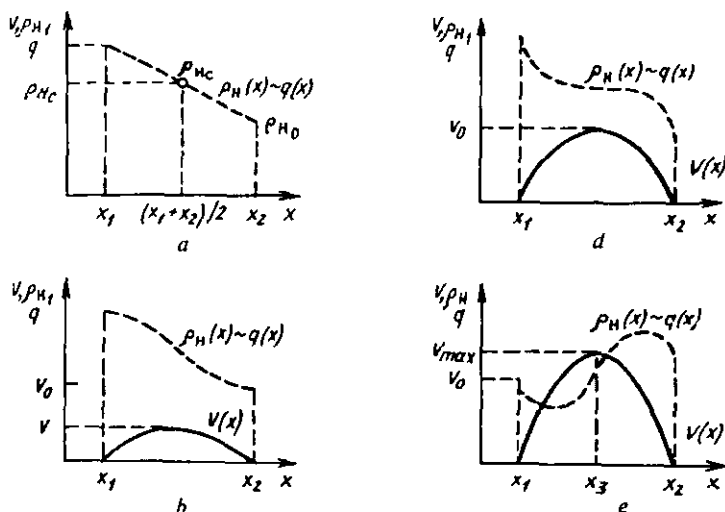
bu yerda: σ_1 — radial bosim; F — har bir ipning tarangligi; q — o'rash qavati 1 sm² ga to'g'ri keladigan iplar soni; x — o'rash radiusi.

Mazkur elementning radial bosimi $d\sigma_r$ ni oshirishi o'rash radi-usiga teskari proporsional bo'ladi:

$$d\sigma_1 = \frac{Fq}{x} dx. \quad (8.47)$$



8.8- rasm. Parallel o'ralish elementi ta'sir kuchlari sxemasi.



8.9- rasm. Tayyor joylamada zichlik egrilanmalari.

O'rash bosimi ρ_H birinchi yaqinlashuvda o'rash radiusi x ga chiziqli bog'langan, ya'ni $\rho_H(x)$ chiziqli funktsiya. Bu holat iplar tarangligi ancha kattaligi sababli o'ramning o'q yo'nalishida qatlamlarning faqat arizmas siljishlariga imkon bo'lganda ro'y berishi mumkin (8.9- a rasm).

Agar qatlamlarning siljishlari parabolik qonun bo'yicha ro'y berib, qatlamda urinma taranglik nolga tenglashadigan kattalik V_0 dan kichik bo'lsa ham $\rho_H(x)$ ni chiziqli deb qabul qilish mumkin (8.9- b rasm).

Agar maksimal siljish V_0 kattalikka erishadigan bo'lsa (8.9- d rasm), $\rho(x)$ funktsiya chizig'i botiqlikdan qabariqlikka o'tish nuqtasiga ega va agar maksimal siljish V_0 dan katta bo'lsa (8.9- e rasm), radius ortishi bilan teskari tamoyil paydo bo'ladi, ya'ni zichlanish va ichki bosimning ortishi ro'y beradi. Buni *Stegener effekti* deb ataydilar.

O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi bog'lanishlar aniqlangan:

$$\rho_H = \rho k, \quad (8.48)$$

$$k = \frac{\rho_H}{\rho} = k_{\max} \left(1 - e^{-\frac{\sigma_r}{\lambda}}\right)^j, \quad (8.49)$$

$$q = \frac{\rho k}{T} \quad (8.50)$$

bularda ρ — ip materialining zichligi, k — ichki bosim va materialga bog'liq zichlik koeffitsiyenti, q — o'ralishning 1 sm³ yuzasiga to'g'ri keladigan shartli o'ramlar soni, λ — iplarning cho'zilish koeffitsiyenti.

O'rash zichligi funksiyasini endi q_x bilan belgilaymiz.

Tanda g'altagi o'ramlari bo'yicha 8.9-rasmdan foydalanib, quyidagi munosabatlar olinadi:

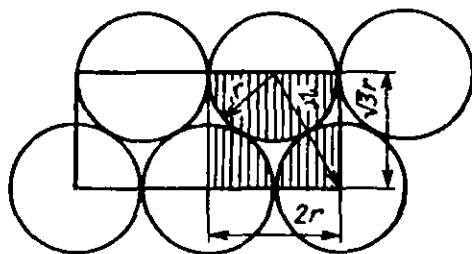
$$x_1 = 0,5d_0, \quad (8.51)$$

$$x_2 = 0,5d_2, \quad (8.52)$$

$$x_3 = 0,25(d_2 + d_0) = \frac{x_1 + x_2}{2}, \quad (8.53)$$

bularda d_0 — g'altak tanasi diametri; d_2 — to'la g'altak diametri.

(8.52) va (8.53) formulalar tanda g'altagi qopqasi to'la foydalanilganda to'g'ri bo'ladi, aks holda d_2 uchun kichikroq qiymat olinishi kerak.



8.10-rasm. Joylamaning nazariy va amaliy ko'ndalang kesimlarini solishtirish sxemasi:

r — ipning nazariy radiusi.

8.10- rasm bo'yicha zichlik koeffitsiyenti k eziilmaydigan material uchun quyidagicha hisoblanadi:

$$k_H = \frac{A}{A_H} = \frac{\pi r^2}{2 \cdot \sqrt{3} r^2} = 0,907,$$

bu yerda $A = \pi r^2$ — bitta ipning nazariy ko'ndalang kesimi, mm² (8.10-rasmda shtrixlangan); $A_H = 2\sqrt{3}r^2$ — o'ralishning maksimal zichlikdagi ko'ndalang kesimi, mm; r — ipning radiusi.

Zichlik koeffitsiyenti k ning maksimal k_{n1} tashqi qavatlar uchun k_0 oraliq qavatlarida bosim 0,4—1 MPa bo'lgani uchun k_c hamda cho'zish koeffitsiyenti λ eksperimental aniqlanadi va maxsus adabiyotda keltiriladi [8].

Endi (8.50) tenglamadan

$$q_c = \frac{\rho k_c}{T}, \quad (8.54)$$

$$q_0 = \frac{\rho k_0}{T} \quad (8.55)$$

larni yozamiz. 8.9- rasmdagi to'g'ri chiziqli tenglamasining ikki nuqtasi bo'yicha quyidagi tenglamani tuzamiz:

$$\frac{2(q_0 - q_c)}{2x^2 - (x_1 - x_2)} = \frac{q - q_0}{x - x_2}.$$

Bu ifodadan iplar zichligining tanda g'altagi o'qigacha bo'lgan masofaga bog'lanish tenglamasi chiqadi:

$$q(x) = 2(q_c - q_0) \frac{x - x_2}{x_2 - x_1} + q_0 \quad (8.56)$$

va nihoyat (8.54) va (8.55) ni hisobga olsak,

$$q(x) = \left[2(k_0 - k_c) \frac{x - x_2}{x_2 - x_1} + k_0 \right] \frac{\sigma}{T} \quad (8.57)$$

ga ega bo'lamiz.

Biz o'rash zichligining o'rash radiusiga bog'liqligining taqribiy funksiyasini hosil qildik.

8.7. Yotiq va qiya kesishuvli joylamalarda o'rash zichligining radial va o'q yo'nalishlaridagi taqsimoti

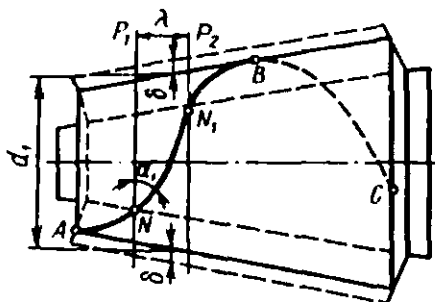
Yotiq kesishuvli va qiya kesishuvli o'ralishlarning har ikkida ham *zichlikning joylama ichidagi taqsimoti* o'xshash. Amaliyotdan ma'lumki, o'rash zichligi g'altonlarning yonboshlarida keskin oshib ketadi. Buning sababi yonbosh sohasiga o'rash paytida ipyotqizgich harakatining tez sur'atda sekinlashuvi natijasida ip o'ramlari ko'tarilish burchaklarining kichrayishi va ipning yotishini boshqacharoq qonuniyat bilan belgilanishidir. Buning natijasida yonbosh sohalarga nisbatan ko'proq ip joylashadi. G'altonlar yonboshlarida o'ralish zichligining uning o'rta qismiga nisbatan ortishi amalda 1,5—2 martagacha bo'ladi. G'alton

chekklarining zichlashuvi o'ralishning o'rtacha zichligini pasaytiradi, ko'proq zichlanishda esa o'ramlarning g'altunda o'ralashib va chuvalashib qolishiga olib keladiki, bu ipni chuvab olishda taranglikning keskin o'zgarishlariga va uzilishlarga olib keladi.

Konik shakldagi joylamani o'rashda joriy o'rash radiuslarining o'zgarib turishi ham zichlikning o'zgarishiga olib keladi. Bu qanday ro'y berishini ko'rib chiqaylik. Konik g'altan sirtida ABC o'ramni ko'ramiz (8.11- rasm). G'altan o'qiga perpendikular P_1 va P_2 tekisliklar bilan g'altanning λ balandlikdagi elementar hajmini ajratamiz. Shu sohada joylashgan ipning MN kesmasi uzunligi l quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$l_1 = \frac{\lambda}{\sin \alpha_1},$$

bunda α — o'ramlar kesishuv burchagining yarmi.



8.11- rasm. Ip o'ramining konussimon g'altak yuzasida joylashuvi sxemasi.

Mazkur ip kesmasining massasi

$$\Delta m_1 = \frac{l_1 T}{1000} = \frac{\lambda T}{1000 \sin \alpha}, \quad (8.58)$$

bu yerda T — ipning teksdagi yo'g'onligi. Faraz qilaylik, ABC o'ram yotganda g'altanning o'ralish qalinligi uning butun sirti bo'ylab kichik miqdor δ ga oshadi. Unda ko'rilayotgan element hajmining oshishi

$$\Delta V_1 = \pi d_1 \lambda \delta \quad (8.59)$$

bo'ladi. Unda ko'rilayotgan sohadagi o'ralishning solishtirma zichligi quyidagicha bo'ladi:

$$\gamma_1 = \frac{\Delta m_1}{\Delta V_1} = \frac{T}{1000 \sin \alpha_1 \pi d_1 \delta} \quad (8.60)$$

Shu g'altonning boshqa joydagi zichligi esa:

$$\gamma_2 = \frac{T}{1000 \sin \alpha_2 \pi d_2 \delta} \quad (8.61)$$

Olingan (8.60) va (8.61) ifodalar shuni ko'rsatadiki, konik g'altonning biron-bir qatlamida o'ralish zichligi o'rash diametri va o'ramlar kesishuv burchagi sinusi ko'paytmasiga teskari proporsional ekan. (8.1) va (8.9), (8.13), (8.28), (8.38) ifodalar yotiq kesishuvli o'ralishda ham, qiya kesishuvli o'ralishda ham o'rash diametri ortib borishi bilan zichlikning kamayib borishini ko'rsatadi.

Amaliyot va tajribalar ham mazkur fikrni to'la tasdiqlaydi.

8.8. Kesishuvli joylamalarda o'rash zichligining o'q yo'nalishidagi taqsimoti

Masalani hal qilishda kesishuvli o'rash uchun zichlikni hisoblashning quyidagicha aniqlashtirilgan uslubidan foydalanamiz [5].

O'ralmada ikkita d_u yo'g'onlik va l uzunlikdagi kesmalar β_0 burchak ostida kesishgan elementni ajratib olamiz (8.12- rasm). B nuqta iplar o'q chiziqlari element asosiga proeksiyalarining kesishuv nuqtasi bo'lib, z koordinataga ega. Ajratib olingan element umumiy holda joylama yuzasining turli qismlarida turlicha yo'nalgan bo'lishi mumkin. Element hajmini taxminan $axb \times \delta$ deb hisoblaymiz. Element qalinligini doimiy va

$$\delta = kd_u \quad (8.62)$$

deb qabul qilamiz.

Ajratilgan elementning hajmi (8.12- rasm)

$$V = ab\delta(z)$$

bo'lib, unda $a = a_1 + a_2 = d_u \sec 0,5\beta_0 + l \sin 0,5\beta_0$; $b = l \cos 0,5\beta_0$.

Shuning uchun

$$V = \delta(z)(d_u \sec 0,5\beta_0 + l \sin 0,5\beta_0)l \cos 0,5\beta_0. \quad (8.63)$$

Ip kesmalarini yumaloq silindrlar deb qabul qilganimizda, parallelepiped ichida ular egallagan hajm

$$V = 0,5\pi d_u^2 l$$

va massalari

$$Q = \mu_u V_u = 0,5 \mu_u \pi d_u^2 l \quad (8.64)$$

bo'lib, bu yerda μ_u — ipning zichligi.

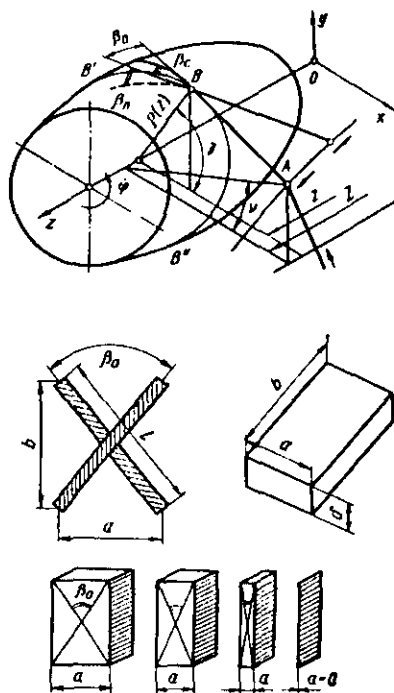
O'rashning o'rtacha hajmiy zichligini joylamadagi ip massasi va joylama hajmi V orqali quyidagi

$$\mu = \frac{a}{V}$$

ifodadan topilishi uchun unga (8.63) va (8.64) larni qo'ysak,

$$\mu = \frac{\pi \mu_u d_u^2}{2\delta(z)(d_u \sec 0,5\beta_0 + l \sin 0,5\beta_0) \cos 0,5\beta_0}$$

ifodani olamiz.



8.12- rasm. O'rash zichligining kesishuv burchagiga bog'lanishini aniqlash sxemasi.

Bajarilgan algebraik va trigonometrik amallar bizga

$$\mu = \frac{\pi \mu_u d_u^2}{2\delta(z)(d_u + 0,5/\sin \beta_0)}$$

ifodani beradi va uning surat va mahrajini d_u ga bo'lsak,

$$\mu = \frac{\pi \mu_u d_u^2}{2\delta(z)(1 + K \sin \beta_0)} \quad (8.65)$$

natijani olamiz va unda

$$K = \frac{l}{2d_u}.$$

K ni eksperimental aniqlash maqbul bo'lib, aytaylik joylama yasovchisining

$$\delta[z = 0,5(z_{\max} - z_{\min})] = \delta_e$$

bo'lgan markazida tajriba sharoitida o'ramlarning kesishuv burchagi β_e ga, zichlik μ_e ga to'g'ri keladi.

Unda (8.65) dan unga mos

$$K = \frac{\frac{\pi d_u \mu_u}{2\delta_e \mu_e} - 1}{\sin \beta_e} \quad (8.66)$$

hisoblab topilishi mumkin.

β_e va μ_e ni taxminan β_0 va μ_0 ning o'rtacha qiymatiga teng deb olish mumkin.

Agar (8.65) ga δ ning qiymatini (8.62) dan olib qo'ysak,

$$\mu = \frac{\pi \mu_u d_u^2}{2k(1 + K \sin \beta_0)} \quad (8.67)$$

hosil bo'ladi.

Bulardagi k ko'rsatkich mana bu shartdan aniqlanadi: g'alton-ning yonboshida o'ralish amalda parallelga yaqin bo'ladi, shuning uchun bu yerda $\beta_0 = 0$ bo'lganda $\mu = \pi \mu_u / 4$ bo'lishi kerak. Unda oldingi formuladan $k = 2$ kelib chiqadi.

Oxirgi natija

$$\mu = \frac{\pi \mu_u}{4(1 + K \sin \beta_0)}. \quad (8.68)$$

Olingan formula joylama hajmiy zichligi μ ni o'ramlarning kesishuv burchagi β_0 bilan bog'laydi. U yotiq va qiya kesishuvli o'ralishlar sha roitida joylamaning turli qismlaridagi zichlikni birinchi yaqinlashuvda qiyosiy tahlil qilishga imkon beradi.

Formuladan $\beta_0 = 0,5\pi$ da eng past

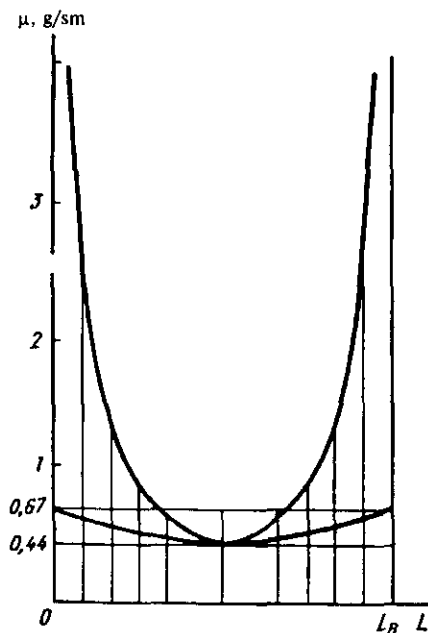
$$\mu_{\min} = \frac{\pi\mu_u}{4(1+K)}$$

va $\beta_0 = 0$ da eng yuqori

$$\mu_{\max} = \frac{\pi\mu_u}{4}$$

zichlik ta'minlashi kelib chiqadi.

8.13-rasmda β_0 yasovchi o'rtasidan ikki yonbosh tomonga $\pi/6$ dan 0 gacha kamayganda μ ning o'zgarish grafiklari keltirilgan bo'lib, tik parabolik egrilanma (8.18) tenglama bo'yicha va yotiq egrilanma (8.68) tenglama bo'yicha qurilgan.



8.13- rasm. O'rash zichligining o'q bo'ylab taqsimoti grafiklari.

Xulosa

Yuqorida o'rash jismi kuchlanganlik holati va o'rash zichligi hamda ularga o'rash ko'rsatkichlarining ta'siri, yotiq kesishuvli o'rashda joylamalarning zichligi va ichki bosimi, qiya kesishuvli o'rash joylamalaridagi zichlik, qiya kesishuvli joylamalardagi ichki bosim, pretsizion qiya kesishuvli joylamalardagi ichki bosim, parallel o'rash joylamalaridagi ichki bosim, zichlik va ularning radial taqsimoti yopiq va qiya kesishuv joylamalarida o'rash zichligining radial va o'q yo'nalishlarida taqsimoti masalalarini ko'rib chiqdik. Bu ma'lumotlar joylamalarni loyihalash va o'rash texnologik joylamalarini tahlil qilishda aniqlanadi.

Nazorat savollari

1. O'rash jismi kuchlanganlik holati va zichligining ahamiyati nimada?
2. O'rash jismi kuchlanganlik holati qanday aniqlanadi?
3. O'rash zichligi va unga o'rash ko'rsatkichlarining ta'siri qanday?
4. Yotiq kesishuvli o'rash joylamalarining zichligi va ichki bosimi qanday topiladi?
5. Qiya kesishuvli o'rash joylamalarining zichligi qanday topiladi?
6. Qiya kesishuvli o'rash joylamalaridagi ichki bosim qanday aniqlanadi?
7. Oddiy qiya kesishuvli o'rash joylamasidagi ichki bosim qanday topiladi?
8. Pretsizion qiya kesishuvli o'rash joylamasidagi ichki bosim qanday topiladi?
9. Parallel o'rash joylamalaridagi ichki bosim va zichlik hamda ularning radial taqsimoti qanday?
10. Konussimon joylamalarda o'rash zichligining radial va o'q yo'nalishlarda taqsimoti qanday?
11. Kesishuvli joylamalarda o'rash zichligining o'q yo'nalishidagi taqsimoti qanday?

9. IPNING O'RASH TARANGLIGI VA UNI BOSHQARISH

9.1. O'rashda ipning tarangligining ahamiyati va unga ta'sir qiluvchi omillar

Yuqoridagi boblarda ko'rilganiga binoan ipning o'ralish paytidagi tarangligi, o'ralishning muhim texnologik ko'rsatkichi bo'lib, tayyor joylamaning belgilangan ko'rsatkichlarga ega bo'lishi ko'p jihatdan ayni shu omil bilan belgilanadi. Bundan tashqari ipning tarangligi bir tomondan, ip yo'g'onligi yo'l qo'yilganidan ingichka bo'lganida uziladigan darajada katta, ikkinchi tomondan, o'ralish va saqlash, tashish va ishlatilish jarayonida joylamaning va ipning o'zining xususiyatlari qaytmas deformatsiya va boshqa nomaqbul o'zgarishlar keltirib chiqarmaydigan darajada kichik bo'lishi kerak. Modomiki, ipning o'ralish paytidagi tarangligiga bunday ikki tomonlama cheklov qo'yilar ekan, o'z-o'zidan taranglikni rostdash masalasi muhim ahamiyat kasb etadi.

Zamonaviy o'rov mashinalari va mexanizmlarida *ip tarangligini rostdash* uchun, asosan, ipning ishqalanishidan foydalaniladi.

Ko'pchilik mutaxassislar ipning o'rov mexanizmi ishchi qismlari bilan ishqalanishi Amonton qonuniga bo'ysunadi deb hisoblaydilar. Bundan *ishqalanish kuchi*, birinchidan, *ishqalanish yuzasiga* perpendikular, kuch ta'siriga proporsional va ipning yuzaga ishqalanish kuchi F va normal kuch orasidagi nisbat o'zgarmas ishqalanish koeffitsiyenti μ ga teng, ya'ni

$$\mu = \frac{F}{F_N} \quad (9.1)$$

bo'lsa, ikkinchi tomondan, ishqalanish kuchi kattaligi ishqalanish yuzasi kattaligiga bog'liq emasligi kelib chiqadi.

Amalda ipning ishqalanishi juda murakkab jarayon bo'lib, unga ipga bog'liq, ipga ham, jismga ham bog'liq bo'lmagan juda ko'p omillar ta'sir qildi. Ularning asosiylari quyida keltirilgan.

1. Ipga bog'liq omillar: ipning materiali, strukturasi, pishitilganligi, eshimlar soni, chiziqiy yo'g'onligi, ko'ndalang kesim shakli, cho'zilganligi, namtortarliligi, erish harorati, tozalik darajasi, ishlov turi, kimyoviy ishlov vositalari turi va xususiyatlari, fizik ishlovlar va h.k.

2. **Ishqalanilayotgan jismga bog'liq omillar:** jism materiali, yuzasining g'adir-budirligi, g'adir-budirliklarning yo'nalishi, ishqalanuvchi yuza shakli, jism ko'ndalang kesimi shakli, ko'ndalang kesim o'lchamlari, qattiqligi, issiqlik o'tkazuvchanligi, harorati va h.k.

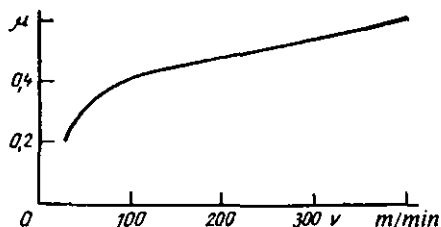
3. **Ipga ham, jismga ham bog'liq bo'lmagan omillar:** muhit harorati, jism harorati, ip jismni quchoqlash burchagi, ipning ishqalanish sohasidan oldingi sohadagi tarangligi, normal bosuvchi kuch, ipning tezligi, muhitning nisbiy va mutloq namligi, o'rash mexanizmi texnologik sxemasi, uning konstruktiv bajarilishi, shakl va o'lchamlari, ipni uzatish va chuvab olish sharoitlari va h.k.

9.2. Ipning ishqalanish koeffitsiyentiga asosiy omillarning ta'sir xususiyatlari

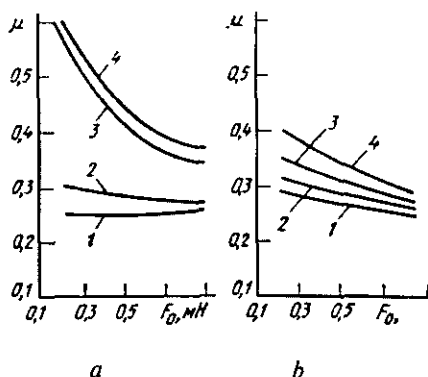
Ipning jism bilan ishqalanish koeffitsiyentiga ta'sir etuvchi birinchi omil deb ko'pchilik mutaxassislar ipning ishqalanish tezligini aytishadi. Har holda ko'proq hollarda bu o'z tasdig'ini topadi. 9.1-rasmda ipning harakat tezligi v va jism bilan ishqalanish koeffitsiyenti μ orasidagi bog'lanish grafik tarzida keltirilgan. Grafikdan ko'rinishicha past tezliklarda *ishqalanish koeffitsiyenti* tez kattalashadi, lekin yuqori tezliklarda bu bog'lanish susayib, kattalashish sur'ati tobora pasayib boradi va ba'zi hollarda o'z asimptotasiga ega bo'ladi.

Xom poliakrilonitril ipning sayqallangan yuzali jism bilan ishqalanish koeffitsiyentiga uning tarangligining ta'siri esa teskari mazmunga ega bo'lib, taranglikning kichik qiymatlarida taranglik ortishi bilan ishqalanish koeffitsiyenti ancha tez pasayadi, keyin esa bu bog'lanish susayib, asimptotik tarzda kichrayadi (9.2-*a* rasm 3, 4 chiziqlar).

Pishitilmagan poliakrilonitril ipning sayqallangan yuza bilan ishqalanishi (9.2- *a* rasm 1,2 chiziqlar) va 800 eshim/m kattalikda

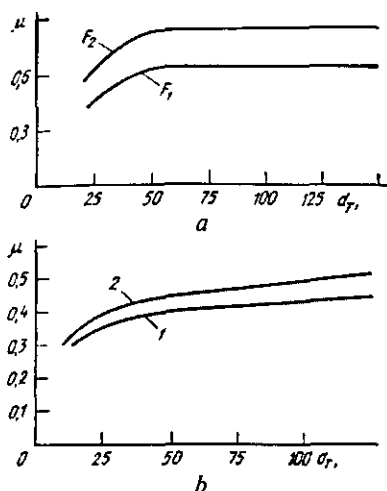


9.1-rasm. Ip tezligi v va ishqalanish koeffitsiyenti m orasidagi bog'lanish sxemasi.



9.2-rasm. Ishqalanish yuzasidan oldindagi ip tarangligi F_0 va ishqalanish ko'effitsiyenti μ orasidagi bog'lanish grafiklari.

a) xom PAM ip, b) pishitilgan PAM ip, 1,2—sayqallangan yuza, 3,4—sayqallanmagan yuza.



9.3- rasm. Jism diametri d_1 ning turli taranglik (a) va turli tezlik (b) ga ega ip ishqalanish ko'effitsiyentiga ta'siri grafiklari.

pishitilgan poliakrilonitril ipning sayqallangan va sayqallangan yuzalar bilan ishqalanish ko'effitsiyentlarining ishqalashdan oldingi tarangligi F bilan bog'lanishi o'rtacha va past ifodalanuvchi teskari proporsionallikka yaqin ko'rinishga ega (9.2-rasm b, 1,2,3,4 chiziqlar) $v_3 = v_4 = 1000$ m/min.

9.3- a rasmda ishqalanish joyidan oldin turli F_1 va $F_2 = 7F_1$ taranglikdagi hamda 9.3- b rasmda esa turli $v_1 = 100$ m/min va $v_2 = 100$ m/min tezlikli ip ishqalanish ko'effitsiyentining ishqalanuvchi diametriga bog'lanish grafiklari keltirilgan.

Bunda 9.3- a rasmdan ko'rinadiki, jism diametri 50 mm gacha ortishida ishqalanish ko'effitsiyenti tez ortadi, keyin esa deyarli o'zgar-maydi. Ammo taranglik F_1 dan $F_2 = 7F_1$ gacha ortishi bilan ishqala-nish ko'effitsiyenti kamayishi 1 va 2 chiziqlarning qiyosida yaqqol ko'rinadi. 9.3- b rasmda ham jism diametri 50 mm gacha ortishida ishqalanish ko'effitsiyenti tez, keyin juda sekin ortadi. Bu yerda ham tezlik $v_1 = 40$ m/min, $v_2 = 100$ m/min gacha ortishi ishqalanish ko'effitsiyentining ortishiga olib kelishi 1 va 2 chiziqlar qiyosida ko'rinadi.

Yuqorida ko'rilgan qonuniyatlar asosida o'rash texnologik jarayoni talablari va o'rashning texnik sharoitidan kelib chiqib *ip tarangligini rostlash chegaralari* va usullari shakllanadi.

9.3. Iptaranglagichlar va ularning ishlash prinsiplari

Iptaranglagichlarning turli xillari bo'lib, ularni ishlash prinsiplariga ko'ra, ikkita katta guruhga bo'lish mumkin: bevosita taranglagichlar va bilvosita taranglagichlar. Yuqorida aytilganidek taranglagichlarning asosiy qismida ishqalanish kuchidan foydalaniladi.

9.3.1. Bevosita taranglagichlar

Bevosita taranglagichda taranglik bevosita ipning tormozlovchi unsur bilan sirpanib ishqalanib ta'sirlashuvi natijasida hosil bo'ladi. Bunda ipning nisbiy harakatiga ko'ra to'g'ri chiziqli harakatdagi sirpanib ishqalanish (9.4-*a* rasm) va egri chiziqli harakatdagi (9.3-*b* rasm) asosan aylanaviy harakatdagi sirpanib ishqalanishdan foydalanish mumkin. Ip tekis yuza bo'ylab sirpanganda iptaranglagichga kiruvchi ipning tarangligi F_0 bo'lsa, undan chiqishdagi tarangligi F bo'ladi, ya'ni

$$F = F_0 + F_T, \quad (9.2)$$

bunda F_T — tormozlanish hisobiga taranglikning ortishi.

Tormozlash kuchi F_T Kulon qonuniga amal qiladi va taranglagichning ikkala tovoqchasi bir materialdan bir xilda tayyorlangan deb hisoblasak,

$$F_T = 2F_N\mu \quad (9.3)$$

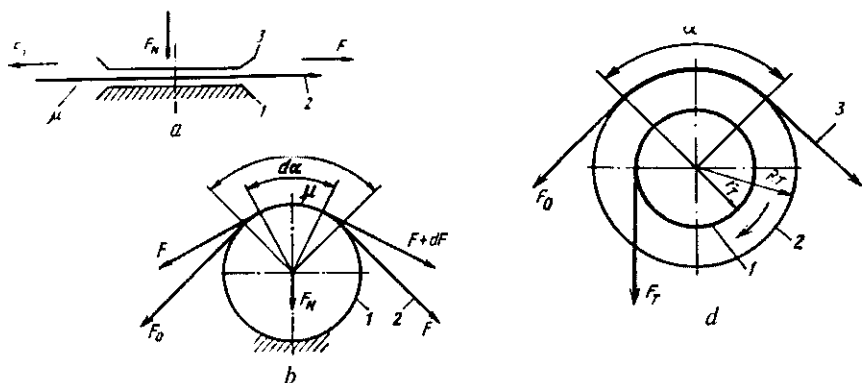
va agar tovoqchalarda ishqalanish sharoiti ikki xil bo'lsa,

$$F_T = F_N(\mu_1 - \mu_2) \quad (9.3 a)$$

ifodalar bilan topiladi, bularda F_N — ipning ishqalanish yuzalariga bosuvchi normal kuch; μ , μ_1 va μ_2 — tovoqchalar materiali va ip orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti.

Aksari taranglagichlarda egri chiziqli ishqalanish yuzasi shakli aylanaviy ekanligidan, bu holda ma'lum Eyler qonuniga amal qiladi deb hisoblasak:

$$F_T = F = F_0 e^{\mu\alpha}, \quad (9.4)$$



9.4- rasm. Iptaranglagichlar sxemalari.

a) tekis ishqalaniluvchi yuzali: 1—harakatsiz tormozlovchi tovoqcha; 2—ip; 3—harakatsiz tormoz tovoqchasi; b) aylanaviy ishqalanuvchi yuzali: 1—harakatsiz ishqalanuvchi jism; 2—ip; d) bilvosita ishqalanadigan taranglagich: 1—tormoz gardishi; 2—ishqalanuvchi jism; 3—ip; F —taranglagidan keyingi taranglik; F_N — ipni bosuvchi normal kuch; F_T — tormozlash kuchi; μ — sirpanish ishqalanish ko'effitsiyenti; α — ipning ishqalanish jismini quchoqlash burchagi; R — ishqalanuvchi jism radiusi; r_T — tormoz gardishi radiusi.

bu yerda μ — ipning ishqalanuvchi jism materiali bilan ishqalanish ko'effitsiyenti; α — ipning ishqalanish jismini quchoqlash burchagi.

Ko'rinadiki, bu holda taranglagichdan oldingi ip tarangligi chiqishida $\mu e^{\mu\alpha}$ marta ortadi.

9.3.2. Bilvosita taranglagichlar

Bevosita taranglagichda ip va ishqalanuvchi jism orasidagi ishqalanish ko'effitsiyenti 9.1- bandda ko'rilganday juda ko'p, shu jumladan o'zgaruvchan omillarga bog'liq bo'lib, bu hosil qiladigan taranglikni o'zgarmas ushlashda ma'lum qiyinchiliklar tug'diradi. Bu ma'noda bilvosita taranglagichlar afzalroq bo'lib, ularda ip va ishqalanuvchi jism orasida sirpanish bo'lmay ilashuv aloqasi hosil qilinadi. Natijada bu jism harakatlanib, o'zi bilan birga boshqa tormoz gardishini aylantiradi. Bu tormoz gardishida esa ip xususiyati va o'rash jarayonining kechishiga bog'liq bo'lmagan ishqalanish momenti va ishqalanish kuchi F_T hosil qilinadi (9.4-d rasm).

Rasmdagi muvozanat shartidan taranglagichdan keyingi taranglik

$$F = F_0 + \frac{F_T r_T}{R_T} \quad (9.5)$$

bo'ladi va bu yerda F_0 — ipning taranglagichdan oldingi tarangligi; F_T — tormozlash kuchi; R — ishqalanuvchi jism radiusi; r_T — tormoz gardishi radiusi.

Tadqiqotlar mazkur sharoitlarda Eyler formulasidan ko'ra solishtirma ishqalanish kuchini beradigan

$$F = a R^u \quad (9.6)$$

ifoda aniqroq natijalar berishini tasdiqladi, bu yerda a — fizik ma'no-si ishqalanish koeffitsiyentiga o'xshash bo'lgan va tashqi omillar, ishqalanuvchi jism o'lchamlari hamda ipning tarangligiga bog'liq bo'lgan tajribaviy doimiy; R — solishtirma ishqalanish kuchi; u — ip va ishqalanuvchi jism materiallariga bog'liq bo'lgan doimiy, ishqalanish indeksi.

Ishqalanish indeksi doimiysi qayishqoq materialli iplar uchun 0,67 dan plastik materialli iplar uchun 1,0 oraliqda aniqlanadi.

(9.6) tenglamani ip silindrik ishqalanuvchi jismni quchoqlab o'tishi uchun qo'llaganda quyidagi tenglamadan foydalaniladi:

$$\ln \frac{F}{F_0} = \left[1 + a(1-n)^a \left(\frac{\rho}{F_0} \right)^{1-n} \frac{1}{(1-n)} \right], \quad (9.7)$$

bu yerda F — ipning taranglagichdan keyingi tarangligi, H ; F_0 — ipning taranglagichdan oldingi tarangligi, H ; ρ — ishqalanish aylanasi radiusi, m.

Agar $n \rightarrow 1$ bo'lsa, unda (9.7) ifoda orasidagi Eyler formulasi-ga aylanadi.

Xulosa

Bu bob ipning o'rash tarangligi va uni boshqarishga bag'ishlangan bo'lib, undan o'rashda ip tarangligining joylama sifat ko'rsatkichlarini ta'minlashdagi ahamiyati, unga ta'sir qiluvchi texnologik omillar, ipning ishchi organlar bilan va o'zaro ishqalanish koeffitsiyenti

va unga ta'sir qiluvchi omillar, mazkur ta'sir xususiyatlari, iptaranglagichlar, ularning vazifalari, ishlash prinsiplari, turli konstruktiv tuzilishlari hamda iptaranglagichlarni loyihalashda ishlatiladigan ma'lumotlar o'rin olgan.

Nazorat savollari

1. Ipning o'rash tarangligi va uni boshqarishning ahamiyati nimada?
2. O'rashda ipning tarangligining ahamiyati nimada?
3. Taranglikka ta'sir qiluvchi omillar qaysilar?
4. Ip ashyosi qanday ta'sir qiladi?
5. Ipning ishqalanish koeffitsiyentiga asosiy omillarning ta'sir xususiyatlarini keltiring.
6. Iptaranglagichlar va ularning ishlash prinsiplarini ko'rsating.
7. Qanday bevosita taranglagichlarni bilasiz?
8. Qanday bilvosita taranglagichlarni bilasiz?

10. O'RASH JISMLARINING STRUKTURASI

10.1. Joylama strukturasi belgilovchi eng asosiy omillar haqida

O'rash usuli joylama strukturasi belgilovchi eng asosiy omildir. Ma'lumki, texnik adabiyotda o'rashning parallel va butsimon yoki kesishuvli usullari farqlanadi. Lekin o'rash texnologik jarayonlarining tahlili shuni ko'rsatadiki, yakka ipni o'rab, joylama hosil qilishda parallel o'rash prinsipial bo'lishi mumkin bo'lmagan jarayondir. Chunki har qanday holda ipni joylama uzunligi bo'yicha taqsimlash uchun uni joylamaning o'qi yo'nalishi bo'ylab harakatlantirish kerak. Bu esa ipning joylamaga uning o'qiga nisbatan ko'tarilish burchagi deb atalgan ma'lum burchak ostida yotishiga olib keladi. Ipyetaklagichning orqa tomonga qaytishida esa ip umumiy holda taxminan huddi shu burchak ostida, lekin teskari yo'nalishda yotadi. Natijada har qanday holda ham joylamada qo'shni nimqavatlardagi o'ramlar ipyetaklagichning borishi va kelishidagi ko'tarilish burchaklari yig'indisiga teng burchak ostida kesishadi. Demak, hozirgacha parallel va butsimon deb atalayotgan usullarning ikkalasi ham *kesishuvli usul* bo'lib, ular orasidagi farq o'ramlarning ko'tarilish va kesishuv burchaklarining kattaligidadir. Ikkala usul orasidagi chegaraviy kesishuv burchagi qiymatini turli mualliflar $18^{\circ} \dots 24^{\circ}$ oraliqda hisoblashlari va bu borada texnik adabiyotda yagona fikrning yo'qligining asosiy sababi ham shundadir.

Tom ma'nodagi parallel o'rash, ya'ni ip o'ramlari joylamaning aylanish o'qiga perpendikular va o'zaro parallel tekisliklarda yotishlari, tandalash, ohorlash va to'quv g'altak, val va barabanlarga o'rashda amalga oshadi xolos.

Aytilganlardan kelib chiqib, biz parallel o'rash deganimizda ipni to'quvga tayyorlashdagi tanda joylamalarini o'rash usulini nazarda tutamiz.

Hozirgacha parallel va butsimon deb atalgan usullar orasida o'rash texnologiyasida ham, joylamalarning keyingi ishlov texnologik jarayonlarida ham ma'lum farqlar borligi, ammo bu farqlar faqat nimqavatlardagi ip o'ramlarining ko'tarilishi va o'zaro kesishuv burchaklari kattaligi bilan belgilanadi. Bundan kelib chiqib kichik ko'tarilish va kesishuv burchaklari bilan o'rash usulini *yotiq kesishuvli o'rash* yoki qisqacha yotiq o'rash, katta ko'tarilish va kesishuv burchaklari bilan o'rash usulini *qiya kesishuvli o'rash* yoki qisqacha

qiya o'rash deb ataymiz. Yotiq va qiya o'rash joylamalarining ahamiyatli farqlaridan biri shuki, yotiq o'rashda nimqavat va qavatlar ishqalanish kuchlari hisobiga o'zaro yetarli mustahkam bog'lanmaydilar, qiya o'rashda esa bunday bog'lanish, odatda, ancha mustahkam bo'ladi. Natijada qiya o'rash joylamalari, odatda, shakltutar yoki shaklustivor, yotiq o'rash joylamalari esa, odatda, shakltutmas yoki noshaklustivor bo'lادilar.

Bu yerda shuni ta'kidlash lozimki, o'rash usullarini farqlash masalalariga bag'ishlangan manbalardan shu narsa ko'rinadiki, mualliflar bunga urg'u berishmagan bo'lsa ham amalda butsimon o'ralish deyilganda shaklustivor va parallel noshaklustivor o'ralish joylamalari ko'zda tutilgan. Joylamalarning shaklustivorligiga esa iplarning bir qator fizik-mexanik xususiyatlari va ularning ashyosi muayyan ta'sir ko'rsatishi shubhasiz. Bajarilgan tahlil ayni mana shu holat ikki usul orasidagi o'ramlarning chegaraviy kesishuv burchaklarining anchagina farq bilan aniqlanish sababini ochib beradi va ularning kichik qiymatlari ishqalanish koeffitsiyentlari kattaroq iplarga tegishli, va aksincha, bo'lishini ta'minlashini ko'rsatadi. Bu, o'z navbatida, o'rash usullarini o'ramlarning ko'tarilish va kesishish burchaklarining kattaligi bo'yicha farqlash maqbulligini yana bir bor ko'rsatadi.

O'ralish strukturasini belgilovchi eng muhim omillardan yana biri — ip o'ramlarining joylama yuza qavatlarida o'zaro joylashuvlari xususiyatlaridir. Joylama yuzasidagi qavat yoki nimqavatlarni hosil qiluvchi ip o'ramlari yonma-yon zich yoki ozmi-ko'pmi oraliq bilan joylashuvlari mumkin. Yuza o'ramlar zich joylashgan o'ralishni *jips yoki yopiq o'ralish* va oraliqlar bilan joylashgan o'ralishni *oraliqli yoki ochiq o'ralish* deb ataymiz.

Bir vaqtning o'zida yotiq kesishuvli va jips bo'lgan o'ralishni yondosh o'ralish deymiz. Bunda bir nimqavatga tegishli ketma-ket o'ramlar jips joylashadi.

Bir vaqtning o'zida qiya kesishuvli va jips bo'lgan o'ralishni tutashuvli o'ralish deymiz. Bunda ikkita qo'shni qavatlardagi yoki bir nimqavat bilan ajralgan nimqavatlardagi mos yo'nalishli o'ramlar jips joylashadi.

Yotiq kesishuvli va qiya kesishuvli hamda jips, yondosh, tutashuvli va oraliqli o'ralishlar joylama va ipyetaklagichning kinematik bog'lanishi o'zgarmas bo'lganida ham, o'zgaruvchan bo'lganida (ishqalanish bo'g'ini hisobiga) ham hosil qilinishi mumkin. Mazkur kinematik aloqa o'zgaruvchan bo'lsa, o'rashni oddiy o'rash, o'zgarmas bo'lsa — *pretsizion o'rash* deb ataymiz.

10.2. Oddiy yotiq kesishuvli o'ralish joylamasi strukturas

Yotiq kesishuvli o'rash joylamasi yuqorida aytilganidek jips, ya'ni yondosh va oraliqli strukturaga ega bo'lishi mumkin. Bunday o'ralish oddiy o'rash bilan ham, pretsizion o'rash bilan ham olinadi. Yotiq kesishuvli o'rash strukturas

umuman qo'shni o'ramlar orasidagi masofa ipning diametriga teng yoki undan katta bo'lib, iplarning kesishish burchagi bir necha gradusni (9° — 12° gradusgacha) tashkil qilganida hosil bo'ladi. Bunday o'rashga o'zgarmas kinematik aloqa mavjudligi uchun misol qilib pilik mashinasida olinadigan pilik g'altagi, tikuv ipining qopqali yog'och ipbardorga o'ralgan g'altagi, kinematik aloqa o'zgaruvchan bo'lib ishqalashuvchi bo'g'in bor bo'lgan holat uchun xom va pishitilgan ipakning g'altakka o'ralgan joylamasi, halqayigiruv va halqaeshuv so'tachalari misol qilib keltirilishi mumkin. Yotiq kesishuvli o'rashda o'ramlar qoida tariqasida o'ralish yuzasiga yetarli darajada tekis taqsimlanadilar. Bunday o'ralish *qoplovli* deb ataladi. Oddiy yotiq kesishuvli o'rashda qiya kesishuvli o'rashdagi keyingi bandda ko'riladigan turli turdagi strukturalarning davriy almashinuvi seziladigan darajada sodir bo'lmaydi va amalda o'ralish yuzasining silliqdagi o'zgarib turishi tarzida namoyon bo'ladi. Albatta, bundan yonbosh sohalar istisno bo'lib, u yerda muayyan zichlashuv sodir bo'ladi.

Yotiq kesishuv strukturali joylamalarda eng yuqori zichlikka erishiladi. Yotiq kesishuvli o'ralishning kamchiliklari qatorida joylamalarning ustivorligi past bo'lishi, shu sababli ularning ikki yon tomonida qo'shkonus hosil qilish yoki qopqali g'altaklarga o'rash lozimligi hamda o'ralgan ipni chuvab olish tezligi nisbatan pastligini ko'rsatish mumkin. Keyingi holat ipni chuvash uchun joylamani ipning o'zi yordamida yoki tashqi vosita yordamida aylantirish zarurati bilan ham bog'liq.

10.3. Oddiy qiya kesishuvli o'ralish joylamasi strukturas

Joylamaning zichligi iplarning joylashuv zichliklaridan tashqari yana ipning o'rashdagi tarangligi bilan ham belgilanadi.

Qiya kesishuvli o'ralishli struktura, biz ilgariroq qayd qilib o'tganimizdek, joylama va ipyotqizgich orasida doimiy kinematik aloqa bo'lganida (ishqalanish bo'g'insiz pretsizion) ham, bo'lmaganida (ishqalanish bo'g'inli oddiy) ham hosil qilinishi mumkin.

Ikkinchi holda, ya'ni doimiy kinematik bog'lanish yo'qligida o'ralganda oddiy qiya kesishuvli joylamaning aylanishlar soni uning diametriga bog'liq ravishda o'zgaradi. Bunda, albatta, struktura ham o'zgaradi va ko'p qaytariladigan struktura turlari shakllanadi. Bu struktura turlaridan quyidagi asosiylarini ko'rsatib o'tiladi:

- qoplovli;
- uyasimon;
- tasmasimon;
- tolimsimon.

Birinchi tur, ya'ni *qoplovli* strukturaga o'ramlarning joylama yuzasida bir tekisda va tasodifiy joylashuvi xos. Qoplovli struktura oddiy qiya kesishuvli o'ralish joylamalari uchun eng maqbul hisoblanadi. *Uyasimon o'ralish* esa o'ram o'zidan bir necha yotqizish davrasi oldin yotgan o'ram ustiga yotganda hosil bo'ladi. Bunda joylama yuzasi o'ziga xos uyasimon ko'rinishga ega bo'ladi. *Tasmasimon struktura* esa har yotqizish siklida yangi o'ram oldingi davradagi o'ram yoniga zich holda yotadi. Bu struktura, odatda, qo'shni o'ramlar orasidagi masofa asta kamayib, ipning yo'g'onligiga tenglashganda sodir bo'ladi. Bu masofaning bundan keyingi kamayishi natijasida o'ramlar ustma-ust tusha boshlaydi va *tolimsimon o'ralish* sodir bo'ladi. Shunday qilib, tolim turli qavat o'ramlari ustma-ust tushganda hosil bo'ladi. Qo'shni o'ramlarning o'zaro nisbiy siljishi yana davom etib, o'ramlar bir-biridan uzoqlasha boshlaydi. Bunda avval ular yana yonma-yon zich joylashib, tasmasimon o'ralish beradilar, keyin oralaridagi masofa yanada uzoqlashib, uyasimon, keyin qoplovli struktura sodir bo'ladi. O'ramlarning o'zaro nisbiy siljishlari to'xtovsiz davom etib, qoplovli struktura yana uyasimon, tasmasimon, tolimsimon, tasmasimon va h.k. davriy ravishda takrorlanadilar.

10.4. Oddiy qiya va yotiq o'ralish joylamalari struktura ko'rsatkichlarini aniqlash

Biz bu yerda yuqorida aytganimiz qiya va yotiq kesishuvli o'ralishlarning mohiyatan bir ekanligidan kelib chiqib, ularning struktura ko'rsatkichlarini aniqlash masalasini birga ko'rib chiqamiz.

Hamma o'rash ko'rsatkichlarini aniq hisoblab chiqib bo'lmaydi. Shuning uchun biz strukturani belgilovchi eng asosiy ko'rsatkichlar bilan cheklanamiz. Bundan tashqari bunday amaliy hisoblarda o'rashning vektoriy tenglamalari beradigan juda yuqori aniqlik talab

qilinmaganligi uchun o'rashning differensial tenglamalaridan kelib chiqadigan qoidalarga amal qilamiz.

Bu holda oddiy kesishuvli o'rashning barcha turlarida joylama yuzasining o'rash nuqtasidagi chiziqli tezligi v_0 , ipyetaklagich tezligi v_u , o'ramning ko'tarilish burchagi α , balandligi h va joylamaning silindrik o'rash yuzasi diametri d o'zaro quyidagicha bog'langan (10.1-rasm):

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_u}{v_0}. \quad (10.1.)$$

Silindrik yuzaga oddiy kesishuvli o'rashda joylama urinmaviy aylantirilganligi uchun o'rash yuzasining va ko'pchilik hollarda ipyetaklagichning harakat tezliklari v_0 va v_u doimiy kattaliklardir.

Bundan o'rash diametri d_1 dan d_2 gacha ortishi bilan o'ramlarning ko'tarilish burchaklari α ning doimiyligi, va demak, (10.1.) ni hisobga olgan holda quyidagini yozishimiz mumkin:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_u}{v_b} = \frac{2l_0 n_u}{\pi D n_b} = C_1 = \text{const}, \quad (10.2.)$$

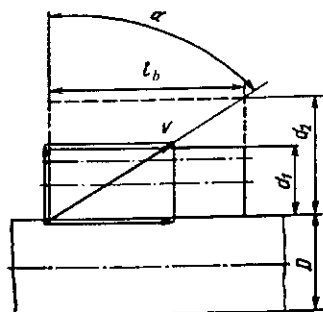
bu yerda C_1 — qiya o'rash mashinasi konstruksiyasiga xos konstanta; l_0 — o'rash kengligi; d — o'rash joriy diametri; n_u , n_b — ipyetaklagich va yurituvchi valik aylanish tezligi; d — valik diametri.

C_1 ma'lumligida (10.1.) dan ip o'ramining joylamaning istalgan diametri d ga to'g'ri keladigan ko'tarilish h ni topish mumkin.

$$h = \pi d C_1. \quad (10.3.)$$

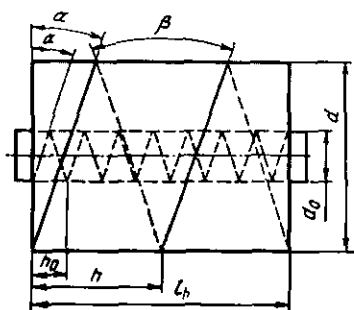
C_1 noma'lum bo'lganida (10.2.) dan foydalanib, h ni quyidagicha hisoblash mumkin:

$$h = \frac{2dl_0 n_u}{D n_b}. \quad (10.4.)$$



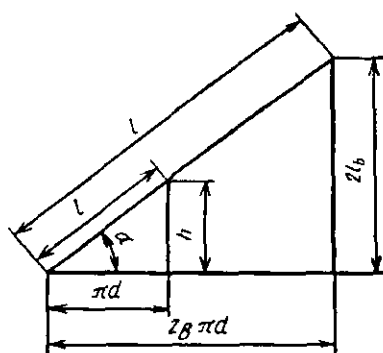
10.1-rasm. Joylamani urinmaviy aylantirish grafigi.

D —yurituvchi valik diametri; d_1 , d_2 — g'altakning o'ny diametrlari; α — o'ramning ko'tarilish burchagi.



10.2-rasm. Oddiy qiya kesishuvli o'ralish sxemasi:

d — o'rash diametri; d_0 — tutak diametri; h — o'ramning ko'tarilishi; h_0 — tutakda o'ramning ko'tarilishi; l_0 — ipetqizish kengligi; β — o'ramlarning kesishuv burchagi.



10.3-rasm. Ikki nimqavatli o'ramning yoyilmasi sxemasi.

d — ip diametri; h — ko'tarilish; l — ikki nimqavatdagi ipning diametri; l_0 — o'rash kengligi; l — o'ramdagi ip uzunligi; z_B — ikkita nimqavatdagi o'ramlar soni; α — o'ramlarning ko'tarilish burchagi.

Olingan tenglamada d dan tashqari hamma kattaliklar o'zgar-masdir. $2l_b n_u / (D n_B)$ nisbatni S_2 bilan belgilash mumkin, u holda (10.4.) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$h = d C_2. \quad (10.5.)$$

Bundan kelib chiqadiki, oddiy kesishuvli o'rashda diametr kat-talashgan sari ko'tarilish h_0 dan h ga chiziqli ortadi (10.2- rasm).

Tutak birinchi o'ramning sirg'anib ketishining oldini kerakli ko'tarilish burchagining kattaligini tanlab yo'qotiladi. Ko'tarilish burchagi ketma-ket joylashgan ikkita nimqavat iplarining kesishuv burchagiga bog'liq bo'ladi:

$$\beta = 2\alpha = \text{const.} \quad (10.6.)$$

Odatda, burchakni $25-28^\circ$ olinadi. Bu burchak qancha kichik bo'lsa, joylamadan ipning yechilishi shuncha oson bo'ladi. Agar α va β burchaklar o'rash diametriga bog'liq bo'lgan holda o'zgarmasa, ipyetaklagichning borib-kelishida o'ramlar soni diametr z_B kattala-shishi bilan kamayadi (10.2- rasm).

Ushbu qonuniyat 10.1- rasmga ko'ra joylamaning aylanishlar soni n_0 va ipyetaklagichning yurish soni n_u dan ham kelib chiqadi, demak:

$$z_B = n_b / n_H. \quad (10.7.)$$

O'rash jarayonida joylamaning aylanishlar soni kamayadi. Bundan kelib chiqib va (10.7.) tenglamani inobatga olib, quyidagi bog'lanishni olsak bo'ladi:

$$h_b / n_B = D / d. \quad (10.8.)$$

Bundan joylamaning noma'lum kamayib boradigan aylanishlar sonini topsak bo'ladi:

$$h_b = n_B (D / d). \quad (10.9.)$$

(10.9) tenglamani (10.7) tenglamaga qo'yib, nihoyat ipyetaklagichning har bir borib kelishidagi ipning o'ramlar sonini hisoblasak:

$$z_B = n_B D / (n_u d). \quad (10.10.)$$

(10.10) tenglamada n_n / n_u nisbat yurituvchi valning aylanishlar soni n_n va ipyetaklagich yurishining soni n_u orasidagi uzatishlar sonini ko'rsatadi. Ikkala tezlik hamda tayanch valining diametri D o'zgarmas kattaliklar, shuning uchun (10.10) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$z_B = C_3 / d. \quad (10.11)$$

Shu tenglamadagi C_3 konstanta mashinaga xos bo'lib, u quyidagicha aniqlanadi:

$$C_3 = n_u D / n_H. \quad (10.12)$$

10.3 - rasmda ikki nimqavatdagi ip o'ramining yoyilmasi ko'rsatilgan. Shu rasmning geometrik tahlili asosida quyidagi bog'lanishni keltirib chiqarsa bo'ladi:

$$h / (\pi d) = 2l_\sigma / (z_B \pi d) = \operatorname{tg} \alpha.$$

Bu yerdan ip o'ramining ko'tarilishi

$$h = 2l_\sigma / z_B. \quad (10.13)$$

Agar (10.13) tenglamada z_B o'rniga (10.10) tenglamadagi kattalikni qo'ysak, yana (10.4) yoki (10.5) tenglamani olamiz.

Har bir o'ramdagi yoki har bir ikkilangan nimqavatdagi ip uzunligini 10.3-rasmdan ham topish mumkin:

$$\cos \alpha = \pi dl, \quad (10.14)$$

$$l = \pi d / \cos \alpha = C_4 d.$$

Shunga o'xshash quyidagicha ham yozsak bo'ladi:

$$\cos \alpha = \pi dz_B / L.$$

z_B o'rniga (10.10) tenglamadan olingan z_B ifodasini qo'ysak va α bo'yicha o'zgartirsak, quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$L = \pi D n_B / (n_H \cos \alpha) = C_5. \quad (10.15)$$

(10.15) tenglamadan oddiy silindrik kesishuvli o'rashda bitta o'ramdagi ip uzunligi joylama diametri kattalashgan sari oshishi, ikkilangan nimqavatdagi ip uzunligi joylama diametriga bog'liq bo'lgan holda o'zgarmas qolishi kelib chiqadi.

10.5. Pretsizion yotiq kesishuvli o'ralish joylamasi strukturasi

Joylamaning aylanma va ipyotqizgichning ilgarilanma-qaytma harakatlari orasida *doimiy kinematik aloqali* o'ralishda yuqorida ko'rganimizday ham yotiq kesishuvli, ham qiya kesishuvli struktura hosil qilinishi mumkin. Yotiq kesishuvli strukturalarning ba'zi muhim xususiyatlarini ko'rib chiqaylik. Bularga o'rashning oraliqli yoki yondosh, jips bo'lishi kiradi. Bu o'ralish turlari ip o'ramlarining o'zaro nisbiy joylashishlari bilan belgilanadi. Bunda shuni nazarda tutish lozimki, yotiq kesishuvli o'rashda gap ketma-ket (ipyotqizgichning bir tomonga harakati davomida) yotqizilgan bir nimqavatdagi ikki qo'shni o'ram to'g'risida ketadi.

Yotiq kesishuvli o'rashda yondosh o'ralish o'ramlar qadami ip diametri d_u ga teng bo'lganda sodir bo'ladi. Bunday o'ralish hosil qilish uchun ipyotqizgich tezligi quyidagi shartga javob berishi kerak:

$$v_u = nC\sqrt{T}, \quad (10.16)$$

bu yerda v_u — ipyotqizish tezligi, n — joylamaning aylanishlar sanami, T — ip yo'g'onligi, S — doimiy.

Yondosh yotiq kesishuvli o'rashda joylama zichligi maskimal bo'lishi e'tiborlidir.

Yotiq kesishuvli o'rashda o'ramlar qadami ip diametridan katta bo'lganida ochiq yoki oraliqli o'rash sodir bo'ladi.

10.6. Pretsizion qiya kesishuvli o'ralish joylamasi strukturasi

Yopiq qiya o'ralishda ipyotqizgichning bir borib-kelishiga joylamaning taxminan bir yoki bir necha marta aylanishi to'g'ri keladi va qo'shni qavatlardagi o'ramlar orasidagi masofa ipning diametridan oshmaydi. Agar o'lchamlar orasidagi masofa ipning diametridan ohsa, ochiq o'ralishli struktura hosil bo'ladi. Agar mazkur masofa nolga

teng bo'lsa, uyasimon o'ralishli struktura hosil bo'ladi. Qo'shni qavatlardagi o'ramlar orasidagi masofa aniq ipning diametriga teng bo'lganda olinadigan jips struktura *pretsizion tutashuvli o'ralish* deyiladi. Joylama aylanishlari va ipyotqizgichning borib-kelishlari sanamlarining $i = n_j / n_y$ nisbati butun songa teng bo'lishi uyali struktura hosil bo'lishining shartidir. Buning oldini olish uchun mazkur uzatish soni i shundan Δi ga o'zgartirilishi kerak. Agar Δi o'ramlar orasidagi masofaning ip diametriga tengligini ta'minlasa, yuqorida aytilganday pretsizion tutashuvli o'ralish ro'y beradi. Agar oshib 0,5 ga yaqinlashsa, ochiq pretsizion o'ralish sodir bo'ladi. Odatda Δi ni 0,393, 0,407, 0,593 va 0,507 ga teng olinadi.

Joylama va ipyotqizgich orasidagi kinematik uzatish soni 1 ga teng bo'lsa, ya'ni joylamaning bir marta aylanishiga ipyotqizgichning bir marta borib-kelishi to'g'ri kelsa, hosil bo'ladigan struktura *yetishuvli* deb ataladi. Agar mazkur uzatishlar soni 1 dan katta bo'lsa, ya'ni ipyotqizgichning borib-kelishiga joylamaning 1 martadan ko'p aylanish to'g'ri kelsa *tutashuvli*, 1 martadan oz to'g'ri kelganda esa *tutashuvsiz* o'ralish hosil bo'ladi.

Qiya kesishuvli o'rashda yondosh o'ralish joylamaning bir yoki bir necha marta to'la aylanishiga ipyotqizgichning bir sikl harakat yo'li uzunligi taxminan to'g'ri keladi va bu uzunlik $L_y = L_0 \pm d_u$ ga teng, bu yerda L_0 — ipyotqizgich to'la bir sikl harakat yo'li uzunligi; d_u — ipning diametri. Boshqacha aytganda, qiya kesishuvli o'rashda tutash o'ralish hosil bo'lishi uchun joylamaning har qanday kattaligida ko'rilayotgan o'ramlarning siljish burchagi φ quyidagi shartga javob berishi kerak:

$$\varphi = \frac{d_u}{r \sin \alpha}, \quad (10.17)$$

bu yerda r — o'rash radiusi, α — o'ramlar kesishuvi burchagining yarmi.

Ip diametri uning yo'g'onligi T orqali aniqlanishi mumkin:

$$d = C\sqrt{T},$$

bu yerda S — doimiy bo'lib, bundan

$$\varphi = \frac{C\sqrt{T}}{r \sin \alpha} \quad (10.18)$$

ekanligi kelib chiqadi.

10.7. Pretsizion o'ralish joylamalari ko'rsatkichlarini aniqlash

Bunday o'rashda joylamaga harakat ipbardor bilan birgalikda ipyetaklagich bilan bog'langan holda umumiy kinematik sxemadan beriladi va ularning harakatlari orasidagi nisbat texnologik jarayon davomida o'zgarmas bo'lib turadi. Buning natijasida joylama diametrining ortishi bilan joylama va ipyetaklagich tezliklari doimiyligi holda ipning o'ralish tezligi ortadi.

Agar bunday o'q orqali yuritish sharoitida joylama aylanish sanami o'zgarmas deb olsak, ipyetaklagich ham u bo'yicha o'zgarmas tezlik bilan harakatlanadi, joylamaning aylanaviy tezligi esa oshadi (10.4-rasm). Shuning uchun kesishuvli pretsizion o'rashda ip o'ramining ko'tarilish burchagi ham (10.1) tenglamadan hisoblanishi mumkin. Lekin oddiy o'rashdan farqli (10.1) tenglamaning maxraji doim kattalashadi, natijada, ko'tarilish burchagi α_1 dan α_2 kattalikgacha kamayadi. α_H va α_0 uchun kattaliklarni (10.1) tenglamaga qo'ysak, pretsizion o'rashdagi ko'tarilish burchagini hisoblash uchun quyidagi tenglamani olamiz:

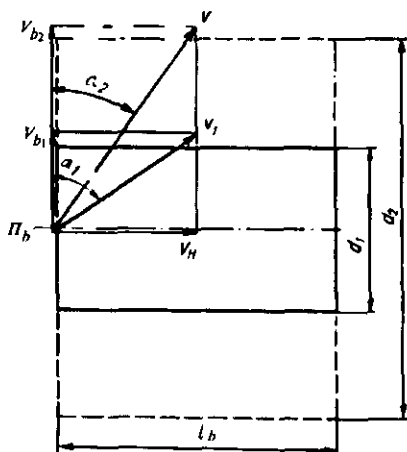
$$\operatorname{tg} \alpha = 2l_0 n_H / (\pi d n_\sigma). \quad (10.19)$$

Joylama tezligi o'zgarmas qolishi yoki joylama diametri kattalashganda aylanish tezligi kamayishiga (ip tezligi o'zgarmay qolishini inobatga olsak) bog'liq bo'lmagan holda ikkala tezliklar nisbati o'zgarmas bo'ladi:

$$n_H / n_\sigma = \text{const.} \quad (10.20)$$

10.4-rasm. Joylama o'qi orqali yuritilgandagi kinematik ko'rsatkichlar sxemasi:

d_1, d_2 — oniy diametr; l_0 — joylama uzunligi; n_0 — joylamaning aylanish sanami; v_1, v_2 — ipning oniy tezligi; v_N — ipyotqizgich yurishining tezligi; v_{b1}, v_{b2} — joylamaning oniy aylanaviy tezligi; d_1 — joylama diametri; α_1 — joylama diametri d_1 bo'lgandagi o'ramning ko'tarilish burchagi; α_2 — joylama diametri d_2 bo'lgandagi o'ramning ko'tarilish burchagi.



Demak, (10.19) tenglamada o'zgaruvchan kattalik faqat joylama diametri d_1 dir va o'ramning ko'tarilish burchagini hisoblash uchun quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\operatorname{tg} \alpha = C_6 / d. \quad (10.21)$$

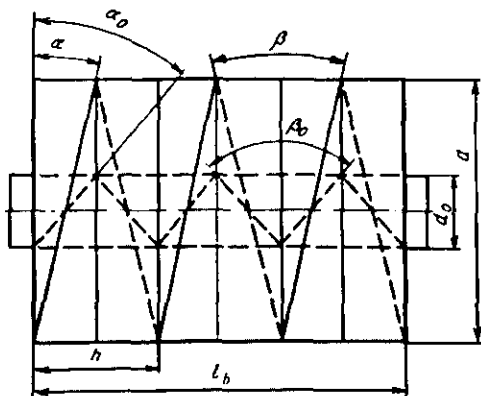
Bu tenglama pretsizion o'rashda ko'tarilish burchagi giperbolik kamayishini ko'rsatadi. Bunda mashina konstantasi C_6 quyidagicha ifodalangan bo'lishi mumkin:

$$C_6 = 2l_\sigma n_H / (\pi n_\sigma). \quad (10.22)$$

Xuddi shunday, oddiy kesishuvli o'rashdagi kabi, o'ramning ikkita ketma-ket joylashgan nimqavatlari iplari ko'tarilish burchagidan ikki barobar katta bo'lgan kesishuv burchagi β ni hosil qiladi (10.5-rasm). (10.19) tenglamadan $\beta \approx 2\alpha$ ni olamiz, lekin o'rash diametri kattalashuvi bilan bu burchak kamayadi.

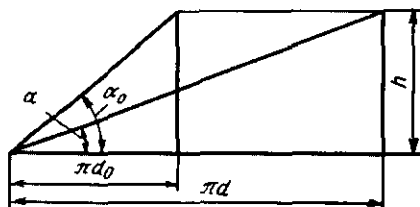
Ushbu qonuniyatdagi kesishuvli pretsizion o'rashning joylamalarni ishlab chiqarish amaliyotida oldi olinishi kerak bo'lgan ikkita holat ma'lum bo'ladi. Birinchisi, o'rash jarayoni boshlanishida ip bo'sh tutakka o'ralayotganda ko'tarilish burchagini shunday tanlash kerakki, o'ralishning birinchi nimqavati tutakda ishonchli ushlanishi kerak. Agar burchak juda katta bo'lsa, ipning birinchi qaytishida o'ramning birinchi nimqavatida sirpanib tushadi.

Ikkinchi holat joylama diametri maksimal ruxsat etilgandan katta bo'lganida kuzatiladi. Bu holda xavf shundan iborat bo'ladiki, ip qaytganda u joylama tashqarisida yotqiziladi va sirpanib tushadi. Demak,



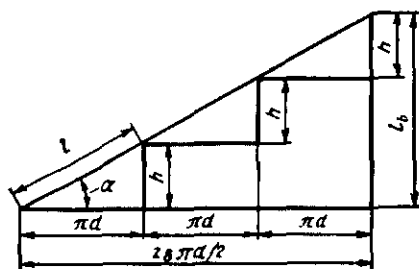
10.5-rasm. Kesishuvli pretsizion o'ralish sxemasi:

d — o'rash diametri; d_0 — tutak diametri; h — ko'tarilish; α — joylama diametri d bo'lgandagi ko'tarilish burchagi; α_0 — joylama diametri d_0 bo'lgandagi ko'tarilish burchagi.



10.6-rasm. Ip o'ramining yoyilmasi:

d — o'rash diametri; d_0 — tutak diametri; h — ko'tarilish; α — joylama diametri d bo'lgandagi ko'tarilish burchagi; α_0 — joylama diametri d_0 bo'lgandagi ko'tarilish burchagi.



10.7-rasm. Bir ninqavat o'ramining yoyilmasi:

d — o'rash diametri; d_0 — tutak diametri; l_0 — joylama uzunligi; l — bir o'ramning ip uzunligi; r_B — har bir ikkilangan qavatdagi ip o'ramlari-ning soni; α — o'ramning ko'tarilish burchagi.

joylamaning maksimal diametri $d_{\max}$ va tutak diametri d_0 orasidagi farq juda katta bo'lmisligi kerak.

Odatda, *pretsizion kesishuvli joylamalarni* ishlab chiqishda oddiy kesishuvli o'rashga qaraganda kattaroq diametrli tutaklar ishlatiladi. Tutak diametrining bunday kattalashishi natijasida joylamaning maksimal diametri biroz kattalashadi xolos. Ikkala holat bo'yicha burchaklar uchun aniq chegara kattalikni belgilash mumkin emas, chunki u ko'p omillarga: tutak va ip, iplar orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti, o'rashdagi taranglik va ipyetaklagich tezligi va h.k. larga bog'liq. Ko'tarilishning kritik burchagi faqat oldindan o'tkazilgan tadqiqotlarni o'tkazish yo'li bilan aniqlanishi mumkin. Analitik yo'l bilan ko'tarilish burchagi va joylama diametri orasidagi bog'lanishni keltirib chiqarish mumkin xolos (10.6-rasm).

h ko'tarilish joylamaning butun diametri bo'yicha o'zgarmas bo'lib qolishidan kelib chiqib, 10.6-rasmdan quyidagi munosabatlar hosil bo'ladi:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = h / (\pi d_0); \quad \operatorname{tg} \alpha = h / (\pi d). \quad (10.24)$$

(10.23) va (10.24) tenglamalarni h bo'yicha moslashtirib tenglashtirilsa, quyidagi proporsiya kelib chiqadi:

$$d / d_0 = \operatorname{tg} \alpha_0 / \operatorname{tg} \alpha. \quad (10.25)$$

d va α uchun chegaraviy kattaliklarni qo'ysak,

$$d_{\max} / d_0 = \operatorname{tg} \alpha_0 / \operatorname{tg} \alpha_{\min} \quad (10.26)$$

tenglikni olamiz.

Ko'pgina hollarda tutak diametri konstruktiv aniqlanadi va ko'tarilishning maksimal burchagi α_0 nisbatan katta bo'lishi mumkin, shuning uchun ikkala ko'rsatkichlar (10.23) tenglamadan aniqlanishi mumkin. Oddiy kesishuvli o'rash strukturasining tahlilida ipyuritgich borib-kelishidagi o'ramlar soni joylama tezligi n_0 va ipyetaklagichning yurish soni n_H orasidagi o'zgaruvchan uzatish soni belgilangan edi. Pretsizion kesishuvli o'rashda esa mazkur o'zgarishlar soni o'zgarmas bo'lganligi uchun o'rashning ixtiyoriy diametrida bu kattalik o'zgar-masdir.

Demak, (10.7) ifoda o'zgarishsiz kuchda qoladi.

$$z_B = n_0 / n_H = C_z = \text{const.}$$

10.7-rasmda $z_B = 6$ bo'lgandagi ipning bir nimqavatining bo'shili-shi ko'rsatilgan. Rasmning geometrik tahlili quyidagi proporsiyani keltirib chiqarishga imkon beradi:

$$\pi d / h = z_B \pi d / (2l_\sigma). \quad (10.27)$$

(10.27) tenglamadan ko'tarilish hisoblanishi mumkin:

$$h = 2l_\sigma / z_B = C_s = \text{const.} \quad (10.28)$$

Bu joylama diametri bo'yicha ko'tarilish, 10.6-rasmda ko'rsatilganidek, o'zgarmas bo'lishini isbotlaydi. (10.28) tenglamadagi ipyetaklagich va joylama orasidagi o'zgarishlar soni o'rash nisbati deb ham ataladi, ushbu nisbat bilan yonma-yon nimqavatlardagi iplarning bir-biriga nisbatan holati belgilanadi va joylama yuzasidagi o'rash sohalari soni shunga teng bo'ladi. 10.5-rasmda ipyetaklagichning borib-kelishidagi joylamaning oltita aylanishiga to'g'ri keladigan oltita soha ko'rsatilgan.

Mazkur holda ipning keyingi nimqavatining o'rami pastda joylashgan o'ramga to'g'ri keladi. Bunday bo'lmasligi kerak, chunki iplar bir-biri bilan yonma-yon joylashishi kerak. Aytilgandan butun sonli uzatishlar sonini tanlamaslik kerakligi ma'lum bo'ladi. Bu masala quyida chuqurroq ko'riladi. 10.7-rasm yordamida, shuningdek, ip o'ramining yoki ikkilangan nimqavatning uzunligini ham hisoblash mumkin. Pretsizion kesishuvli o'rash uchun oddiy kesishuvli o'rashni ko'rib chiqqandagi tengliklar haqiqiydir:

$$\cos \alpha = \pi d n_{\sigma} / (n_H \cos \alpha), \quad l = \pi d / \cos \alpha. \quad (10.29)$$

Ikkilangan nimqavatdagi ip uzunligi:

$$L = z_B l. \quad (10.30)$$

(10.27) va (10.29) tenglamalardan kattaliklarni (10.30) tenglamaga qo'ysak, quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$L = \pi d n_{\sigma} / (n_H \cos \alpha). \quad (10.31)$$

(10.31) tenglamadagi o'zgarmas kattaliklarni birlashtirib, quyidagi tenglama olinadi:

$$L = C_9 d / \cos \alpha. \quad (10.32)$$

Oddiy o'rashdan farqli ravishda pretsizion o'rashda ip o'ramining uzunligi hamda ikkilangan nimqavatning uzunligi diametr kattalashishi bilan o'zgaradi.

10.7.1. Jips pretsizion o'ralish joylamalari struktura xususiyatlari

Ketma-ket joylashgan nimqavatlarning ip o'ramlari orasidagi masofa qancha kichik bo'lsa, *kesishuvli o'rash joylamasining hajmiy zichligi* shuncha katta bo'ladi. Agar bunda ikkita ip orasidagi masofa ip qalinligiga aniq mos kelsa, bunday o'rash *yopiq* yoki *jips pretsizion o'rash* deyiladi. Uning hajmiy zichligi oddiy o'rashdagidan 65 % ga kattaroq. Agar ikkita ip orasidagi masofa ip qalinligidan katta bo'lsa, ochiq yoki oraliqli pretsizion o'ralish hosil bo'ladi. Demak, pretsizion o'rashning turi (10.20) tenglama bo'yicha uzatishlar nisbati bilan aniqlanadi. Agar bu nisbat butun sonli bo'lsa (1:4; 1:5; ...), amaliyotda qo'llanilmaydigan *uyasimon* deb ataluvchi o'ralish hosil bo'ladi. Keyingi qavatlarning ipi yana shu yerning o'ziga yotqiziladi. Shuning uchun butun sonli uzatishlar soni (i) ni Δi arziyas uzatish kattaligiga o'zgartirish kerak bo'ladi. U iplar markazlari orasidagi masofani aniqlaydi va uzatish sonining $10^{-4} - 10^{-6}$ qismini tashkil etishi kerak. Demak, umumiy kerakli uzatish soni:

$$i_{\text{ayl}} = i \pm \Delta i. \quad (10.33)$$

Δi kattalik nomaqbul strukturani buzish kattaligiga to'g'ri keladi. U 10.8-rasm asosida hisoblanishi mumkin.

Quyidagi tenglik mavjud:

$$\sin \alpha = x / \Delta U. \quad (10.34)$$

bu yerda: α — o‘ramning ko‘tarilish burchagi; x — ikkita ip markazlari orasidagi masofa; ΔU — joylama yonbosh aylanasiidagi ipning ikkita qaytish nuqtalari orasidagi masofa.

Ipyotqizgichning har bir borib-kelishiga joylamaning kerakli qo‘shimcha aylanishi butun aylanishning qismi bo‘lishi kerak. Shu texnologik talabni inobatga olsak,

$$\Delta U / (\pi d) = x / (\pi d \sin \alpha), \quad (10.35)$$

bu yerda: d — joylama diametri.

Bundan qo‘shimcha uzatish soni

$$\Delta i = x / (\pi d \sin \alpha). \quad (10.36)$$

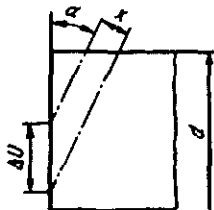
Ikkita ip markazlari orasidagi masofa tanlanganidan so‘ng buzish kattaligi aniqlanishi mumkin.

(10.36) tenglamadan foydalanilganda ko‘tarilish burchagi joylama diametriga bog‘liqligini va, agarda qo‘shimcha uzatish soni Δi o‘zgaras bo‘lib tursa, iplar markazlari orasidagi masofa x joylama diametri kattalashganda o‘zgarishini inobatga olish kerak. Shu sababdan yopiq yoki jips kesishuvli pretsizion o‘rashda x masofani o‘zgartirmaslik uchun Δi ni sekin-asta o‘zgartirish lozim. Buning uchun o‘ralayotgan ipning chiziqli zichligiga bog‘liq holda konusligi 30’ dan 1° gacha bo‘lgan konoid uzatma qo‘llash mumkin.

Joylamani qo‘shimcha aylantirish texnologik talabidan (bir aylanishning qismlarida) ipyotqizgichning har bir borib-kelishida uzatma uchun quyidagi tenglamani olamiz:

$$\Delta i = n_z / n_H. \quad (10.37)$$

(10.37) tenglamani (10.36) tenglamaga qo‘ysak, ipyotqizgichning borib-kelishida joylamaning minutiga qo‘shimcha aylanishlar sonini hisoblasak bo‘ladi:



10.8-rasm. Qiya pretsizion o‘ralish joylamasida ikkita o‘ramning joylanish sxemasi:

d —joylama diametri; x — ikki ip markazlari orasidagi masofa; U — joylama yonbosh aylanasiidagi ipning ikki qaytish nuqtasi orasidagi masofa; α — o‘ram ko‘tarilish burchagi.

$$n_z = n_H x / (\pi d \sin \alpha), \quad (10.38)$$

bu yerda: n_H — ipyetaklagichning minutiga borib-kelishlar soni.

Agar $\Delta i = 0$ bo'lsa uyasimon o'ralish hosil bo'ladi, chunki umumiy uzatish soni (i_{um}) butun sonli. Agar Δi (10.36) tenglama bo'yicha diametriga teng ($x = d_H$) iplar markazlari orasidagi masofa to'g'ri keluvchi kattalikka ega bo'lsa, yopiq yoki jips pretsizion o'rash hosil bo'ladi. Agarda Δi kattalashsa va 0,5 qiymatga yaqinlashsa, oraliqli yoki ochiq pretsizion o'rash hosil bo'ladi. Odatda, Δi quyidagi qiymatlarga teng qilib olinadi: 0,393; 0,407; 0,593; 0,607.

10.7.2. Oraliqli pretsizion o'rash joylamalari struktura xususiyatlari

Yopiq pretsizion o'rash nisbatan kichik hajmga ega bo'lsa ham, u faqat g'adir-budirli iplarni o'rashga xizmat qiladi. Silliqli iplarni chuvab olishda qiyinchiliklar hosil bo'ladi va qo'shni o'ramlarni ilib olish xavfi bo'ladi.

Agar joylama chekkalarida yuqori ustivorlikli o'rash va bir tekisdagi bikrlik talab qilingan bo'lsa, joylama yonbosh aylanasiidagi o'ramning qaytish yoki burilish nuqtasi, birinchidan, oldingi o'ramdan iloji boricha uzoqroq joylashishi kerak, ikkinchidan esa, faqatgina ipyotq-izgichning bir nechta borib-kelishidan so'ng yana oldingi o'ram yaqinida joylashishi mumkin. Demak, nimqavatni ketma-ket keluvchi ikkita qavatlar o'ramlari iplari orasidagi masofa ip qalinligidan bir necha baravar ortadi va oraliqli yoki ochiq pretsizion o'rash hosil bo'ladi. Bunday o'ralish joylamalarni bir tekis qoplovli hamda eng kichik zichlik va katta hajmga ega bo'ladi. Shuning uchun ular ayniqsa bo'yalishga mo'ljallangan joylamalar uchun qo'llaniladi. Joylama yonbosh aylanasiidagi o'ramlarning ikkita burilish nuqtasi orasidagi maksimal masofa 180° ni tashkil qiladi. Demak, burilishning uchinchi nuqtasi yana birinchiga to'g'ri keladi. Burilish joylarining bunday taqsimlanishi *ikkilangan taqsimlanish* deyiladi (10.9- a rasm).

Uzatish soni i ni hamda joylama yonbosh aylanasiidagi o'ramlarning burilish nuqtalari orasidagi masofani tanlashning boshqa imkoniyatlari 9.9- b, g rasmlarda ko'rsatilgan:

120 va 240° (3- va 1,5- bo'linuvlar — burilishning 4- nuqtasi yana 1-da joylashadi).

90 va 270° (4- va 1,3- bo'linuvlar — burilishning 5- nuqtasi yana 1-da joylashadi).

144° (2,5- bo'linuv — burilishning 6- nuqtasi yana 1- nuqtada joylashadi).

60° (6- bo'linuv — burilishning 7- nuqtasi yana 1-da joylashadi).

102 va 86° (3,5- bo'linuv — burilishning 8- nuqtasi yana 1-da joylashadi).

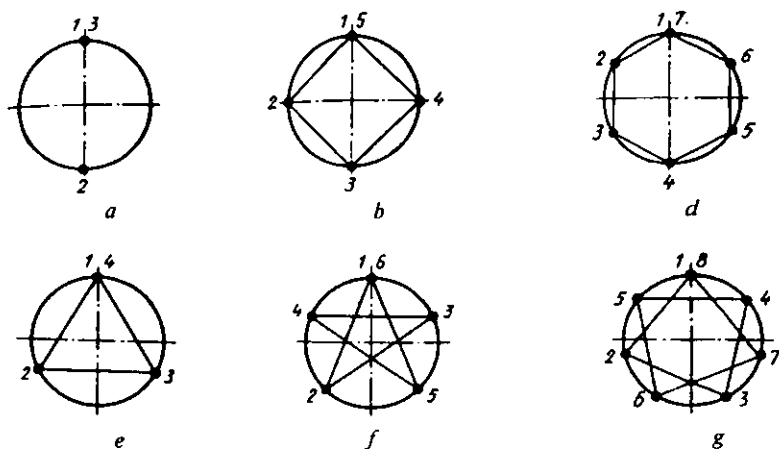
Davr qaytarilishigacha ipyotqizgichning borib-kelishlar soni quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$z = 360 / \alpha_T Y, \quad (10.39)$$

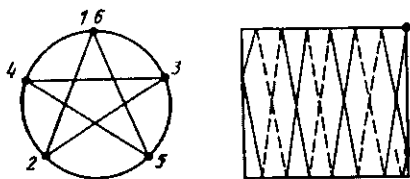
bu yerda: Y — davr qaytarilishigacha joylama yonboshi aylanasiidagi burilish nuqtalari aylanishlar soni; α_T — ipyotqizgichning borib-kelishidan so'ng ikki buralish nuqtasi orasidagi burchak.

M i s o l. 10.10-rasmda 2,5- bo'linuvli joylama ko'rsatilgan; u *penta o'rash* deyiladi. Ikkita ketma-ket joylashgan burilish nuqtalarining uzoqlashish burchaklari 144° ni tashkil qiladi. $Y=2$ (10.38) tenglamadan $z=(360/144) \cdot 2 = 5$ ni olamiz.

Ipyotqizgichning 5- borib-kelishidan yangi davr boshlanadi. Burilishning 6- nuqtasi yana 1- joyda joylanadi. Penta o'rash Schweiter (Shveysariya) firmasining patentiga asoslangan.



10.9-rasm. Pretsizion kesishuvli o'ralishli joylamadagi ip o'ramlarining burilish nuqtalari holati sxemalari.



10.10-rasm. Penta o'rashda borib-kelishdagi ipning yotqizilishi sxemasi (2,5- bo'linuv).

O'ralishning eng qulay sharoitlari uzatish soni 2,4; 3,4; 4,4; ... atrofidagi sonlar bo'lganda bo'lishi kuzatiladi.

Uzatish sonining taxminiy qiymatlari bo'lib, yumshoq va elastik iplar uchun $i = 3...4$; mustahkam va silliq iplar uchun $i = 6...8$ bo'ladi.

Xulosa

Biz o'rash jismlarining strukturasiga bag'ishlangan bobda joylama strukturasini belgilovchi eng asosiy omillar, oddiy yotiq kesishuvchi va qiya kesishuvchi o'ralish joylamalari strukturalari va bu strukturalar ko'rsatkichlarini aniqlash, pretsizion yotiq kesishuvli va qiya kesishuvli o'ralish joylamalari strukturalari va bu strukturalar ko'rsatkichlarini aniqlash masalalarini o'rgandik. Bu ma'lumotlar joylamalar strukturalarini loyihalash, nazorat qilish va texnologik jarayonni tahlil qilishga imkoni beradi.

Nazorat savollari

1. O'rash jismlari strukturasining qanday ahamiyati bor?
2. Joylama strukturasini belgilovchi eng asosiy omillar qaysilar?
3. Oddiy yotiq kesishuvli o'ralish joylamasi strukturasini tasvirlang.
4. Oddiy qiya kesishuvli o'ralish joylamasi strukturasini tasvirlang.
5. Oddiy qiya va yotiq o'ralish joylamalari struktura ko'rsatkichlari qanday aniqlanadi?
6. Pretsizion yotiq kesishuvli o'ralish joylamasi strukturasini tavsiflang.
7. Pretsizion qiya kesishuvli o'ralish joylamasi strukturasini tavsiflang.
8. Pretsizion o'ralish joylamalari ko'rsatkichlari qanday aniqlanadi?
9. Jips pretsizion o'ralish joylamalari struktura xususiyatlari nimalardan iborat?
10. Oraliqli pretsizion o'rash joylamalari struktura xususiyatlari nimalardan iborat?

11. O'RALISH NUQSONLARI VA ULARNI YO'QOTISH HAMDA OLDINI OLISH USULLARI

11.1. O'ralish nuqsonlarining asosiy turlari

O'ralgan joylama shakli va strukturasi belgilangan ko'rsatkichlardan har qanday og'ishi o'ralish nuqsoni hisoblanadi. O'rash nuqsonlari ipyetaklagich va joylamaning ilgarilanma va aylanma harakatlari qonunlarining buzilishi, qo'llanilayotgan ipyotqizish usullarining notakomilligi, ta'minlovli, bosuvchi, tortuvchi va h.k. yordamchi qurilmalarning kamchiliklari tufayli yuzaga keladi.

Quyidagi nuqsonlar eng ko'p uchraydi:

- joylama chetlarida zichlashgan qismlarning hosil bo'lishi;
- joylama uzunligi bo'yicha tasma va tolilar ta'sirida zichlangan yo'lchalar va qatlamlar hosil bo'lishi;
- joylama chetlaridan chetki o'ramlarning tushib ketishi;
- joylamaning bo'shashib, buzilib ketishi;
- joylamaning bo'shashib, uzayib ketishi;
- joylama yonboshlarida ba'zi o'ramlarining to'g'ri chiziqli bo'yicha tortilib joylashuvi va vatarlar hosil bo'lishi;
- joylamaning ochiq chetlarida ichki qatlamlarning siqilib chiqishi;
- alohida o'ram yoki bir necha qavatlarining sirg'alib chiqishi;
- butun joylamaning ipbardordan sirg'alib chiqishi;
- to'g'ri yonboshlarning ichki yoki tashqi konus hosil qilib qiyshiqqlanishi;
- ichki qatlamlarda iplar qoldiq tarangligining juda kamayib ketishi;
- radial va o'q yo'nalishda joylama zichligining yo'l qo'yilgandan ortiqcha notekisligi.

11.2. O'ralish nuqsonlarining asosiy sabablari

Ko'rsatib o'tilgan nuqsonlarning hammasi ipning sifatini, keyingi ishlov jarayonlarida jihozlarning va mehnat unumdorligini pasaytiradi va chiqitlarni ko'paytiradi. Moddiy zarar ayniqsa kimyoviy iplarning ishlovida katta bo'ladi.

Qiya o'rash joylamalarida zichlashgan chetlarning hosil bo'lishi ipyetaklagichning borib-kelish harakatlari tufayli muqarrar holatdir.

Le kin uning zararli ta'sirini o'rash masofasini qisqartirish, ipyetaklagichning terslanishida to'xtash vaqtini mumkin bo'lgan minimal kattalikkacha qisqartirish yo'llari bilan kamaytirish mumkin. Zichlashgan qism uzunligi chetki o'ramlar terslanishi paytida chegaraviy egriliklar bo'yicha yotqizilganda minimal bo'ladi.

Agar o'rash masofasi b va terslanish vaqti katta bo'lsa, chetki o'ramlar uzun, juda kichik yotqizish burchaklik qismlarga ega bo'ladilar. Natijada bu o'ramlar yonbosh orqasiga o'tib qoladilar yoki tushib ketadilar.

Joylamalar buzilib va uzayib ketishi o'rash zichligi kamligi va o'rash jismi bilan ishqalanuvchi silindr orasidagi bosim kattaligida sodir bo'ladi. Bu holda joylama raslanadi va ingichkalashib uzayadi.

O'ramlarning tushib ketishi va qavatlarning konus uchi tomon sirg'alib chiqishi o'rashda ustivorlik va muvozanatvorlik shartlari bajarilmaganda yuz beradi.

Tutak yoki naychadan butun o'ralmaning surilib chiqishi chetki o'ramlarning muvozanat shartlari yoki ustivorlik shartlari buzilganda ro'y beradi. Ayniqsa, konussimon silliq naychadagi yumshoq o'ralma oson surilib chiqadi.

Ichki qavatlarning joylama yonboshidan siqilib chiqishi ipning o'ralish tarangligi ortiqchaligi yoki joylamaning yurituvchi silindrga bosimi kattaligidan sodir bo'ladi.

Joylamaning o'qi va radiusi bo'yicha notekis zichlikka ega bo'lishi o'rash jarayonida ip tarangligi va yotqizish burchagi o'zgarib turishlari sabablidir. Bundan tashqari yuqori qavatlarning pastkilarga ta'siri ularning deformatsiyalanishi va massa qayta taqsimlanishiga olib keladi. Bu holat, ayniqsa, katta qayishqoqlikka ega kimyoviy iplardan o'ralgan katta hajmli va massali joylamalarda ko'proq namoyon bo'ladi.

Yotqizish uzunligining joylamani o'rash davomida o'zgarishining sabablari o'rash masofasi b ning, ipyetaklagich harakat qulo-chining o'zgarishi va chetki o'ramlarning o'rtaga tortilishidan kelib chiqadi.

Joylamaning bir yoki ikkala yonboshida vatarlar hosil bo'lishiga ipyetaklagich yoki joylamaning bo'yлама yo'nalishida siljib qolishi, tutakning tepishi, keyingi chetki o'ramni oldingisi surib ketib qolishi, o'rash masofasida ip inersiya kuchining ortib ketishi olib keladi.

Tolimsimon o'ralish faqat ipyetaklagichning bir borib-kelishida o'ralgan o'ramlar soni butun songa teng bo'lganda yuz beradi. Tasmason o'ralish esa ipyetaklagichning bir borib-kelishiga to'g'ri keladigan o'ramlar soni butun songa yaqin bo'lganda yuzaga keladi.

Pretsizion o'rashda tolimsimon va tasmasimon o'ralish joylama va ipyetaklagich orasidagi kinematik uzatish sonini tanlash bilan yo'qotiladi. Oddiy o'rashda esa bu maqsadda maxsus tarqoqlantiruvchi qurilma va mexanizmlar qo'llaniladi.

Yuqorida ko'rilganlardan quyidagi hulosalarni chiqarish mumkin:

1. O'ralish nuqsonlarini shakl nuqsonlari va struktura nuqsonlari guruhiga bo'lish mumkin. Lekin bu bo'lish shartli bo'lib, ularni o'rganishni osonlashtirishni maqsad qilib qo'yadi.

2. O'ralish nuqsonlarining paydo bo'lishi, asosan, o'rash qonuniyatlarini to'g'ri tanlanmaslik, ularni amalga oshirishdagi xato va kamchiliklar bilan bog'langan. Bunda, avvalo, oldingi qismlarda o'rganilgan o'rashning asosiy qonuniyatlari nuqsonlarning paydo bo'lishi va ular bilan kurashish yo'llarini belgilashda muayyan imko niyatlar berishi aniqlangan. Ikkinchi tomondan esa shakli va tuzilish kamchiliklarining paydo bo'lishida ipyetaklagichning va o'rash nuqtasining joylama chetlarida terslanish jarayonlari ancha ahamiyatga ega ekanligi, lekin bu nuqsonlarning oldini olish yo'llarini aniqlash uchun ularni batafsilroq o'rganish zarurligi ma'lum bo'ldi.

11.3. Ipyetaklagichning terslanish jarayoni

Terslanish deganda biz ipyetaklagich tezligining texnologik qiymati v_1 dan nolgacha pasayib, keyin — v_2 qiymatga erishish jarayonini ko'zda tutamiz. Jarayon τ vaqt oralig'ida bo'lib o'tadi va umumiy holda $|v_1| \neq |-v_2|$. Terslanish vaqti τ chekli tarzda yotqizish burchagi β_1 nolgacha kamayib, keyin $-0,95\beta_2$ kattalikkacha o'zgarish vaqti sifatida aniqlanadi.

Simmetrik mushtchali ipyotqizgich mexanizmi sharoitida $|v_1| = |-v_2|$ va $|\beta_1| = |\beta_2| = |\beta_0|$.

11.3.1. Ipyetaklagichning to'xtalishsiz terslanishi

Yuqorida 7- bobda ipyetaklagichning oniy terslanishi ($\tau_2 = 0$, $|\beta_1| = |\beta_2|$) sharoitida chetki o'lchamlarning yotish jarayoni ko'rilgan edi.

Oniy terslanish sharoitida yotqizish burchagi

$$\operatorname{tg} \beta = (\operatorname{tg} \beta_1 + \operatorname{tg} \beta_2) e^{\frac{-v_0 t}{b}} - \operatorname{tg} \beta_2 \quad \langle 11.1 \rangle$$

qonuniyat bilan o'zgarishidan β burchak nolgacha kamayadigan vaqt $t = t_1$ ni topamiz (11.1-a rasm):

$$t_1 = \frac{b}{v_0} \ln \frac{\operatorname{tg}\beta_1 + \operatorname{tg}\beta_2}{\operatorname{tg}\beta_2}. \quad (11.2)$$

Agar $|\beta_1| = |\beta_2| = |\beta_0|$ bo'lsa,

$$t_1 = \frac{b \ln 2}{v_0} = \frac{0,693b}{v_0}. \quad (11.3)$$

Bundan keyin β burchak noldan β_2 gacha

$$\operatorname{tg}\beta = (1 - e^{-\frac{v_0 t}{b}}) \operatorname{tg}\beta_2 \quad (11.4)$$

qonuniyat bo'yicha kattalashadi.

(11.4) ifodaning tahlili nazaran $\beta = \beta_2$ bo'lishiga faqat $b = 0$ yoki $t \rightarrow \infty$ sharoitlarda erishilishini ko'rsatadi. Real mexanizmlarda $b > 0$ va t chekli, lekin amalda $\operatorname{tg}\beta$ tez kattalashadi va

$$t_2 = \frac{b \ln 20}{v_0} = \frac{2,995b}{v_0} \quad (11.5)$$

vaqt ichida $0,95 \operatorname{tg}\beta_0$ qiymatga erishadi.

Shunday qilib, $\tau_2 = 0$ ba $|\beta_2| = |-\beta_2|$ shartida terslanish jarayoni va unda chetki o'ramlarni o'rash vaqti

$$\tau = t_1 + t_2 = \frac{3,688b}{v_0} = \frac{3,688b}{v \cos \beta_0} \quad (11.6)$$

bo'lib, bunda $v_0 = v \cos \beta_0$ — o'rash nuqtasining aylanaviy texnologik tezligi; v — ipning o'ralish texnologik tezligi.

Agar (11.1) da $\operatorname{tg}\beta = -0,95\beta_0$ deb olsak, unda $-0,95\beta_0 = (2e^{-\frac{v_0 t}{b}} - 1) \operatorname{tg}\beta_0$. Bundan esa:

$$\tau = \frac{b \ln 40}{v_0} = \frac{3,688b}{v_0}, \quad (11.6a)$$

ya'ni chetki o'ramni o'rash vaqti uchun yana (11.6) dagi natijani olamiz.

11.3.2. Ipyetaklagichning to'xtalishli terslanishi

Agar ipyetaklagich ko'zi oniy to'xtab, keyin t_3 vaqt davomida to'xtab tursa, bu vaqtda yotqizish burchagi β_1

$$\operatorname{tg}\beta_3 = e^{-\frac{v_0 t}{b}} \operatorname{tg}\beta_1$$

kattalikkacha kamayadi (11.1- b rasm).

To'xtalishdan keyingi ipyetaklagich ko'zi oniy teskari yo'nalishdagi v_2 tezlikni oladi, β burchak esa

$$\operatorname{tg}\beta = (\operatorname{tg}\beta_3 + \operatorname{tg}\beta_2) e^{-\frac{v_0 t}{b}} - \operatorname{tg}\beta_2 \quad (11.7)$$

bog'lanish bo'yicha o'zgaradi va

$$t_4 = \frac{b}{v_0} \ln \frac{\operatorname{tg}\beta_3 + \operatorname{tg}\beta_2}{\operatorname{tg}\beta_2} \quad (11.8)$$

vaqtdan keyin nol qiymatga ega bo'ladi. $\operatorname{tg}\beta$ burchakning noldan $0,95 \operatorname{tg}\beta_2$ gacha o'zgarish vaqti

$$t_5 = \frac{2,995b}{v_0}. \quad (11.9)$$

Demak, ipyetaklagich terslanishida $\tau_2 = t_3$ vaqt davomida to'xtab turganda chetki o'ramlar o'rash vaqti:

$$\begin{aligned} \tau &= t_3 + t_4 + t_5 = \tau_2 + \frac{b}{v_0} \left(2,995 + \ln \frac{\operatorname{tg}\beta_3 + \operatorname{tg}\beta_2}{\operatorname{tg}\beta_2} \right) = \\ &= t_3 + \frac{b}{v_0} \left(2,995 + \ln \frac{e^{-\frac{v_0 t}{b}} \operatorname{tg}\beta_1 + \operatorname{tg}\beta_2}{\operatorname{tg}\beta_2} \right). \end{aligned} \quad (11.10)$$

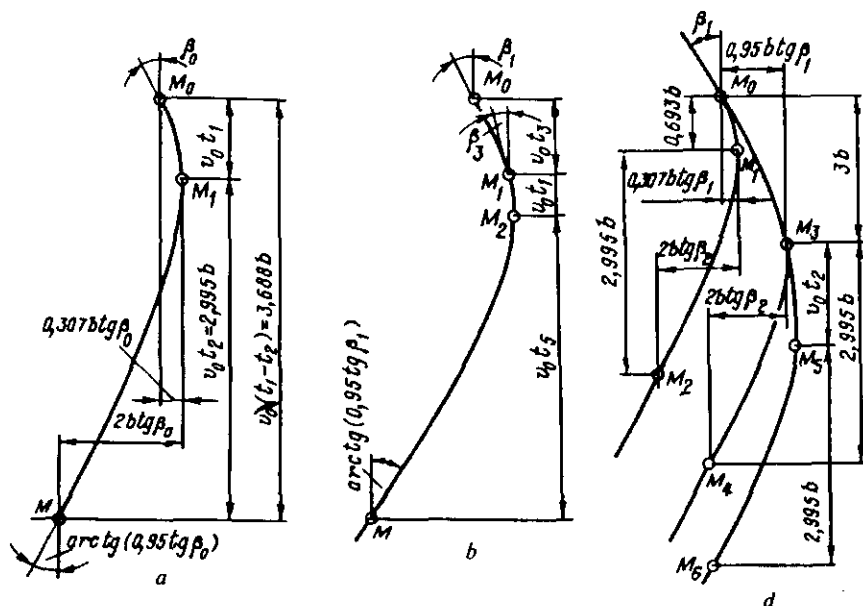
Agar terslanishda ipyetaklagich sinusoidal

$$y_2 = A \sin \frac{\pi t}{\tau}$$

qonuniyat bo'yicha harakatlansa, unda

$$\operatorname{tg}\beta = \left[\frac{e^{-\frac{v_0 t}{b}} + v_0 \left(\frac{v_0}{b} \cos \frac{\pi t}{\tau} + \frac{\pi}{\tau} \sin \frac{\pi t}{\tau} - \frac{v_0}{b} e^{-\frac{v_0 t}{b}} \right)}{b \left(\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b^2} \right)} \right] \operatorname{tg}\beta_0 \quad (11.11)$$

bo'lib, bunda τ — ipyetaklagichning terslanish vaqti; t — joriy vaqt. $\operatorname{tg}\beta = 0,95 \operatorname{tg}\beta_0$ deb,



11.1-rasm. Chetki o'ramlarning ipyetaklagich terslanish vaqtiga bog'liq joylashuvi sxemasi:

a) oniy terslanish; b) oniy to'xtash va to'xtalish; d) chetki o'ramlarning joylashuvi chizilmasi.

$$e \frac{v_0}{b} + \frac{v_0 \left(\frac{v_0}{b} \cos \frac{\pi t}{\tau} + \frac{\pi}{\tau} \sin \frac{\pi t}{\tau} \frac{v_0}{b} e^{-\frac{v_0 t}{b}} \right)}{b \left(\frac{\pi^2}{\tau^2} + \frac{v_0^2}{b^2} \right) + 0,95} = 0 \quad (11.12)$$

tenglamani olamiz.

Olingan tenglamaning yechimi chetki o'ramning yotqizilish vaqtini beradi.

Shunday qilib, ko'rilgan holatlarning hammasida chetki o'ramning yotqizilish vaqti ipyetaklagichning terslanish vaqtidan ancha katta bo'ladi (10.1-d rasm).

11.4. O'ralish shakl nuqsonlari va ularning oldini olish

11.4.1. O'ralish shakl kamchiliklari va ularning sabablari

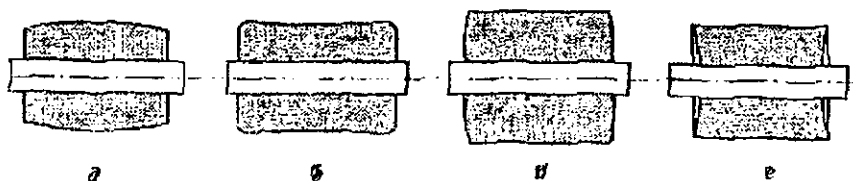
O'ralish jismlari shakl kamchiliklariga asosan quyidagilar kiradi: g'undasimonlik, egarsimonlik, qabariq yonbosh (yonbosh pastki qatlamlarining bosim ostida qabarib chiqishi), botiq yonbosh (yonbosh yuqori qavatlarining uzayib ketishi) va h.k. (11.2-rasm).

Ushbu nuqsonlarning paydo bo'lish sabablarini ko'rib chiqamiz.

G'undasimon shakl (11.2-*a* rasm) silindrik joylama o'ralayotganda ipyotqizgich harakatining o'rtada sekinlashuvi va chekkalarda tezlashuvi tufayli yuzaga keladi. Natijada joylamaning o'rta qismiga nisbatan ko'proq, yonboshlariga yaqin sohalarga nisbatan ozroq ip o'raladi. Bundan tashqari, bunday nuqsonga o'rash ustivorligining buzilishi sabab bo'lishi mumkin, bunda joylamaning tanasi ezilib, chekka o'ramlarning tushib ketishi ham mumkin.

Egarsimon shakl (11.2-*b* rasm) ko'p holda ipyotqizgichning qaytishi sohalarida harakat tezligi kamayib ketishi sababli paydo bo'ladi. Kesishuvli o'rash joylamalari deyarli hamma vaqt u yoki bu darajada egarsimon bo'ladi va bu joylama yonboshlarining ortiqcha zichlashib ketishi bilan birga namoyon bo'ladi. Shuningdek, bunday shakl nuqsoniga ishqalanishli o'ralishda o'rash paytida joylama o'qining o'rov vali o'qiga nisbatan qiyshayishi ham sabab bo'lishi mumkin.

Qabariq yonbosh shakl (11.2-*d* rasm) qiya kesishuvli silindrik o'rashda ancha tarqalgan bo'lib, o'ralish ichki qatlamlarning tashqi qatlamlar bosimi ta'sirida ikki yonbosh tomonga siqilib chiqishi natijasida to'g'ri konuslikka o'xshash qabariqlik hosil bo'lishida ko'rinadi. Buning sababi ipning o'ralish tarangligining ortiqcha bo'lishi, shuningdek, joylamaning o'rash valigi bosimining katta bo'lishi mumkin.



11.2-rasm. O'rash shakl nuqsonlari sxemasi:

a) g'undasimon; b) egarsimon; d) qabariq yonbosh; e) botiq yonbosh.

Botiq yonbosh shakl (11.2- e rasm), odatda, o'rash diametri ortib borishi davomida ipyotqizgich ko'zi bilan ipning joylmaga tushish nuqtasi orasidagi masofaning kamayib borishi natijasida hosil bo'ladi. Bunda joylama yonboshlari teskari konuslikka ega bo'ladi. Bu nuqson o'z navbatida joylama yonboshlaridagi o'ramlarning tushib ketishiga (vatarlar hosil bo'lishiga) olib keladiki, bu ip chuvalganda uzilish ortishiga sabab bo'ladi.

O'ralish nuqsonlarining paydo bo'lishida o'rash masofasi b ning anchagina ahamiyati bor. Masalan, joylma chetlarining zichlashuvi muayyan va o'rash masofasi kattaligiga bog'liq uzunlikda ro'y beradi.

Yana bir muhim omil — terslanish jarayonida chetki o'ram ko'tarilish burchagi avval nolgacha kamayib, keyin yana belgilangan texnologik qiymatgacha kattalashadi. Bu holat ham joylama yasovchisi chetlarida joylashgan va muayyan qonun asosida hisoblab topiladigan masofada yuz beradi. Bu masofada joylama o'rtalarida shunday masofaga qaraganda ko'proq ip o'ralib, zichlashuv paydo bo'ladi. Bu zichlashuv sohasining o'lchamlari yotqizish mexanizmi tuzilishi, uning qismlarining yeyilishi darajasi, yotqizish burchagiga va h.k. bog'liq bo'ladi.

Yuqorida ko'rsatilganlardan ma'lum bo'ladiki, joylamaning shakli nuqsonlari, asosan, o'ralish qonuniyatining talab qilingan ko'rinish va ko'rsatkichlaridan chetlanishi oqibatida yuz beradi.

Bu nuqsonlarning oldini olish yoki zararini mumkin qadar kamaytirish uchun ularning paydo bo'lish xususiyatlarini batafsilroq ko'rib chiqishimiz kerak.

11.4.2. Terslashish jarayonida shakli nuqsonlar paydo bo'lishi va ularning oldini olish

Ipyotqizgichning qaytish sohasida va vaqtida harakati xususiyatlarini ko'rib chiqaylik.

Masalan, ipyotqizgich doimiy v_0 tezlik bilan harakat qilib kelib, qaytish sohasida to'xtasin va t_1 vaqt davomida to'xtab tursin. Unda shu vaqt davomida o'rash nuqtasi mana bu qonuniyat asosida harakat qiladi:

$$y = b \left[1 - \exp\left(\frac{-v_0 t}{b}\right) \right] \operatorname{tg} \beta_1, \quad (11.13)$$

bu yerda: b — o'rash masofasi bo'lib, ipyotqizgich ko'zidan o'rash nuqtasigacha joylama o'qiga tik yo'nalish bo'yicha masofaga teng;

β_1 — o'ramlarning joylama o'rta sohasida ko'tarilish burchagi. Huddi shu paytda chetki o'ramning ko'tarilish burchagi β quyidagicha o'zgaradi:

$$\operatorname{tg}\beta = \exp\left(-\frac{v_0 t}{b}\right) \operatorname{tg}\beta_1, \quad (11.14)$$

bu yerda $0 \leq y \leq b \operatorname{tg}\beta_1$; $0 \leq t \leq t_1$.

Qaytishda o'rash nuqtasi boshqa qonuniyat bo'yicha harakat qiladi:

$$y = \frac{bv_2}{v_0} \left[\frac{v_0 t}{b} - 1 + \exp\left(-\frac{v_0 t}{b}\right) \right]. \quad (11.15)$$

U holda:

$$\dot{y} = v_2 \left[1 - \exp\left(-\frac{v_0 t}{b}\right) \right], \quad (11.16)$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{v_2}{v_0} \left[1 - \exp\left(-\frac{v_0 t}{b}\right) \right] = \left[1 - \exp\left(-\frac{v_0 t}{b}\right) \right] \operatorname{tg}\beta_2. \quad (11.17)$$

Amaliy tadqiqotlar natijalaridan kelib chiqib $\operatorname{tg}\beta = 0,95 \operatorname{tg}\beta_2$ deb olsak, unda

$$t = t_2 = \frac{3b}{v_0}. \quad (11.18)$$

t_2 vaqt davomida o'rash nuqtasi o'rash jismi yasovchisi bo'ylab o'tadigan yo'li

$$y_2 = 2b \operatorname{tg}\beta_2. \quad (11.19)$$

Oxirgi bog'lanish shuni ko'rsatadiki, qaytish yoki to'xtash vaqtidan qat'iy nazar, joylamaning shakl va strukturasi sezilarli buziladigan uzunligi $2b \operatorname{tg}\beta_2$ ga teng. Bu uzunlikni kamaytirishga faqat b va β ko'rsatkichlarini imkon qadar kichik kattaliklarga yetkazib erishish mumkin.

Joylama chekkalarining shakli va strukturaviy buzilishlari bundan tashqari ipyotqizgich qaytishining qonuniyati va vaqtiga bog'liq.

Agar ipyotqizgichning chekkada to'xtalish vaqti t_1 bo'lsa, bu vaqtda o'rash nuqtasining bosgan yo'li

$$y_1 = b \left[1 - \exp\left(-\frac{v_0 t_1}{b}\right) \right] \operatorname{tg}\beta_1, \quad (11.20)$$

$$t_1 = \frac{3b}{v_0} \text{ bo'lganda } y_1 = 0,95btg\beta_1 \quad (11.21)$$

bo'ladi, ya'ni bu vaqtda o'rash nuqtasi $y_{1\max} = btg\beta_1$ ning 95% ni o'tadi.

Oniy qaytishda

$$y_{1\max} = 0,307btg\beta_1. \quad (11.22)$$

Ko'rilgan holatlarni umumlashtirib, ip joylama chekkalarida tenglamasi o'rash jarayonlari ko'rsatkichlari ($v_0, v_2, \beta_1, \beta_2$), ko'zdan ip yotish nuqtasiga masofa b va ipyotqizgich qaytish vaqti bilan belgilanadigan egrilanma bo'yicha yotar ekan (11.2- d rasm).

Oniy qaytishda chetki o'ram $M_0M_1M_2$ egrilanma bo'yicha yotadi.

Egrilanma $M_0M_3M_4$ ipyotqizgichning qaytish vaqti $t = \frac{3b}{v_0}$ ga to'g'ri

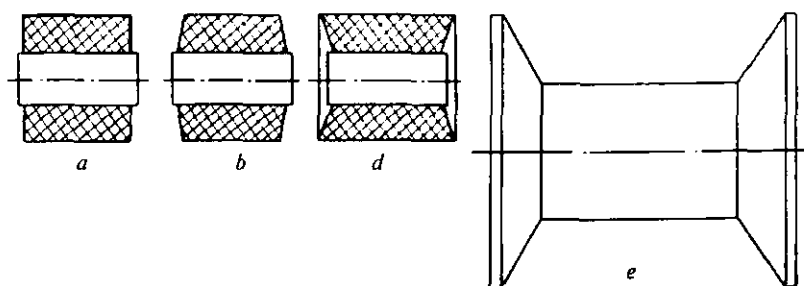
kelsa, $t_1 > \frac{3b}{v_0}$ da chetki o'ram $M_0M_3M_5M_6$ egrilanma bo'yicha yotadi.

Joylama shakli va strukturasi nuqtai nazaridan eng yaxshi egrilanma $M_0M_1M_2$, eng yomoni $M_0M_3M_5M_6$ egrilanmadir. Birinchi holda chekkalarning zichlashuvi eng kam va chetki o'ramlarning yonboshdan tashqariga tashlab yuborilishi amalda yo'qqa chiqarilgan. Ikkinchi holda esa chetki o'ramlarning ommaviy yon boshdan tashqariga chiqib ketishi va vatarlar hosil bo'lib joylama chetlarining sochilishi yuz beradi.

Lekin qaytish oniy bo'lib, chetki o'ram $M_0M_3M_4$ egrilanma bo'yicha yotganida o'ram ustivorligi eng kam bo'lib, u salgina mexanik ta'sir ostida joylama o'rtasiga tortilib ketib, joylama strukturasi buzilishini esdan chiqarmaslik kerak. Shuning uchun amaldagi eng maqbul yo'l — terslanishni chekli vaqt ichida bajarilish va chetki o'ram har ikkala holat orasida bo'lishini ta'minlash. Buning bir varianti shu ko'rilgan $t_1 = \frac{3b}{v_0}$ vaqt davomida ipyetaklagichning to'xtalishi va chetki o'ramning oraliq $M_0M_3M_4$ egrilanma bo'yicha yotqizishdir.

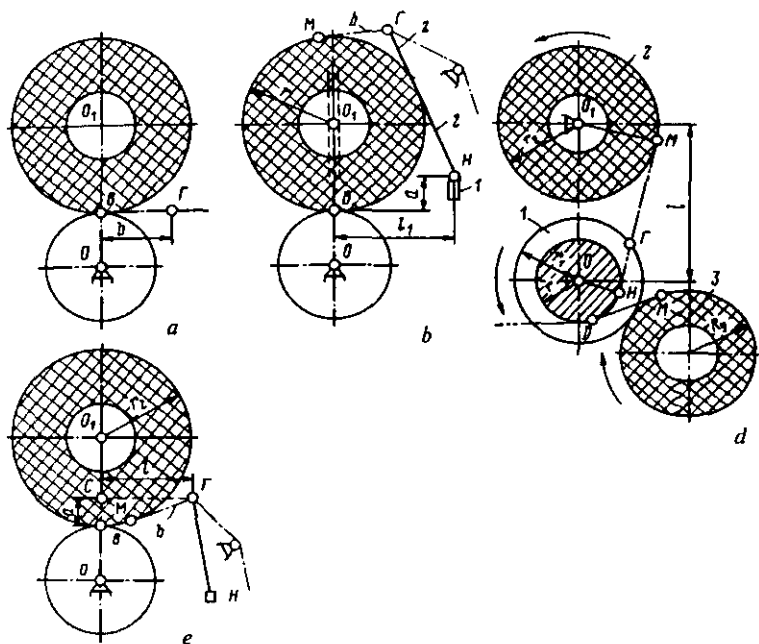
11.4.3. Shakliy nuqsonlarning paydo bo'lishi va ularni yo'qotishda o'rash masofasining ahamiyati

Qo'yilgan masalani terslanish jarayonida o'rash masofasi b ning o'zgarishi va uning ahamiyatini ko'rishdan boshlaymiz.



11.3-rasm. Silindrik joylama o'ralish shakllari sxemasi:

a) o'rash masofasi b doimiy; b) o'rash masofasi b ortib boradi; d) o'rash masofasi b kamayib boradi; e) g'altak.



11.4-rasm. O'rash masofasining o'zgarish qonunini aniqlashga doir sxemalar:

a) ip yetaklagich ko'zi K OO_1 chiziqqa perpendikulardagi B nuqtada yotadi; b) ko'z K joylama yuzasidagi sirpanuvchi ushlagichda joylashgan; d) ip 2 joylamani aylantirmaydigan va 3 joylamani aylantiradigan ariqchali mushtak bilan yotqiziladi; e) ko'z K joylamaga tegmaydigan ushlagichga joylashgan.

Buning uchun t o'rniga t_2 qo'yib va y_1 ni ayirib, yuqoridagi (11.13) dan yotqizish uzunligining joylamaning bir tomonidan kamayishini topamiz:

$$\Delta L = b \operatorname{tg} \beta_1 - y_1 = b \exp\left(-\frac{v_0 t_2}{b}\right) \operatorname{tg} \beta_1. \quad (11.23)$$

(11.23) formuladan ko'rinishicha boshqa sharoitlar bir xilligida ΔL o'rash masofa o'zgarishiga qarab o'zgaradi. Shuning uchun to'g'ri yonboshli joylama (11.3- *a* rasm) olish uchun chetki o'ramlarni ustivorlik sohasida joylashtirish va o'rash jarayonida $b = \text{const}$ shartni saqlash lozim.

Agar o'rash masofasi oshib borsa, joylama diametri ortishi bilan o'rash jismi uzunligi kamayib boradi va tashqariga qiyalangan yonbosh hosil bo'ladi (11.3- *b* rasm). Masofa b ning kamayib borganida esa ichkariga qiyalangan yonbosh hosil bo'ladi (11.3- *d* rasm).

Ko'pgina mashinalarda o'rash masofasi joylamani o'rash jarayonida u yoki bu tomonga o'zgaradi. Masalan, halqa yigiruv mashinalarida o'rash masofasi $b = \sqrt{R_h^2 - R_j^2}$ (R_h — halqa radiusi, R_j — joylama radiusi) bog'lanish bo'yicha kamayadi.

Agar o'rash to'g'ri flanetsli g'altaklarga amalga oshirilsa, b ning kamayishi hisobidan yotqizish uzunligi ortadi va joylama o'ralib bo'lishiga g'alataklarning chetki gardishlari flanetslari yonida shishuvlar (shishmalar) hosil bo'ladiki, bu shu jumladan o'q yo'nalishida flanetslarga anchagina bosim ko'rsatadi. Bunday joylamalardan ip yomon chuvaladi, ba'zida esa qopqalar sinishi mumkin. Shishuvlarni yo'qotish uchun g'altakning chetki gardishlarida ichki tomondan qiyalama ko'zda tutilishi kerak (11.3- *e* rasm). Qiyalamalarni (11.23) formulaga binoan loyihalash lozim.

Ishqalanishli-friksion yuritmadan uchta holatning hammasi ham kuzatilishi mumkin: $b = \text{const}$ (11.4-*a* rasm); b o'rash jismi diametri ortishi bilan ortadi (11.4- *b* rasm), b o'rash jismi diametri ortishi bilan kamayadi (11.4- *d*, *e* rasm).

11.4- *a* rasmda ipyotqizgichning ko'zi K OO_1 markazlar chizig'idagi friksion silindr va o'rash jismining tegish nuqtasi B ga tushirilgan perpendikular, ya'ni tikchiziqda yotibdi. Agar joylamani o'rash paytida markaz chizig'i holati o'zgarmasa, o'rash jismi radiusi kattaligidan qat'iy nazar $b = \text{const}$ bo'ladi.

Agar markaz chizig'i holati o'zgarsa, $b = \text{const}$ bo'lishi uchun ip hamma vaqt friksion silindrga tushishi kerak.

11.4- b rasmda ipyetaklagich ko'zining tutgichi 2 o'rash tanasiga yopishib turadi va u bo'ylab dasta l ning ilgarilanma-qaytma harakatlari sirpanadi.

Bu holda $b \approx l - \sqrt{l_1^2 + a^2 - 2ar}$, ya'ni o'rash tanasi diametri ortishi bilan masofa ham ortadi.

$a = 0$ da $b = l - l_1 = \text{const}$, $a < 0$ da esa $b = l - \sqrt{l_1^2 + a^2 + 2ar}$ (11.24) bo'ladi.

Agar ip yotqizish friksion silindrda ochilgan o'rama ariqcha yordamida amalga oshirilsa (11.4- d rasm), o'rash tanasining har qanday joylashuvida b kattaligi o'rash tanasi radiusi R_y ortishi bilan biroz ortadi:

$$b = DM = (r + R_y) \sqrt{\frac{(\eta + R_y)^2}{(r + R_y)^2} - 1}. \quad (11.25)$$

Formuladan ko'rinadiki, ariqcha chuqurligi qancha oz bo'lsa, b shuncha kichik bo'ladi. 11.4- e rasmda ko'z KOO_1 markaz chizig'ida O_1 va B nuqtalar orasidagi C nuqtada tushirilgan tik chiziqli yotibdi.

Bu holda:

$$b = \sqrt{l^2 + (r_2 - a)^2 - r_2^2} = \sqrt{l^2 + a^2 - 2ar_2}, \quad (11.26)$$

bu erda a — B va C nuqtalari orasidagi masofa.

O'rash tanasining ishqalanishsiz yuritishda 11.4- d rasm ip o'ram (vint) ariqcha yoki taroqcha yordamida yotqizilsa, unda o'rash masofasi:

$$b = \sqrt{l^2 - (l^2 - (r_2^2 - r)^2)} \quad (11.27)$$

bo'lib, bu yerda r — o'rash ariqchali yotqizgich o'zagining radiusi.

O'rash tanasi diametrining ortishi bilan o'rash masofasi b kamayadi.

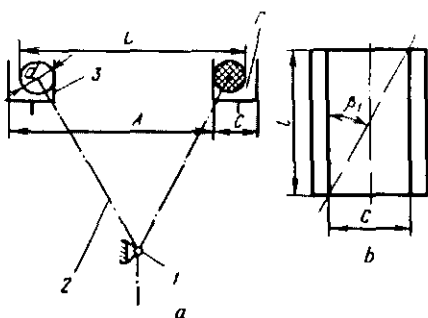
11.4.4. O'rash chizig'ining amaldagi uzunligini aniqlash

Qator shakli nuqsonlar o'rash yoki ipyotqizish chizig'ining uzunligi o'zgarishi bilan bog'langanligi uchun uning amaldagi uzunligini aniqlash masalasini ko'rib chiqamiz.

Umumiy holda bu uzunlik L_1 :

$$L_1 = A - 2\Delta L - C + 2d \quad (11.28)$$

ifoda bo'yicha aniqlanishi mumkin bo'lib (11.5- rasm), bu yerda



11.5- rasm. O'rash chizig'ining uzunligini aniqlash (a) va ipyetaklagich ko'zi qirrig'ining o'lchamlarini topish (b) sxemasi.

A — ipyetaklagichning harakat qulochi; C — ipyetaklagich ko'zi qirrig'ining kengligi; ΔL — joylamaning bir tomonida o'rash chizig'ining qisqarishi; d — ipning yo'g'onligi.

Agar 3 ipyetaklagichning borib-kelish harakatida o'ralayotgan ip 2 ko'z qirrig'i devorlarining goh biriga, goh ikkinchisiga tegib o'tadigan bo'lsa, o'rash chizig'i qisqaradi va bu holat ip yo'naltirgich 1 yotqizish chizig'i L chegaralarida yotgan bo'lganida ro'y beradi.

Ipyetaklagichning uzluksiz yetaklanishi uchun qirriq kengligini

$$l = C \cot \beta_1 \quad (11.29)$$

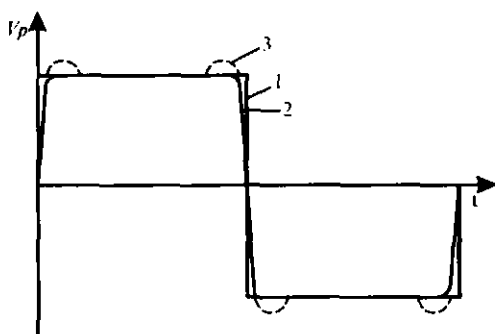
formula bo'yicha aniqlash kerak (11.5- b rasm).

Halqaviy mashinalarda ip doim yugurdakning yuqori yoyi bilan tegishib turadi. Shuning uchun bu holda $S = 0$.

Agar $l = C \cot \beta_1$ bo'lsa, ip bir devordan ikkinchisiga o'tguncha ipyetaklagich to'xtab turgani singari harakat qiladi va joylama yuzasiga shunga mos holda yotadi. Qirriq ortiqcha keng bo'lsa, ipyo'naltirgich ko'zi ro'parasida zichlangan halqa paydo bo'ladi.

11.4.5. Ipyotqizgich harakat qonunini tuzatish

Yuqorida aytilganidek, ipyotqizish harakat qonunini to'g'ri tanlash ko'p hollarda o'rash nuqsonlarining oldini olishga imkon beradi. Masalan, g'undasonlik ipyotqizgich harakatining silindrik o'rashda doimiy tezlik va konik o'rashda to'g'ri chiziqli bog'lanishli tezlik qonuniyatlarini qo'llash bilan yo'qotiladi. Egarsimonlikka kelsak, bu nuqson butunlay yo'qotilishi qiyin, ammo u anchagina ipyotqizgichning tezligini oshirish kerak deb hisoblaydilar (11.6- rasm). Lekin bu inersion yuklanishlarning ortishi, zarb hosil bo'lishiga olib kelishi sababli maqsadga muvofiq emas. 11.5- rasmda egrilanma l — oniy



11.6- rasm. Nazariy 1, amaliy 2 va tuzatilgan 3 ipyotqizish hamda terslanish qonuniyatlari grafiklari.

qaytishga tegishli ideal qonun, 2 — amaldagi real qonuniyat. Bunda joylama chetlarida yotqizgich tezligi pasayadi va zichlashuv ro'y beradi va muayyan egarsimonlik hosil bo'ladi. Ammo zichlashuv ideal qonunda ham sodir bo'ladi, chunki ip muvozanatvorlik sharti bo'yicha ma'lum traektoriya bo'yicha yotadi. Egrilanma 3 — zichlikni qisman tenglashtirish uchun qaytish sohasida ipyotqizgich tezligi o'rta qismiga qaraganda oshiriladi.

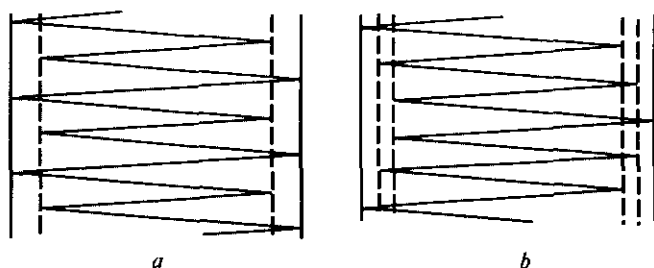
11.4.6. Joylamalar chetlarini yumshatish usullari. Nafas va tarqoqlantirish mexanizmlari

Joylama chetlarida zichlikni kamaytirish uchun boshqa usullar ham ishlatiladi. Ular yotqizgich ko'zining qaytish sohalarining holatini davriy siljitishga asoslangan. Buni boshqarish uchun joylamaning nafas mexanizmi va *tarqoqlashtirish mexanizmi* ishlatiladi.

Bu usullarda yotqizgich harakat qonunlari 11.7- rasmda keltirilgan.

Nafas mexanizmi yotqizgich harakat qulochi kattaligini davriy qisqartirishga asoslangan. Bunda joylama o'z kengligini (uzunligini) o'zgartirib, go'yoki „nafas“ olganday bo'ladi (11.7- a rasm). Tarqoqlantirish mexanizmlari esa yotqizgichning harakat qulochi kattaligini o'zgartirmay joylamaga nisbatan davriy siljitishga yoki yotqizgichni siljitmay, joylamani o'z o'qi bo'ylab davriy siljitishga asoslangan. Ikkala holda ham deyarli bir hil samara olinadi.

Yuqoridagilardan xulosa qilish mumkinki, o'rashning asosiy shakl nuqsonlarini quyidagicha yo'qotish mumkin:



11.7- rasm. Ipyotqizgichning „nafas“ mexanizmi (a) va tarqoqlantirish mexanizmi (b) qoʻllagandagi harakat qonuniyatlari sxemalari.

- ipyotqizgich koʻzining joylama oʻqi boʻylab harakat qonunini toʻgʻri tanlash;
- ipning oʻrash tarangligini toʻgʻri tanlash;
- joylamani oʻrash valiga bosilish kuchini oʻrash diametri oʻsi-shi bilan oʻzgarish qonunini toʻgʻri tanlash;
- joylama oʻqining oʻrash vali oʻqiga nisbatan qiyshayishiga yoʻl qoʻymaslik;
- koʻz oʻrnatilgan dastakning tebranish oʻqi koordinatalarini toʻgʻri tanlash;
- oʻrash davomida joylama oʻqining siljish traektoriyasini toʻgʻri tanlash;
- joylama yonboshlarini yumshatish usul va mexanizmlarini qoʻllash.

11.5. Oʻralish struktura kamchiliklari va ularning paydo boʻlish sharoitlari

Oʻrashda struktura kamchiliklari oʻrash kinematik parametrlarining muayyan oʻzaro nisbatlari sodir boʻlganda yuz beradi va ular oʻralish birtekisligining buzilishi, oʻralish strukturasining oʻzgarishi singari nuqsonlar sifatida namoyon boʻladi. Berilgan strukturadan chetlanish va oʻrash zichligidagi notekisliklar qoida tariqasida joyla-maning texnologik, moliy va isteʼmoliy xususiyatlarini yomonlash-tiradi.

Ilgari biz tanishgan strukturalardan tasmasimon va tolimsimon tuzilishlar nuqsonli hisoblanadilar. Lekin aytib oʻtish lozimki,

tasmasimon o'ralish bir qator holatlarda, masalan, tikuv iplarini g'altak qilib o'rashda ishlatiladi. Agar joylamaning suyuqliklar va bug' bilan ishlovi ko'zda tutilgan bo'lsa, unda tasmasimon o'ralish albatta nuqson bo'ladi. Tolimsimon o'ralish har qanday holatda ham nuqson hisoblanadi.

11.5.1. Qoplovli, uyasimon, tasmasimon va tolimsimon o'ralishlar

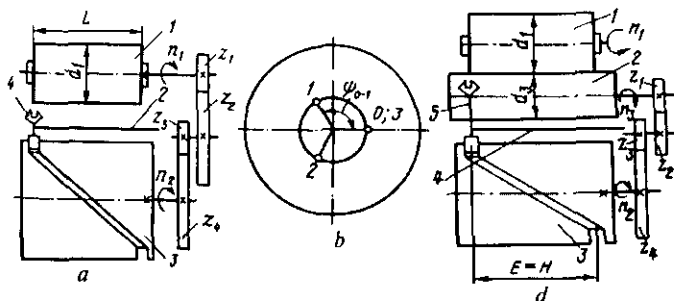
Endi kesishuvli o'ralishda turli strukturalar hosil bo'lish sharoitlarini ko'rib chiqaylik. Hozirgacha qoplovli, uyasimon, tasmasimon va tolimsimon o'ralishlarning bir-birlaridan ajratuvchi aniq miqdoriy me'zoni mavjud emas va ular ko'proq tashqi ko'rinishlari bo'yicha u yoki bu o'ralishga mansub deb hisoblanadi.

Faqat shuni aniq aytish mumkinki, tolimsimon o'ralish qo'shni qoplamlarga mansub bir yo'nalishdagi o'ramlar orasidagi masofa ip diametridan oz bo'lganida yuz bersa, teng yoki bir oz katta bo'lganida tasmasimon o'ralish yuz buradi. Aytilgan masofaning bunday keyingi oshishi qoplovli struktura hosil bo'lishiga olib keladi.

O'rash mexanizmining o'ralish strukturasini belgilovchi asosiy parametri — bu ipyetaklagichning borib-kelish va o'rash jismining aylanish sonlarining nisbatidir. Daqiq o'rash mexanizmlarida bu nisbat doimiy kattalikdir, shuning uchun ularda joylamalar mexanizm kinematikasi bilan belgilangan boshidan oxirigacha o'zgarmas struktura bilan o'raladi. Noaniqat yoki ishqalanishli o'rash mexanizmlarida esa bu nisbat joylama diametri o'sishi bilan to'xtovsiz o'zgarib boradiki, bu o'ralish strukturasining ham diametr o'sishi bilan to'xtovsiz o'zgarib turishiga olib keladi.

11.5.2. Pretsizion o'ralishda tasma va tolim hosil bo'lish shartlari

Joylama o'ralishida ipyotqizgich uning o'qi bo'ylab borib-keluvchi harakat qilib, ipni spiral chiziq bo'ylab yotqizadi. Ipyotqizgichning qaytishida spiral yo'nalishni teskariga almashtiradi. Shu narsa sodir bo'ladigan eng chetki nuqtada yotqizish burchagi nolga teng bo'ladi va bu nuqta spiralning burilish nuqtasi deb ataladi. Shunday qilib, ipyotqizgichning bir borib-kelishida o'rash tanasining ikkala yonboshida bittadan spiral burilish nuqtasi hosil bo'ladi. Tolimsimon va tasmasimon o'ralishlarda burilish nuqtalari yonma-yon joylashadi. 11.8- rasmda pretsizion yotqizish mexanizmi chizilmasi berilgan. Agar z_1, z_2, z_3, z_4 g'ildiraklar tishlari soni va n_1, n_2 o'rash jismi aylanishlari va



11.8- rasm. Hisob chizmalari:

a) pretsizion o'rash mexanizmi uzatish sonini aniqlash (1—o'rash jismi, 2—ipyotqizgich, 3—mushtcha, 4—ipyetaklagich); b) siljish burchagi j ni topish (1, 2—chetki o'lchamlarning qaytish nuqtalari); d) o'rash jisini ishqalanishli yuritish mexanizmi uzatish sonini topish (1—o'rash jismi, 2—ishqalanish silindri, 3—mushtcha; 4—ipyetaklagich, 5—ipyotqizgich).

ipyotqizgichning borib-kelishlari sanamlari bo'lsa, mexanizmning uzatish soni quyidagicha bo'ladi:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3}. \quad (11.30)$$

Uzatish soni ipyotqizgichning bir marta borib-kelishiga o'rash jismining necha marta aylanishi to'g'ri kelishini ko'rsatadi. Tish sonlari butun sonli bo'lishi tufayli umumiy holda i surat va mahraji butun sonlar bo'lgan oddiy kasrdir. Agar i butun son bo'lsa ipyotqizgichning bir marta borib-kelishi davomida o'rash jismiga butun sonli o'ramlar yotqiziladi va keyingi spirallarning burilish nuqtalari ustma-ust tushadi. Natijada yuqorida aytilganiday keyingi qoplamdagi o'ramlar oldingi qoplamdagi yo'nalishi mos o'ramlar ustiga tushadi va tolimlar hosil bo'ladi. Agar i nobutun son bo'lsa, uning qiymatini ikkita qo'shiluvchi sifatida ko'rsatish mumkin:

$$i = \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} = A + \frac{B}{C}, \quad (11.31)$$

bunda: A —ipyotqizgichning bir borib-kelishi davomida yotqizilgan butun o'ramlar soni; B/C — shu paytda yotqizilgan o'ramlar sonining nobutun qismi, C —qatlam o'rash davrasida ipyotqizgichning butun sonli borib kelishlari. $z_1=21$, $z_2=46$, $z_3=23$, $z_4=56$ bo'lganida

$$i = \frac{46 \cdot 56}{21 \cdot 23} = \frac{16}{3} = 5 + \frac{1}{3}. \quad (11.32)$$

(11.31) va (11.32) larni solishtirib quyidagini olamiz:

$$A = 5, B = 1, C = 3.$$

11.8- *b* rasmda o'rash tanasining yonboshi ko'rsatilgan. Kichik aylana o'rash jismining boshlang'ich o'lchamini, katta aylana esa joriy o'lchamini ko'rsatadi.

Ayaylik o'ramlarni yotqizish va ϕ burchakning sanog'i 0 nuqtadan boshlansin. Unda ipyotqizgichning birinchi borib-kelishida beshta butun o'ram va yana uchdan bir o'ram o'raladi va shu on spiral yo'nalishini o'zgartirib, birinchi burilish nuqtasini hosil qiladi. Bu burilish nuqtasi boshdagi 0 nuqtadan aylananing uchdan bir qismi yoki 120° masofada yotadi. Spiralning shu yonboshidagi ikkinchi burilish nuqtasi ipyotqizgichning ikkinchi borib-kelishidan keyin boshdagi 0 nuqtadan 240° , oldingi burilish nuqtasidan 120° masofada yotadi. Ipyotqizgichning uchinchi borib-kelishidan keyingi uchinchi burilish nuqtasi boshdagi 0 nuqta ustiga tushadi va o'rashning bir davrasi tugaydi. Shunday qilib, o'rash qatlami uchta qoplam yoki 6 ta qavat, yoki 16 ta o'ramdan iborat bo'ladi va mazkur bir qatlam ipyotqizgichning 3 marta borib-kelishi davomida yotqiziladi.

Umumiy holda, ikki ketma-ket qo'shni burilish nuqtalari orasidagi burchak masofa:

$$\psi_{01} = \frac{2\pi B}{C}; \quad \psi_{01} = \frac{360B}{C}. \quad (11.33)$$

O'rash davrasida joylamaning yonboshida C ta bir biridan bir xil uzoqlashgan burilish nuqtalari hosil bo'ladi.

Ikkita tartib raqami A ga farq qiluvchi qo'shni burilish nuqtalari orasidagi burchak masofa:

$$\psi_1 = \frac{2\pi}{C} \quad \text{yoki} \quad \psi_1 = \frac{360^\circ}{C}. \quad (11.34)$$

Ko'rish mumkinki, C raqami qancha katta bo'lsa, ψ_1 burchak shuncha kichik, joylama strukturasi shuncha qoplovliroq bo'ladi. Joylama strukturasi, asosan, ψ_{01} qiymati 0 yoki 360° ga yaqin bo'lsa, ketma-ket qoplamlardagi o'ramlar o'zaro juda yaqin joylashadi. Buning natijasida, yuqorida ko'rib o'tilganidek uyasimon, tasmasimon va tolimsimon o'ralish strukturalari hosil bo'ladi. Bir tekis qoplovli struktura hosil qilish uchun ψ_{01} burchak qiymatini 5° dan kam qilmay olinishi va unga 360 bilan umumiy ko'paytuvchisiz kattalik berilishi kerak. Masalan: 5,13, 7,77, 13,33, 187,17 va h.k.

O'rash jismi va ipyetaklagich orasida qat'iy kinematik aloqa mavjudligida faqat turli davriylikka ega bo'lgan uyasimon struktura olinishi mumkin. Uyasimon struktura aniqroq namoyon bo'lishi uchun o'rash davrasini kichiklashtirish kerak va aks holda, o'rash davrasini kattalashtirish kerak. O'rash davrasini kattalashtirishda o'rash jismi va ipyotqizgich orasidagi tishli g'ildiraklar tishlarining sonlari umumiy ko'paytuvchilarga ega bo'lmashligi kerak. O'rash davrasini kattalashtirish uchun uzatish sonini taxminan saqlab qolib, uzatmada bosqichlar sonini oshirish kerak bo'ladi. Misol uchun, agar 11.8- a rasmdagi chizilmada $z_1=23$, $z_2=79$, $z_3=47$ bo'lsa, $i = 3713/667 = 5,57$ va $C = 667$ bo'ladi.

Agar yana bir bosqich qo'shib, $z_1=23$, $z_2=z_3$, $z_4=37$, $z_5=29$, $z_6=27$ bo'lsa, $i = 3713/6675 = 5,55$ va $C = 16675$ bo'ladi. Demak, aniq o'rash mexanizmlari qo'llanilganda uzatish sonini tanlash bilan har qanday uzatish oldindan berilgan strukturani olish mumkin.

11.5.3. Oddiy o'rashda nuqson hosil bo'lish xususiyatlari

Oddiy o'rashda, ya'ni joylama va ipyotqizgich orasidagi kinematik bog'lanish noqat'iy o'zgaruvchan bo'lganida strukturalar va ularning nuqsonlari sodir bo'lishi o'z xususiyatlariga ega.

Bunday mashina va avtomatlarda qoida tariqasida o'rash jisini ishqalanuvchan silindr harakatga keltiradi va yotqizish mexanizmi mushtagi (kulachogi) bilan esa qat'iy kinematik aloqaga ega bo'ladi.

11.7- d rasmdan ko'rinadiki, o'rash jismi va ishqalanuvchan silindr orasidagi uzatish soni:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_3 d_3 \eta}{n_2 d_1} = \frac{k \eta}{d_1},$$

$$k = \frac{n_3 d_3}{n_2} = \text{const}, \quad (11.35)$$

bunda: n_1 — o'rash jismi aylanish sanami, n_2 — ipyotqizgichning bori b-kelishlar sanami, n_3 — ishqalanuvchan silindrning aylanishlar sanami, n_4 — mushtchaning aylanishlar soni, η — o'rash jismi va ishqalanuvchi silindr orasidagi sirg'anish koeffitsiyenti.

Joylama o'ralish davomida nafaqat uning diametri, balki sirg'anish koeffitsiyenti η ham o'zgaradi. d_1 va η_0 ning to'xtovsiz va nisbatan sekin o'zgarishi uzatish soni i ning $i_{\max}$ dan $i_{\min}$ gacha kamayishiga

olib keladi. Maksimal uzatish soni $i_{\max}$ ga $d_{l\min}$ va minimal uzatish soni $i_{\min}$ ga $d_{l\max}$ mos keladi.

Uzatish soni i ni ikki qo'shiluvchi yig'indisi sifatida ko'rsataylik:

$$i = A_t + \frac{B_t}{C_t},$$

bu yerda t indeks A , B va C kattaliklar vaqt t ga bog'liq o'zgaruvchilar ekanligini ko'rsatadi. Aytaylik joylamani o'rash paytida $\eta = \text{const}$ va $C = 1500$ bo'lganida d_l diametr 50 dan 250 mm gacha, i esa 30 dan 5 gacha o'zgaradi. Uzatish soni i butun son bo'lgan d_l ning qiymatlari kritik deyiladi, chunki bunda yaqqol ifodalangan tasma — tolim strukturasini hosil bo'ladi.

Bundan tashqari o'rash davrasi C_t ipyotqizgichning 10, 8, 5, 4, 10, 8, 5, 2, 5, 8, 10, 4, 5, 8 va 10 borib-kelishiga teng bo'lganida uzatish soni nobutun bo'lib, verguldan keyin 100, 125, 200, 250, 300, 375, 400, 500, 600, 625, 700, 750, 800, 875 va 900 raqamlariga ega bo'ladi. Mana shu uzatish sonlarida ham tasmasimon struktura hosil bo'ladi. Shunday qilib, har bir qo'shni kritik diametrlar orasidagi oralikda yana o'n beshta „yarimkritik„ diametrlar bo'ladi.

Nazariy jihatdan tasma-tolim strukturasini hosil bo'lishi sharoitlari nodavriy hosil bo'ladi. Shuning uchun tarqoqlantiruvchi mexanizmlar to'xtovsiz ishlashi kerak.

Halqaviy va sentrofugal mashinalarda tasma tolim va uyali strukturalar hosil bo'lishi ko'rilganga o'xshash sodir bo'ladi. Faqat bu holda uzatish soni sifatida ipyuritgichning borib-kelish vaqtida o'ralgan o'ramlar soni ko'zda tutilishi kerak.

Halqa taxtachasi ko'tarilishida so'tachaga $l_1 = vt_1 + L$ uzunlikdagi ip

$$\arccos \beta_1 = \frac{\sqrt{l_1^2 - L^2}}{l_1}$$

burchak ostida o'ralsa, tushishida esa, mos ravishda:

$$l_2 = vt_2 - L \text{ va } \arccos \beta_2 = \frac{\sqrt{l_2^2 - L^2}}{l_2},$$

bu yerda: v — ipni o'rashga berilish tezligi; t_1 — halqaning ko'tarilish vaqti; t_2 — halqaning tushish vaqti; L — halqa shodasining harakat qulochi.

Ipyuritgichning bir tushib-chiqishida o'ralgan ip o'ramlari soni:

$$i = \frac{(l_1 \cos \beta_1 + l_2 \cos \beta_2)}{\pi d_1} = \frac{\sqrt{v^2 t_1^2 + 2vt_1 L} + \sqrt{v^2 t_2^2 + 2vt_2 L}}{\pi d_1} = \frac{K}{d_1}. \quad (11.36)$$

Endi (11.35) va (11.36) larni solishtirsak, ularning shaklan va mohiyatan to'la o'xshashligi ko'rinadi. Shuning uchun yuqoridagi ishqalanuvchan o'rashga doir mulohazalar to'la halqaviy va sentrofugal mashinalarga ham taalluqlidir.

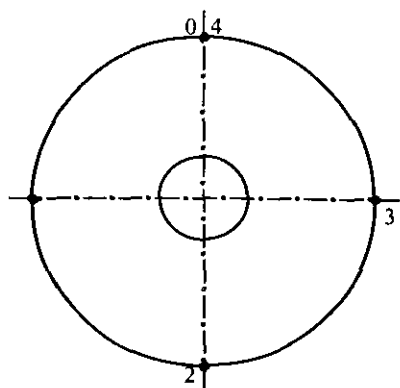
11.6. O'ralish struktura kamchiliklarini yo'qotish va oldini olish usullari

11.6.1. Tolimning miqdoriy ko'rsatgichlari

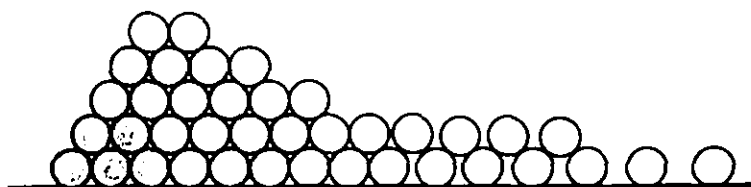
Bizga ma'lumki, tolim turli qoplamlarga mansub o'ram iplarining orasidagi masofa nol bilan ip diametrili oralig'ida bo'lganida yuz beradi. Bu quyidagi shartda ifodalanishi mumkin:

$$\frac{T_y}{T_j} = A + \frac{B}{C} \pm \delta. \quad (11.37)$$

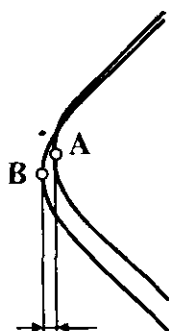
Bu yerda T_y , T_j ipyuritgich borib-kelishi va joylama aylanish davrlari $A - T_y$ davrda o'tqizilgan butun sonli o'ramlar soni; B/C shu davr ichida o'ralgan nobutun o'ram, bunda C —tolimning karraligini ko'rsatadi, δ — tolimdagi o'ramlarning o'zaro siljishiga mos o'ramning ma'lum qismi. Bu siljish kattaligi o'ram spirallarining joylama yonboshida burilish nuqtalarining burchak siljishi orqali ifodalanishi mumkin (11.8- rasm):



11.9- rasm. Tolim hosil bo'lishi.



11.10- rasm. Tolim (bo'yalgan) va tasmaga (bo'yalmagan) kiruvchi o'ramlar sxemasi.



11.11- rasm. Nafas mexanizmining tolim hosil bo'lish jarayoniga ta'siri sxemasi.

$$\delta = \frac{\psi}{2\pi} = \frac{t}{\pi D \sin \beta}, \quad (11.38)$$

bu yerda D — joylama diametri.

Endi o'ramlarning joylama tanasida o'zaro siljishi t ni ip diametri bilan almashtirsak,

$$\delta = \frac{d}{\pi DC \sin \beta} \quad (11.39)$$

bo'ladi: Endi (11.37) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$A + \frac{B}{C} - \frac{d}{\pi DC \sin \beta} < \frac{T_y}{T_j} < A + \frac{B}{C} + \frac{d}{\pi DC \sin \beta}. \quad (11.40)$$

Endi o'ramlarning joylama yonboshidagi qaytish nuqtalari-ning joylashuvini, masalan, $C = 4$ bo'lganda ko'rsak (11.9- rasm), shu hulosaga kelimizki, $C = 4$ bo'lganida joylama sirtida 4 ta tolim hosil bo'ladi. Bunday tolim T_y/T nisbat turlicha bo'lganida ham yuz berishi mumkin.

Masalan:

$$\frac{3}{4}, \quad 1\frac{3}{4}, \quad 2\frac{1}{4} \text{ va h.k.}$$

Endi tolim o'ralishining karraligidan keyingi muhim ko'rsatgichi — hajmga o'tamiz. Bu ko'rsatgichlar o'zaro bog'langan. Masalan, tolimning karraligi oshganda u umumiy hajmi taxminan bir karrali tolimga teng bo'lgan mayda tolimlarga bo'linadi. Tolimning hajmi undagi iplarning soni bilan belgilanadi va tahminan hisoblanishi mumkin. Tolim hajmini hisoblashning turli usullari taklif qilingan. Masalan, kritik diametrdan o'tishdagi o'ralgan qoplamlar soni orqali yoki shu muddatda o'ralgan ip uzunligi va massasi orqali va h.k. Lekin bu usullar hammasi ancha noaniq bo'lib, tolim hosil bo'lish paytida o'ralish hususiyatlarini hisobga olmaydi. Ushbu hususiyatlardan ba'zilarini ko'rib chiqaylik.

Avvalo amaldagi tolimda tasmasimon o'ralish bo'yicha o'ralgan iplar ham mavjud (11.10- rasm). Rasmdan ko'rinishicha tasmasimon o'ralish bo'yicha o'ralgan iplar (bo'yalmagan) umumiy tolim (bo'yalgan) hajmiga kiradi. Shuning uchun tolimning amaldagi hajmi hisoblab topiladigan katta bo'ladi.

Ikkinchidan, tolim hosil bo'lishida joylama shakli o'zgaradi, natijada ishqalanuvchan kontakt beqarorlashib, joylamaning sirg'anishi ortadi. Natijada o'ralishda kritik diametrdan o'tish vaqti ortadiki, bu ham tolim hajmini amalda oshiradi.

Tolim hajmi to'g'risidagi eng ishonchli ma'lumotlarni hosil bo'lgan tolimni chuvalganda ip o'ramlari sonini sanab tajribaviy yo'l bilan olish mumkin.

11.6.2. Tolimsimon o'ralishning oldini olish usullari

Joylama o'ralishida tolimsimon o'ralish hosil bo'lishining oldini olish uchun u hosil bo'ladigan sharoitlarni vujudga keltirmaslik kerak. Buning uchun o'rashning asosiy parametrlarini to'xtovsiz o'zgartirib turilsa, qo'yilgan vazifa bajariladi.

Hozirgi paytda tolimlarni tarqoqlashtirishning qator usullari bor:

- ipyuritgichning qaytish nuqtasini joylama o'qi bo'ylab davriy siljitish.

- joylama aylanish sanamini o'zgartirish;

- ipyotqizgich ko'zining harakat tezligini o'zgartirish.

Birinchi guruhga kiruvchi usullar joylama chetlarini yumshatish usullari bo'lgan *nafas va tarqoqlovchi* mexanizmlar ish usuli bilan bir xil bo'lib, tolimlarni tarqoqlashtirish uchun ham yaraydilar. Bunda shuni nazarda tutish lozimki, sezilarli samara faqat qaytish nuqtasi yetarli katta masofaga siljirilganda olinadi. Aks holda samara oz bo'lib, tolim yo'qolmasdan yassiroq bo'lib qoladi.

Bu jarayon 11.10- rasmdagi chizilmada ko'rsatilgan. Aytaylik, joylamaga o'ralgan ipning birinchi o'rami A nuqtaga orqaga burilib qaytadi. Ikkinchi tolim hosil qilish mumkin bo'lgan o'ramning burilish nuqtasi B chetga Δ kattalikka siljirilgan. Natijada ushbu o'ram oldingidan ip diametridan kattaroq masofaga siljiydi va tolim hosil bo'lish sharoiti buziladi. Burilish nuqtasining bunday keyingi siljishida keyingi o'ram ham siljiydi, lekin burilish nuqtasining orqa tarafga siljishida o'ramlar eski o'rniga o'raladi. Shunday qilib, nafas mexanizmining umumiy qulochi katta bo'lmasa, tolim o'ralish butunlay yo'qolmaydi va u joylama sirti bo'ylab kengroq joylashadi va yassiroq bo'lib qoladi xolos.

Ikkinchi guruhga kiruvchi usullar ipni o'rashga berish tezligi oson o'zgartirilishi mumkin bo'lgan mashinalarda, masalan, ip boshqa joylamadan chuvab olinadigan bo'lganda qo'llaniladi. Bunday usul o'rov mashinalarida o'rov valini aylantiruvchi elektromotor ta'minotini uziltirib turish yo'li bilan amalga oshiriladi. Bunda joylamalarning tezliklari davriy o'zgaradi. Adabiyotdan ma'lum bo'lishicha, joylamaning o'rov silindriga bosim kuchini davriy o'zgartirib ham joylama tezligini biroz o'zgartirish mumkin. Bu bosim kuchi o'zgarganda joylamaning o'rov vali bilan tutashuv radiusi o'zgarishi hisobiga amalga oshadi. O'z-o'zidan ma'lumki, bu usul joylama past zichliklarda o'ralganda qo'l kelishi mumkin.

Uchinchi guruhdagi usullar o'ralishga berilayotgan ip tezligi o'zgarmas bo'lgan hollarda qo'llaniladi. Bunda yotqizish tezligining davriy o'zgarishi ip tarangligini amalda o'zgartirmaydigan darajada oz bo'lishi talab qilinadi. Bunday usul yigiruv-eshuv mashinalaridagi mexanizmlarda amalga oshirilgan.

Xulosa

Tugayotgan bob o'ralish nuqsonlari, ularni yo'qotish va oldini olishga bag'ishlangan bo'lib, unda biz o'ralish nuqsonlarining asosiy turlari va asosiy sabablari, ipyetaklagichning terslanish jarayoni, to'xtalishsiz va to'xtalishli terslanish masalalari, o'ralish shakl nuqson

va kamchiliklari va ularning sabablari, terslanish jarayonida shaklli nuqsonlar paydo bo'lishi va ularning oldini olish va bunda o'rash masofasining ahamiyati, o'rash chizig'ining amaldagi uzunligi va uning ahamiyati, ipyotqizgich harakat qonunini tuzatish va joylama chetlarini yumshatish usullari, nafas va tarqoqlantirish mexanizmlari, o'ralish struktura kamchiliklari va ularning paydo bo'lish shartlari, qoplovli, uyasimon, tasmasimon va tolimsimon o'ralishlar, pretsizion o'ralishda tasma va tolim hosil bo'lish xususiyatlari, o'ralish struktura kamchiliklarini yo'qotish va oldini olish usullari, tolimning miqdoriy ko'rsatkichlari va tolimsimon o'ralishning oldini olish usullari bilan tanishdik. Bu ma'lumotlar joylama strukturasini loyihalash va nazorat qilish hamda o'rash mexanizmlarini loyihalashda ishlatiladi.

Nazorat savollari

1. O'ralish nuqsonlarining asosiy turlarini sanab bering.
2. O'ralish nuqsonlarining asosiy sabablarini ko'rsating.
3. Ipyetaklagichning terslanish jarayonini tavsiflang.
4. Ipyetaklagichning to'xtalishsiz terslanishi xususiyatlarini aytib bering.
5. Ipyetaklagichning to'xtalishli terslanishi xususiyatlari nimalardan iborat?
6. O'ralish shakl nuqsonlari va ularning oldi qanday olinadi?
7. O'ralish shakl kamchiliklari va ularning sabablari nimalardan iborat?
8. Terslanish jarayonida shakliy nuqsonlar paydo bo'lishi va ularning oldini olish yo'llari ko'rsating.
9. Shakliy nuqsonlarning paydo bo'lishi va ularni yo'qotishda o'rash masofasining ahamiyati qanday?
10. O'rash chizig'ining amaldagi uzunligini qanday aniqlanadi?
11. Ip yotqizgich harakat qonunini tuzatish yo'llarini aytib bering.
12. Joylamalar chetlarini yumshatish usullarini aytib bering.
13. O'ralish struktura kamchiliklarining paydo bo'lish sharoitlarini ko'rsating.
14. O'ralish strukturasining jarayon kinematik ko'rsatkichlariga bog'liqligi nimalarda ko'rinadi?
15. Qoplovli, uyasimon, tasmasimon va tolimsimon o'ralishlarni ta'riflang.
16. Pretsizion o'ralishda tasma va tolim hosil bo'lish shartlarini sanab bering.
17. Pretsizion o'rashda nuqson hosil bo'lish xususiyatlarini ko'rsatib bering.
18. O'ralish struktura kamchiliklarini yo'qotish va oldini olishning qanday usullarini bilasiz?
19. Tolimning miqdoriy ko'rsatkichlariga qaysilar kiradi?
20. Tolimsimon o'ralishning oldini olishning qanday usullarini bilasiz?

12. JOYLAMALARNI BERILGAN KO'RSATKICHLAR BILAN O'RASH

Masalaning qo'yilishi ko'zlangan maqsadga muvofiq turlicha bo'lishi mumkin:

1. O'rash mashinasi yoki mexanizmini loyihalash uchun texnik topshiriq tayyorlash maqsadida o'tkazilgan texnik-iqtisodiy tahlil asosida belgilangan bir necha asosiy ko'rsatkichlar bo'yicha joylama ega bo'lishi kerak bo'lgan boshqa ko'rsatkichlarni dastlabki tarzda aniqlash.

2. Mavjud texnologik jihozda ko'rsatkichlari o'zgargan joylamalar ishlab chiqarish uchun texnologik tayyorgarlik qilish maqsadida jihozlarning o'rash mexanizmi va kinematik sxemasiga kiritiladigan o'zgarishlar ko'rsatkichlarini hisoblash.

3. Mavjud ishlab chiqarish jarayonini maqbullashtirish uchun joylama ko'rsatkichlarini texnologik jarayon bilan birgalikda tahlil qilib, ularni takomillashtirish imkoniyatlarini beruvchi ko'rsatkichlarni hisoblab topish.

Joylamani o'rash masalasi qaysi tarzda qo'yilishidan qat'iy nazar, uning ko'rsatkichlarini hisoblab topishning nazariy asosi o'rashning kinematik tenglamalaridir. Biz yuqorida III va IV boblarda o'rashning kinematik tenglamalari bilan tanishganmiz va u yerda berilgan har qanday shakldagi ipbardorda istalgan shaklli joylamani ip berilish o'zgarmas va o'zgaruvchan tezlikli bo'lganida olishning asosiy tenglamalari, siljish, tezlik va tezlanishlarni topish formulalari keltirilgan. Keyingi boblarda joylamalarning boshqa hamma muhim ko'rsatkichlarini hisoblab topishning nazariy asoslari berilgan.

Mana shu nazariy ma'lumotlar asosida joylamani berilgan ko'rsatkichlar bilan o'rash masalasini ko'rishdan oldin joylamaning sifat ko'rsatkichlari va ularning berilishi bilan tanishamiz.

12.1. O'rashning sifat ko'rsatkichlari va ularning berilishi

O'rashning sifat ko'rsatkichlariga texnologik jarayonda olinishi belgilangan va nazorat qilinadigan quyidagi asosiy ko'rsatkichlar kiradi.

1. *Joylamadagi ipning massasi.* U joylama massasidan ipbardor massasini ayirib topiladi.

2. *Joylamaning shakl va o'lchamlari.*

3. *O'rash zichligi.*

O'rashning boshqa texnologik parametrlari yuqorida ko'rsatilgan ko'rsatkichlarning texnik talablar doirasida bo'lishini ta'minlaydi. Ularga quyidagilar kiradi:

1. O'ramlarning qiyalik burchagi α

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_e}{v_T};$$

v_y — ipyuritgich tezligi;

v_T — ipning joylama sirtiga tushish tezligi.

2. O'ramning qadami h :

$$h = \pi D \operatorname{tg} \alpha;$$

D — o'rash diametri.

3. Qavatdagi ip o'ramlari soni b :

$$b = \frac{H}{h}.$$

4. O'ramlarning kesishuv burchagi, rad

$$\beta = 2\alpha.$$

5. O'ralish zichligi

$$\rho = \frac{M}{V};$$

M — joylamadagi ip massasi, V — o'ralish hajmi.

6. Joylamadagi ip massasi bo'yicha ma'lumotnoma kattaliklari:

a) arqoq naychalarida 19...33 g (ip yo'g'onligiga bog'liq);

b) pishitilgan ip tutaklarida 40...220 g (ip pishitish usuli va ip yo'g'onligiga bog'liq);

d) o'rash so'tachalarida 43...198 g (ip yo'g'onligi va tutak kattaligiga bog'liq);

e) pnevmomexanik yigiruv g'altaklarida 1200...1500 g;

f) yigiruv-eshuv g'altaklarida 1200 g;

g) o'rov mashina g'altaklarida 1800...2500 g.

7. O'ralish zichligi bo'yicha asosiy normativ ma'lumotlar:

a) yigiruv-eshuv so'tachalarida:

o'rish ipi

teks 5,9...8,5 — 0,47...0,46 g/sm³,

teks 10...21 — 0,48...0,47 g/sm³,

teks 25...84 — 0,49...0,48 g/sm³;

b) arqoq

teks 15,4 dan yuqori 0,44...0,46 g/sm³,

- teks 15,4 dan past $0,42...0,41 \text{ g/sm}^3$;
- d) pishitilgan ip
 arqoq $0,5...0,55 \text{ g/sm}^3$,
 o'rish $0,55...0,60 \text{ g/sm}^3$,
 o'rish (xo'l eshish). $0,68...0,72 \text{ g/sm}^3$;
- e) teks 10 gacha ip, konussimon g'altakda
 M150 mashinada o'ralgan — $0,40 \text{ g/sm}^3$,
 autosukda o'ralgan — $0,39 \text{ g/sm}^3$;
- f) teks 10 dan yuqori ip konussimon g'altakda
 M150 mashinada o'ralgan — $0,42 \text{ g/sm}^3$,
 autosukda o'ralgan — $0,42 \text{ g/sm}^3$;
- g) pishitilgan ip
 M150 mashinada o'ralgan — $0,43 \text{ g/sm}^3$,
 autosukda o'ralgan — $0,44 \text{ g/sm}^3$.
8. Joylamalar shakllari bo'yicha ma'lumotlar. So'tachalarda — halqa diametri va so'tacha yuqori konusi balandligi.
- Pnevmomexanik yigiruv va yigiruv-eshuv g'altaklarida
- bobina tashqi diametri;
 - bobina ichki diametri;
 - o'rash balandligi;
 - tutak balandligi.

12.2. Joylamalarni berilgan zichlik va qalinlikda shakllantirishning umumiy masalalari

Loyihalashga berilgan texnik topshiriqda, odatda, joylama va uning o'lchamlari va kam hollardagina uning zichligi va massasi ko'rsatiladi. Ipni o'rashga har qanday uzatish usulida ham bu ko'rsatkichlar o'zaro yaqin bog'langan. Joylama yuritmasi ishqalanishsiz va ipning o'rashga berish tezligi doimiy bo'lganida o'rash tanasi qalinligining vaqt va ip yo'g'onligiga bog'liqligini bilish kerak bo'ladi.

O'rash jismining qalinligi B ko'rilayotgan kesimda vaqt bo'yicha ipning yo'g'onligi, tezligi va tarangligi, ipbardor va shakllari, yotqizish burchagi va boshqa omillarga bog'liq holda o'zgaradi. O'ramning murakkab turlarida B qalinlik joylama o'qi bo'ylab notekis o'zgaradi. Qalinlik ba'zi kesimlarida tezroq, boshqalarida sekinroq o'zgaradi.

Ipning o'ramga berilish tezligi v o'zgarmasligida o'rash nuqtasi t vaqtda, joylama joylama o'qi bo'ylab bir birlik yo'l o'tganda $l_1 = vt = v/v_y$ uzunligidagi ip o'raladi. Bunda v_u — o'rash nuqtasining ipbardor o'qi bo'ylab tezligi.

Vaqt birligi t ichida joylamaning har bir kesimidan ipyuritgich $2n$ marta o'tadi, shu t vaqt ichida mana shu birlik $l = 2l_1$ ($n_1 t = 2vn_1 t/v_y$, bu yerda n_1 — ipyuritgich borib kelish soni) uzunlikdagi ip o'raladi.

l uzunlikdagi ip o'rash jismida band qilgan hajm (birlik kenglikdagi halqa hajmi) $V = \pi(R^2 - r_y^2)$ ga teng bo'ladi. Bu halqaning massasi esa l uzunlikdagi ipning massasiga teng:

$$m = \pi(R^2 - r_y^2)\rho_u = \frac{\pi d^2 l \rho_{nu}}{4} = \frac{\pi d^2 v_1 n_1 \rho t}{2v_y}, \quad (12.1)$$

bu yerda ρ_{nu} — o'rash jismi zichligi (ko'rilayotgan ko'ndalang kesimdagi);

ρ_u — ipning zichligi; T — ipning yo'g'onligi, teks;

$$d — ipning diametri, \quad d = \sqrt{\frac{4T}{\pi \rho_y}}.$$

Unda (12.1) dan o'rash jismining ko'rilayotgan kesimdagi radiusi R ni quyidagicha topish mumkin (5.3- rasm.):

$$R = \sqrt{r_y^2 + \frac{2Tvn_1 t}{\pi v_y \rho_{nu}}},$$

ammo tezlik v_y bo'ladi:

$$v_y = \frac{v_1(R_0^2 - r_0^2)^2 k_1 k_2 \cos \beta_y}{(R_y^2 - r_y^2)^2 k_1 k_2 \cos \beta_1}.$$

Shuning uchun

$$R = \sqrt{r_y^2 + \frac{2Tvn_1 t(R_y^2 - r_y^2)k_1 k_2 \cos \beta_1}{\pi v_1 \rho_{1y}(R_0^2 - r_0^2)k_1 k_2 \cos \beta_y}}.$$

Bu yerda v_1 — o'rash nuqtasining Oy o'qi bo'ylab koordinata boshidagi tezligi (5.3-rasm).

O'rash jismidan koordinata boshida kesib olingan l uzunlikdagi ip joylangan halqaning hajm va massasi:

$$\pi(R_0^2 - r_0^2)\rho_{20} = \frac{\pi^2 d^2 (R_0^2 - r_0^2)\rho_u}{k_1 k_2 d^2 \cos \beta_1}.$$

Bundan o'rash jismining koordinata boshidagi zichligini topamiz:

$$\rho_1 = \frac{\pi \rho}{4k_1 k_2 \cos \beta_1} = \frac{0,785 \rho_u}{k_1 k_2 \cos \beta_1}, \quad (12.2)$$

$$\frac{\rho_u}{k_1 k_2} = \frac{\rho_j \cos \beta_1}{0,785}.$$

Shunga o'xshash boshqa kesimda

$$\rho_{1j} = \frac{0,785 \rho_u}{k_{1y} k_{2y} \cos \beta_y}; \quad \frac{\rho_u}{k_{1y} k_{2y}} = \frac{\rho_{jy} \cos \beta_y}{0,785}.$$

Demak:

$$\rho_{1y} = \frac{\rho_j k_1 k_2 \cos \beta_1}{k_{1y} k_{2y} \cos \beta_y}, \quad (12.3)$$

$$R = \sqrt{r_y^2 + \frac{2Tvn_1(R_y^2 - r_y^2)t}{\pi \rho_1 (R_0^2 - r_0^2) v_1}} = \sqrt{r_y^2 + \frac{2Tvn_1(R_y^2 - r_y^2)t}{\pi \rho_1 v_1 (R_0^2 - r_0^2)}}, \quad (12.4)$$

$$B = R - r_y = \sqrt{r_y^2 + \frac{2Tvn_1(R_y^2 - r_y^2)t}{\pi \rho_{1x} v_1 (R_0^2 - r_0^2)}}. \quad (12.5)$$

$$\text{Demak: } R = \sqrt{r_0^2 + 2Tvn_1 t / (\pi \rho_1 v_1)} \text{ va } B = \sqrt{r_0^2 + 2Tvn_1 t / (\pi \rho_1 v_1)} - r_0.$$

Ipning o'rashga berilish tezligi o'zgaruvchanligida:

$$R = r_0 + \frac{2Tnn_1(R_y - r_y)k_1 k_2 t}{\pi v_1 \rho_1 (R_0 - r_0)}, \quad (12.6)$$

bundan qalinlik

$$R = R - r_y + \frac{2Tnn_1(R_y - r_y)k_1 k_2 t}{\pi v_1 \rho_1 (R_0 - r_0)}. \quad (12.7)$$

Bunda n — o'rash jismi aylanish soni, R yoki B ni topish uchun $k_1 k_2$ ko'paytma yoki o'rash jismi zichligi ρ_1 ni bilish kerak, chunki:

$$k_1 k_2 \rho_1 = 0,785 \rho.$$

O'rash jismi zichligi ρ_1 , odatda, ipning turli yo'nalishdagi va qadami ip diametridan katta spiral bo'ylab o'ralishi uchun ipning zichligi r dan kichik bo'ladi. Yotqizish burchagi kam hollardagina 16° dan oshiq bo'ladi. Shuning uchun $\cos \beta$ koeffitsiyentlar ko'paytmasi $k_1 k_2$ ga zaif ta'sir qiladi. Amaliy hisoblarda $k_1 k_2 \rho_1 = 0,785 \rho$ soddalashgan bog'lanishdan foydalanish mumkin. Bunda ρ erkin holdagi emas, balki joylamadagi ipga taalluqli ekanligini nazarda tutish lozim. Halqa mashinalarida olingan paxta ip so'tachalarda joylama zichligi 0,40—

0,45 g/sm³, viskoza ipda — 0,75—0,85 g/sm³. Poliamid ipni ipkashlik mashinasida oʻrashda zichlik 0,80—0,86 g/sm³; hajmiylashgan teksturalangan ipni oʻrashda esa zichlik 0,2—0,30 g/sm³ boʻladi. Kompleks ipning zichligi monoip (yakkaip) yoki tola zichligi ρ_0 dan past boʻladi. Agar siqilgan kompleks ipda elementar iplar shaxmat tartibida joylashgan boʻlsa, $\rho = 0,91\rho_0$, kvadrat burchaklarida joylashgan boʻlsa (bu amaldagiga yaqinroq), $\rho = 0,785\rho_0$; bunda $k_1 k_2 \rho_1 = 0,6 \rho_0$ boʻladi. Demak, $k_1 k_2$ koʻpaytmaning eng kichik qiymati 0,6 ga teng.

Paxta tolasining zichligi $\rho_0 = 1,52$ g/sm³, poliamid tolaniki 1,14 g/sm³, viskozani 1,50 g/sm³.

(9.16) formula koʻrsatadiki, joylama zichligi va koʻpaytma $K_1 x$, $K_2 x$ oʻzaro bogʻlangan va boshdagi tola va ip struktura va mexanik xususiyatlari, oʻrash tarangligi, joylama ip yotqizish chizilmasi, gʻaltak, tutak yoki naycha oʻlchamlari, joylamaning oʻralishda ishqalanuvchan silindrga bosilish kuchi, ipning ip bilan ilashuv ishqalanish koeffitsiyenti kabi omillarga bogʻliqdir. Bu bogʻliqlikning nazariy miqdoriy tahlili ancha murakkab boʻlib, uning ustiga deyarli barcha koʻrsatilgan omillar nihoyatda oʻzgaruvchandir.

Taxminiy amaliy hisoblarda soddalashtirilgan munosabatdan foydalanish mumkin. Halqali mashinalarda paxta ip oʻralganda taranglik $\sigma = 2—6$ MPa boʻlsa, $\rho_1 = 0,3\rho_0$, $\sigma = 6—10$ MPa boʻlsa, $\rho_1 = 0,37\rho_0$, $\sigma = 2—4$ MPa boʻlsa, $\rho_1 = 0,5\rho_0$, $\sigma = 4—8$ MPa boʻlsa $\rho_1 = 0,6\rho_0$ boʻladi.

Choʻzilgan, lekin tindirilmagan yoki fiksatsiya qilinmagan ip bir tekis qoplovli qilib oʻralganda $\rho_1 = (0,65...0,785) \rho_0$. Bunda kattaroq qiymatlar koʻproq choʻzilishgan va kichik yotqizish burchaklariga ($\beta \leq 3^\circ$) tegishli.

Tadqiqotlarning koʻrsatishicha bir tekis qoplovli strukturada yotqizish burchagi β ning kattalashuvi oʻrash zichligiga koʻp ham taʼsir qilmaydi. Oʻrash zichligiga koʻproq oʻrash tarangligi va ip yoʻgʻonligi taʼsir oʻtkazadi.

Oʻrash tarangligi oshganda ip choʻzilib, ingichkalashadi va oldin oʻralgan iplarga kattaroq nisbiy kuch bilan bosadi. Iplarning oʻzaro ilashuv ishqalanish koeffitsiyentining kichikligi, yaʼni ipning silliqligida oʻrashda jismidagi boʻshliqlar yaxshiroq toʻldiriladi va joylama zichligi ortadi. Tutashuvli yondosh oʻralish va oʻrtacha taranglik hamda uzayishda $k_1 k_2 = 1$ va $\rho_1 = 0,785\rho = 0,6\rho_0$, boshqa hamma hollarda $\rho_1 \neq 0,6\rho_0$. Katta oʻrash tarangliklarida $\rho_1 > 0,6\rho_0$, kichik tarangliklarda $\rho_1 < 0,6\rho_0$ boʻladi.

Halqaviy mashinalarda oʻralgan *joylamalar zichligi uchun empirik bogʻlanishlar*:

Paxta ip uchun:

$$\rho_1 = 0,724 + 0,444 \cdot 10^{-4} \sigma + 165 \cdot 10^{-5} \sigma^2 + 31 \cdot 10^{-6} \sigma^3, \quad (12.8)$$

viskoza ip uchun:

$$\rho_1 = 0,724 + 0,444 \cdot 10^{-4} \sigma + 165 \cdot 10^{-5} \sigma^2 + 31 \cdot 10^{-6} \sigma^3. \quad (12.9)$$

Bularda σ — oʻrash kuchi ($2 \leq \sigma \leq 14$ MPa).

Formulardagi birinchi hadlar $\sigma=1$ MPa ga toʻgʻri keladi.

Oʻrash mexanizmini loyihalashda joylamaning oʻrtacha zichligi ρ_1 berilgan hisoblanadi. Bu zichlik amalda oʻrash tarangligini tajribaviy tanlash, yotqizish burchagi va oʻrash jismini ishqalanuvchan silindrga bosilish kuchini tanlash bilan taʼminlanadi.

Agar joylama ishqalanishsiz yuritilsa, ipbardorning aylanish sanamini oʻrash jismi radiusi R ortishi bilan mana shu bogʻlanish boʻyicha kamaytirish kerak:

$$n = \frac{v \cos \beta_1}{2\pi R} = \frac{v \cos \beta_1}{2\pi \sqrt{\frac{r_0^2 + 2T v n_1 t}{\pi \rho_1 v_1}}}, \quad (12.10)$$

bu yerda $0 \leq t_0$, $t_0 = \frac{m_0}{vT}$, m_0 — joylama massasi.

12.3. Konussimon joylamani berilgan struktura va shakl bilan shakllantirish

Berilgan struktura, shakl va oʻlchamli joylama oʻrash uchun avvalo oʻrash tishgʻildiragi tish sonini topish kerak. Oʻrash strukturasi-ning asosiy parametrlari — bu oʻramning qavatcha yoki qavatakda-qi qadamidir. Konik oʻralishda ipyuritgichning borishi (koʻtarilishi) va kelishi (tushishi) da h_K va h_T oʻramlarning konus yasovchisi boʻylab qadamini aniqlash uchun olingan mana bu formulalardan foydalana-miz:

$$h_K \approx \frac{\pi L(R+r_0)}{l_K}; \quad h_T = \frac{\pi L(R+r_0)}{l_T},$$

bu yerda L — konus yasovchisining uzunligi;

R, r_0 — joylama konik sirtining katta va kichik radiuslari;

l_K va l_T — ip yuritgich ko'tarilganda va tushganda, ya'ni qavatcha va qavatak o'ralishida o'raladigan ip uzunligi.

Mazkur ifodalardan qavatcha va qavatakda l_K va l_T hamda qatlarndagi $L_q = l_K + l_T$ o'ralgan ip uzunliklarini quyidagicha topamiz:

$$L_k = l_K + l_T = \pi L_1 (R + r_0) \left(\frac{1}{h_K} + \frac{1}{h_T} \right), \quad (12.11)$$

bu yerda L_1 — konus yasovchisi uzunligi.

$$h_T = h_K \frac{\tau_K}{\tau_T} = h_K \frac{\alpha_K}{\alpha_T}.$$

τ_K, τ_T — ipyetaklagichning ko'tarilish (borish) va tushish (kelish) vaqti;

α_K, α_T — o'rov eksentrigining ko'tarilish va tushishga mos yoylarining markaziy burchaklari.

Qatlam o'rov eksentrigining bir marta aylanish davomida o'ralishida buralish vaqti:

$$\tau_e = \frac{1}{n_e}.$$

Bundan esa qatlamga o'ralgan ip uzunligini oldingi silindr aylanish sanami n_{os} orqali ham topish mumkin:

$$L_k = \pi d_o n_{os} \tau_e K_K = \pi d_{os} K_y \frac{n_{os}}{n_e}, \quad (12.12)$$

bu yerda: K_K — ipning eshilishda kirishuvi, paxta yigirishda $K_K = 0,978$.

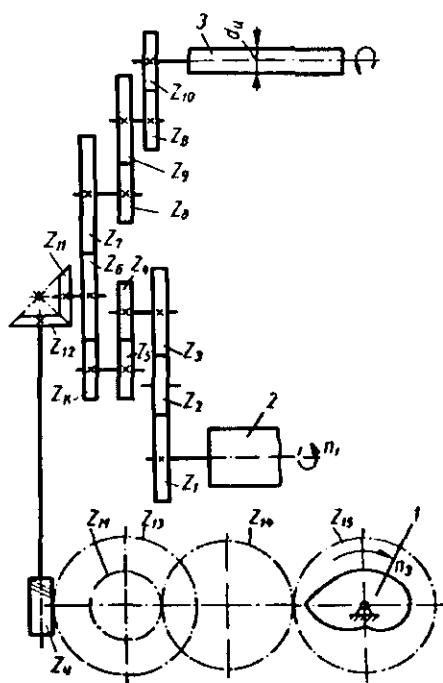
Endi (12.11) va (12.12) larni tenglashtirib, quyidagini olamiz:

$$\frac{n_{os}}{n_e} = \frac{L_1(R+r_0)}{d_{os}K_K} \left(\frac{1}{h_K} + \frac{1}{h_T} \right) = \frac{L_1(R+r_0)}{d_{os}K_y} \frac{\tau_e}{h_K \tau_K} = \frac{360^\circ L_1(R+r_0)}{d_x d_{os} h_K K_K}. \quad (12.13)$$

12.1 - rasmda keltirilgan kinematik sxema bo'yicha oldingi silindr va eksentrik aylanish sanamlarini topamiz:

$$n_{os} = n_1 i_{os} = n_1 \frac{z_1}{z_3} \frac{z_4}{z_5} \frac{z_K}{z_7} \frac{z_8}{z_9} \frac{z_B}{z_{10}}, \quad (12.14)$$

$$n_e = n_1 i_e = n_1 \frac{z_1}{z_3} \frac{z_4}{z_5} \frac{z_{11}}{z_{12}} \frac{z_7}{z_{13}} \frac{z_M}{z_{15}}, \quad (12.15)$$



12.1- rasm. Oldingi silindr va o'rov tishg'ildiragi orasidagi kinematik bog'lanish sxemasi.

bu yerda i_{os} — bosh valdan oldingi silindrga uzatish soni; i_e — bosh valdan o'rov ekscentrigiga uzatish soni; z_B — cho'zishni o'zgartiruvchi almashuvchan tishli g'ildirak; z_z — chervyak kirish soni.

Bu munosabatlarni (12.13) ga qo'yib, quyidagini olamiz:

$$i_e = \frac{d_{os} i_{os} K_K}{L_1 (R + r_0) \left(\frac{1}{h_T} + \frac{1}{h_K} \right)} = \frac{z_1 z_4 z_K z_{11} z_z z_M}{z_3 z_5 z_7 z_{12} z_{13} z_{15}} \quad (12.16)$$

Bunda $L_1 = \frac{H_K}{\cos \alpha}$; H_K — ipyetaklagich harakati qulochi yoki joylama konusi balandligi; α — konuslik burchagi; z_M — almashuvchan o'rov tishli g'ildiragi.

O'ramlar qadami h va ipning nomeri N orasidagi empirik bog'lanish quyidagicha:

$$h = \frac{0,6\sqrt{40}}{\sqrt{0,59N}}, \quad (12.17)$$

bu yerda $N=1000/T$; T — ipning teksdagi yo'g'onligi.

(12.17) va (12.16) tenglamalarni z_o ga nisbatan birga yechib, quyidagilarni olamiz:

$$z_o = \frac{\alpha_K z_6 z_8 z_{12} z_{13} z_{15} d_{ou} K_K \cos \alpha z_B h_K}{360^\circ H_K (R+r_0) z_1 z_9 z_{10} z_{11} z_z}. \quad (12.18)$$

O'rov eksstrigiga uzatma loyihalashda quyidagilar maqsadga muvofiq:

- z_z chervyakning kirish soni ikkidan katta emas;
- chervyak o'ramlari ko'tarilish burchagi o'zi tormozlanish burchagidan katta emas;
- chervyak juftligi mumkin qadar o'rov eksstrigiga yaqinlash-tiriladi;
- almashuvchan o'rov tishli g'ildirak tishlari soni 30...50 ta.

Halqayigiruv va halqaeshuv mashinalarida eng katta o'rash dia-metri halqa ichki diametrlaridan 3...5 mm kichkina, bunda yugurdakning yuqoriroq nomerlariga kichikroq o'rash diametrlari mos keladi.

12.1- jadvalda Toshtekstilmash zavodining П-114-III va П-83-5 halqayigiruv mashinalaridagi joylama o'lchamlarining o'zaro nisbat-lari keltirilgan.

12.1-jadval

№	O'lcham nomi	П-114-III			П-83-5		
1	Дк	52	58	75	48	51	57
2	2	49	55	72	45	48	54
3	2	21,5	21,5	31	23	23	26
4	Ho	230	230	230	180	200	230
5	Hk	49	60	77	45	46	51
6	2x	32 ⁰ 40 ⁰	31 ⁰	30 ⁰	26 ⁰	30 ⁰	30 ⁰ 40 ⁰

12.4. Silindrik joylamalarni berilgan struktura va shakl bilan o'rash

Bu holda ham masala almashinuvchan o'rov tishg'ildirak tishlari sonini topish bilan asosan hal qilinadi.

Silindrik o'rashda ipyuritgich, odatda, joylama o'rash davomida doimiy tezlik bilan harakatlanadi.

Almashinuvchan o'rov tishg'ildiragini hisoblashda o'ramlarning ikki qo'shni qavatlaridagi qadamini oldindan qabul qilib olinadi. Bu qoplamadagi, ya'ni ikki qavatdagi yoki o'rov eksentrigining bir aylanishida o'ralgan ip uzunligini topish imkoniyatini beradi.

$$L_k = l_K + l_T = \frac{H}{\sin \beta_K} + \frac{H}{\sin \beta_T} = \frac{H\sqrt{(\pi D)^2 + h_K^2}}{h_K} + \frac{H\sqrt{(\pi D)^2 + h_T^2}}{h_T}, \quad (12.19)$$

bunda $D = \frac{d_1 + d_2}{2}$ bo'lib, d_1, d_2 — ikki qo'shni qavatlar diametrlari, D — qoplarning o'rtacha diametri.

L_k uzunligini oldingi silindr aylanish sanami orqali ifodalasak:

$$L_k = \pi d_{os} n_{os} \tau_e K_y = \pi d_{os} K_y \frac{n_{os}}{n_e} = \frac{H h_T \sqrt{(\pi D)^2 + h_K^2} + H h_K \sqrt{(\pi D)^2 + h_T^2}}{h_T h_K}. \quad (12.20)$$

Bundan quyidagini topamiz (12.1-rasm):

$$\frac{n_{os}}{n_e} = \frac{H h_T \sqrt{(\pi D)^2 + h_K^2} + H h_K \sqrt{(\pi D)^2 + h_T^2}}{\pi d_{os} K_y h_T h_K} = \frac{z_8 z_B z_6 z_{12} z_{13} z_{15}}{z_7 z_9 z_{10} z_{11} z_z z_M}. \quad (12.21)$$

Endi o'rov tishg'ildirak tishlari sonini topamiz:

$$z_M = \frac{\pi z_8 z_z z_B z_{12} z_{13} z_{15} d_{os} K_y h_T h_K}{H z_z z_9 z_{10} z_{11} z_y \left[h_K \sqrt{(\pi D)^2 + h_T^2} h_T \sqrt{(\pi D)^2 + h_K^2} \right]}. \quad (12.22)$$

Silindrik o'rovli mashinalarning ko'pchiligida qo'shni qavatlarida o'ramlarning qadamlari amalda bir xil bo'ladi:

$$h_K = h_T = h.$$

Unda

$$z_M = \frac{h d_{os} K_y z_8 z_B z_6 z_{12} z_{13} z_{15}}{2 H \sqrt{(\pi D)^2 + h^2} z_7 z_9 z_{10} z_{11} z_z}. \quad (12.23)$$

Ildiz ostidagi h ancha kichik bo'lgani uchun uni hisoblamay, quyidagini olamiz:

$$z_M = \frac{h d_{os} K_y z_8 z_B z_6 z_{12} z_{13} z_{15}}{2 H D z_7 z_9 z_{10} z_{11} z_z}. \quad (12.24)$$

12.5. Sferik asosli konussimon bobinaning strukturaviy hisobi

Zamonaviy o'rash mashinalarida ip silindrik yoki konik shaklli tutaklarga o'raladi. Agar o'ralishda ip joylamaga katta α burchak bilan yotsa (12.2- rasm), bunday o'ralish qiya kesishuvli o'ralish deyiladi. Ikkita kesishayotgan o'ramlar hosil qiluvchi burchak 2α katta bo'lganida ipning yuqorida joylashgan o'ramlari pastdagilarga bosadi va ularni siljishdan saqlab turadi.

Silindrik bobinaga ipning o'ralishi uning ω burchak tezligi (chiziqli tezligi $v_0 = \omega r_x = D_x \pi n_j$, bu yerda r_x va D_x — bobinaning va o'ramning, mos ravishda, radiusi va diametri; n_j — aylanish sanami, ishqalanishli o'rashda o'rash diametriga teskari proporsional o'zgaradi, ya'ni $n_1/n_2 = D_2/D_1$ yoki $D_1 n_1 = D_2 n_2$).

Ip bobinaga o'ralayotganda ipyetaklagich ta'sirida o'q bo'ylab ilgarilanma-qaytma harakat qiladi. Ikkita harakat — bobinaning aylanish va ipyetaklagichning ilgarilanma harakati natijasida ip bobina yuzasida vintiy o'rash chiziqlari hosil qiladi. Ipyetaklagichning bir tomonga yurishida bobinaga o'ralayotgan o'ramlar soni uning aylanishlar soniga teng bo'lganligi uchun quyidagiga egamiz:

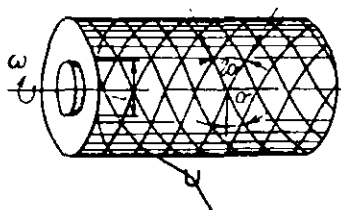
$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}. \quad (12.25)$$

Ya'ni nimqavatdagi o'ramlar soni bobina diametriga teskari proporsional. Tezliklar uchburchagidan o'ramlarning ko'tarilish burchagi α quyidagi ifodadan aniqlanishi kelib chiqadi:

$$\operatorname{ctg} \alpha = V_n / V_0, \quad (12.26)$$

bu yerda: $v_0 = \pi D_j n_j$ — joylamaning aylanaviy tezligi; v_n — ipyetaklagichning chiziqli tezligi.

Paxta yigirish sanoatida ishlatiladigan oddiy o'ralishli o'rash mashinalarida ipyetaklagich harakatining to'la davri davomida bobi-



12.2- rasm. Qiya kesishuvli o'ralishning geometrik ko'rsatkichlari.

naning aylanish soni n_j diametri D_j o'zgarishiga proporsional ravishda to'xtovsiz kamayadi, natijada o'rash tezligi v_0 o'zgarmay qoladi. Demak, vint chiziqning ko'tarilish burchagi o'ramning bir kesimidagi har xil qavatlarida taxminan bir xil kattalikda bo'ladi.

Yuqoridagidan kelib chiqadiki, o'ralishning ma'lum qismidagi o'ramning qadami t_x quyidagicha aniqlanadi:

$$t_x = \pi D_j \operatorname{tg} \alpha = \pi D_j \frac{V_e}{\pi D_j n_j} = \frac{V_e}{n_j}. \quad (12.27)$$

Shunday qilib, ipyetaklagichning tezligi v_e doimiyligida bobinaning bir qavatidagi o'ramlar qadami doimiydir. Bobinaning aylanishlar sanami esa uning diametriga teskari proporsional ravishda kamayadi.

Bobinaning bir qavatidagi o'ramlar soni

$$i = n_b t_u,$$

bu yerda t_u — ipyetaklagichning bir tomonga yurish vaqti.

O'rov mashinalarida ko'pincha t_j kattaligi o'zgarmas. Shuning uchun bobinaning diametri kattalashgani sari uning aylanish sanami kamayadi, mos holda, bir qavatdagi o'ramlar soni ham kamayadi.

Konik bobinaga ipni o'rashda aylanma tezlik v_0 o'rash diametriga proporsional ravishda o'zgaradi. Ipyetaklagich tezligi v_n o'zgarmas bo'lgan holatida konik bobinaning bir nimqavatidagi o'ram chizig'ining ko'tarilish burchagi bobina asosiga (katta yonboshga) yaqinlashgan sari kamayadi. Agarda ipyetaklagich tezligi o'zgaruvchan bo'lsa, bobinaning bir nimqavatidagi ko'tarilish burchagining o'zgarishi ipyetaklagich tezligining o'zgarish qonuniyatiga bog'liq.

Konik bobinaga o'rashdagi α va t ni aniqlovchi sharoitlarni tahlil qilamiz.

12.3- rasmdan ko'rinib turibdiki, bobina asosi va uchi yonlarida bir o'ramdagi ipning uzunligi asos va uchlarda ko'tarilish burchagi α bir xil bo'lmagani kabi har xil bo'ladi (bobina asosi oldidagi o'ramlar uzunligi uchi oldidagidan kattaroq, α burchak esa kichikroq bo'ladi).

Silindrik yurituvchi barabanchadan konik bobinaga harakat uzatish xususiyatlari to'g'risida quyidagilarni aytish kerak bo'ladi.

Sof dumalanish faqat konus va silindrning yasovchisida yotuvchi biror-bir C nuqtada bo'lishi mumkin. Konus silindr bilan ilashadigan hamma boshqa nuqtalariga sirpanish hosil bo'ladi.

Faraz qilaylik, masalan, silindr va konus o'ratasidagi sof dumalanish A nuqtada bo'lsin, unda biz bunday uzatishlar soniga ega bo'lamiz:

$$i_A = \frac{R}{R_1}.$$

Nuqta uchun esa:

$$i_B = \frac{R}{R_2}.$$

Boshqacha aytganda, ilashishning har xil nuqtalarida uzatishlar soni bir xil bo'lmaydi. Aslida maksimal va minimal qiymatlar oralig'idagi hamma uzatishlar sonlari bir vaqtning o'zida kuzatilishi mumkin emasligi ma'lum.

Haqiqatda mazkur uzatish normal ishlaydi, hech qanday noaniqlik yo'q. Haqiqiy uzatishlar soni quyidagi nisbatdan aniqlanadi:

$$i = R / \rho_K,$$

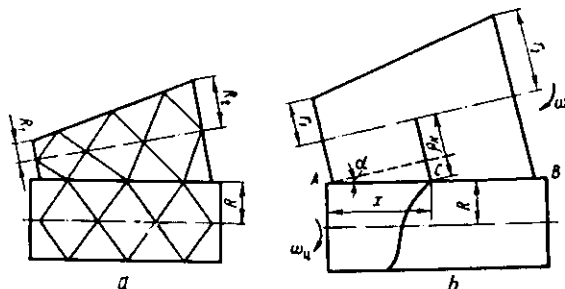
bu yerda: ρ_K — konusning sof dumalanish bo'layotgan kesimi radiusi. ρ_K kattalik quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\rho_K = \sqrt{\frac{\eta + r_2}{2}}. \quad (12.28)$$

Bu yerdan

$$i = \frac{\omega_s}{\omega_b} = R \sqrt{\frac{2}{\eta + r_2}}. \quad (12.29)$$

A nuqtada konusning aylanma tezligi silindrning aylanma tezligidan kichikroq, demak, nisbiy sirpanish hosil bo'lishi kerak. B nuqtada, aksincha, konusning aylanma tezligi silindrning aylanma tezligidan kattaroq, demak, sirpanish hosil bo'ladi, lekin ishorasi teskari.



12.3-rasm. Konussimon bobina o'ram (a) va bobinaga harakat berish (b) sxemalari.

(12.28) formuladan kelib chiqadiki,

$$\omega_j = \omega_s i = \frac{\omega_s R}{\rho_K}, \quad (12.30)$$

ya'ni

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{v_n}{\omega_s i R}. \quad (12.31)$$

Demak, bu holda bir nimqavat doirasida ko'tarish burchagi R ning funksiyasi sifatidagi o'zgaruvchan kattalik bo'ladi.

Bir nimqavatdagi o'ramlar soni:

$$m = \frac{n_b}{n_s x} = \frac{R n_s}{\rho_K n_s x} = \frac{R}{\rho_K x}. \quad (12.32)$$

Bu tenglamadan ko'rinadiki, ip konus shaklli tutakka o'ralganda o'ramlar soni nimqavatdan nimqavatga o'tgan sari kamayib boradi.

Vintiy chiziqlarning qadami quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$h = \frac{H}{m} = \frac{H \rho_K x}{R}, \quad (12.33)$$

bu yerda H — bobina konus yasovchisining to'la ustunligi.

Ko'chma tezlik o'zgarish bo'lganda h kattalik nimqavatdan nimqavatga o'tib boradi.

Yotqizgich harakati tezligi o'zgaruvchan bo'lganida bobina asosi va uchlaridagi α burchakning qiymatlari farqi bir oz kichik, lekin bu holda ham α burchakning kattaligi o'zgarish bo'lmaydi.

O'rashni to'g'ri bajarish uchun ip o'ramlari g'altak yuzasi bo'ylab bir tekis taqsimlangan bo'lishi, bobina yonboshlarida qaytish nuqtalari esa muayyan burchak siljishga (oldingisiga qaraganda har bir keyingisi) ega bo'lishi kerak. O'ramlarning siljish kattaligi o'ramlarning surilish burchagi F bilan xarakterlanadi va u quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Phi = 2\pi(n_j - n_l), \quad (12.34)$$

bu yerda n_j — ipbardor harakat davrasi ichida joylamaning to'la aylanishlar soni; $n_l - n_j$ sonning butun qismi.

O'ramlarning surilish burchagi (rad) bobina o'rash diametrining ixtiyoriy qiymatida (D_{jy}) quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\Phi = \left(\frac{6D_s}{D_{jy} + 10} - n_l \right) 2\pi_1, \quad (12.35)$$

bu yerda D_s — silindr diametri.

Bobina yuzasi bo'yicha o'ramlarning siljishi $l = R\Phi$.

Bobinaga ip o'ralgan sari o'ramlar qaytish nuqtalarining siljish burchagi ham o'zgarib boradi.

Iplarning kesishish burchagi 2α (12.2- rasmga qarang) deb ketma-ket ikkita nimqavatdagi o'ramlarning iplari kesishadigan burchakka aytiladi. Uni quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$2\alpha = 2\arctg V_n / V_0. \quad (12.36)$$

Tutakning har qanday shaklida o'rash zichligi kesishuv burchagi kattaligiga bog'liq bo'ladi: burchak kichik bo'lsa, o'rash zichroq bo'ladi.

Bobinaning o'ralish zichligi ipning chiziqliy zichligi, kesishuv burchagi, o'rash barabanchasiga bobinaning bosimi va o'rashda ipning tarangligiga bog'liq. Kesishuv burchagi va ipning chiziqliy zichligi kamayishi va ipning tarangligi va o'rash barabanchasiga bobina bosimining ortishi bilan o'rash zichligi ortadi.

Qiya kesishuvli o'rashning bir o'rami bosimini aniqlash uchun quyidagi tenglama keltirib chiqarilgan:

$$q_1 = \frac{T_1 \cos^2 \alpha}{R}, \quad (12.37)$$

bu yerda T_1 — o'rashdagi ipning tarangligi; R — bobinaning o'rash radiusi.

O'rash nimqavatining bosimi (har xil o'lchamlarda doimiy taranglik saqlanishi shartida):

$$q = \frac{1000T_1\gamma \cos^2 \alpha}{T_H} l \cdot n \frac{r_2}{r_1}, \quad (12.38)$$

bu yerda γ — o'rash zichligi; r_1 va r_2 — mos ravishda o'rashning boshlang'ich va oxirgi radiuslari.

Bobina biror-bir qavatidagi o'rash zichligi kattaliklari diametri-ning α burchak sinusi ko'paytmasiga teskari proporsional bo'ladi:

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{D_2 \sin \alpha_2}{D_1 \sin \alpha_1}. \quad (12.39)$$

Bobina yonboshlari sferik shaklni olishi (M-150-1 mashinalarda) bobinaning o'ralish qalinligi bir me'yorda emas, balki dastaning aylanish o'qigacha bo'lgan masofaga proporsional ravishda kattalashadi:

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{\rho_2^2 \sin \alpha_2}{\rho_1^2 \sin \alpha_1}, \quad (12.40)$$

bu yerda ρ_1 va ρ_2 — dastaning aylanish o'qidan bobina yuzasidagi mos nuqtalargacha bo'lgan masofa.

O'rash mashinalarida bobinaning o'rash zichligi bir tekisligiga barabancha o'qiga nisbatan bobina o'qining holati ham ta'sir qiladi.

Agar bobina va barabancha o'qlari bir tekislikda yotsa (12.4- a rasm), bobina chekkalarida ta'sir qiluvchi ishqalanish kuchlari F uning o'qiga perpendikular yo'naladi.

Ipning taranglik kuchi K ni ikkita o'zaro perpendikular yo'nalishlarda K_1 va K_2 larga ajratamiz.

K_1 kuchi o'rashning zichligini ta'minlaydi, K_2 kuchni esa barabancha ariqchasi chetlari qabul qiladi.

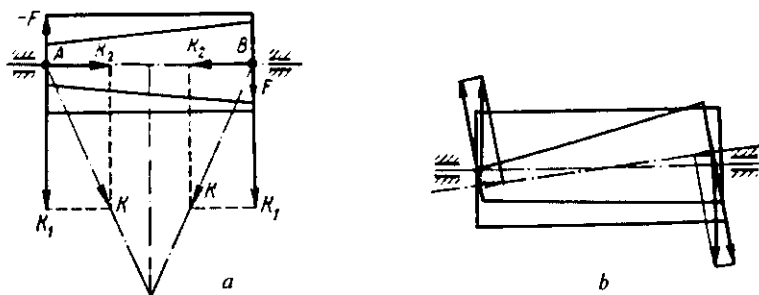
A nuqtada F kuch o'rash yo'nalishiga teskari yo'nalishda ta'sir qiladi, chunki bobina barabanchadan orqada qoladi. Natijada bobina-da musbat sirpanish va tormozlovchi moment hosil bo'ladi. O'rash zichligini aniqlovchi kuch quyidagiga teng:

$$K_1 + (-F) = K_1 - F. \quad (12.41)$$

B nuqtada F kuchning ta'siri aksincha bo'ladi, shuning uchun o'rash zichligini aniqlovchi kuch:

$$K_1 + F = K_1 + F. \quad (12.42)$$

Shunday qilib, bobinaning katta diametrda kichigiga nisbatan o'rash zichroq bo'ladi.



12.4- rasm. Bobina va yurgizuvchi barabanchaning nisbiy joylashuv sxemalari.

Ko'rsatilgan kamchilik o'rash mashinalarida bobina va barabancha o'qlarini birini ikkinchisiga nisbatan $2-3^\circ$ ga og'dirish hisobiga qisman yo'qotiladi (12.4- b rasm).

Bobina diametrining ba'zi bir qiymatlarida o'ramlar siljish burchagi F nolga teng. Bu holda bobina o'ralishi to'g'ri bo'lmay (bobina yuzasida ip chuvab olinganda uzilishga olib keluvchi tasma yoki tolilar hosil bo'ladi).

12.6. Bobina asosini yumaloqlashtirish

Biz bilamizki, yonboshda o'rash zichligi o'rtadagidan yuqoriroq. Bobina zichligida bunday birme'yorlikning buzilishi qayta o'rash o'rtacha tezligining pasayishiga olib keladi.

Barqaror harakatda bobina va barabancha kontakt joyida ta'sir qiluvchi ishqalanish kuchining yig'indi momenti va ip tarangligi bilan belgilanuvchi tormozlovchi moment, dumalash ishqalanish kuchlari momenti va tayanchlardagi ishqalanish hosil qiluvchi qarshilik momenti ta'sirida muvozanatda bo'ladi:

$$M_i - M_q = 0, \quad (12.43)$$

bu yerda M_i — ishqalanish kuchlarining yig'indi momenti; M_q — qarshilik momenti.

Barabanchadagi harakatlantiruvchi moment

$$M_h = \frac{qfr_2}{\sin \alpha} (2\rho - R - r_1), \quad (12.44)$$

bu yerda q — uzunlik birligiga yuklanish; F — bobina va barabancha orasidagi sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti; r_1 — bobinaning kichik yonboshi radiusi; r_2 — o'rash barabanchasi radiusi; α — bobina konusi burchagining yarmi; R — bobina katta asosining radiusi; ρ — kontakt radiusi.

$$\rho = \sqrt{\frac{R^2 + r_1^2}{2} + \frac{M_q \sin \alpha}{qf}} \text{ — kontakt radiusi.} \quad (12.45)$$

12.5- a rasmda bobina o'rash jarayoni sxemasi ko'rsatilgan.

Ip N va N_1 nuqtalar orasida ilgarilanma-qaytma harakat qiladi: qulochning umumiy uzunligi — H . Ip ariqchada eng chap holat N_1 ni egallaganda, o'ram bobina yuzasida M_1 masofada yonboshdan a masofada joylashadi. Barabancha aylanganda ip o'ng tomonga N_2 nuqtaga

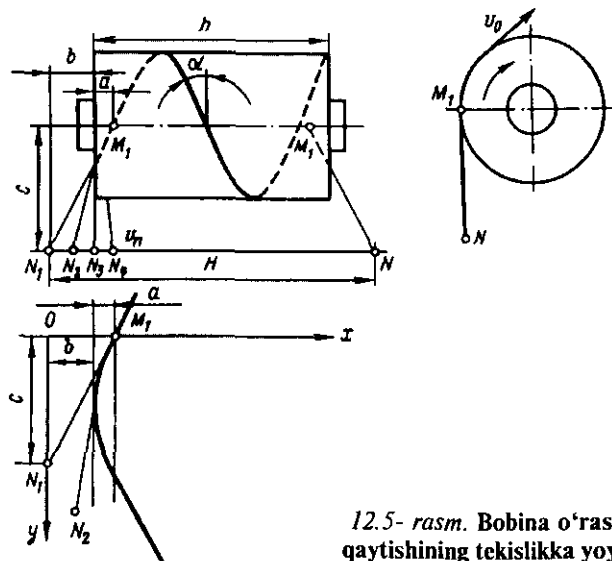
ko'chadi va o'ram bobinaga doim ko'tarilish burchagi α pasayishi bilan o'raladi. Ipyetaklagichning yetaklovchi qismi N_3 nuqtaga yetganda, o'ram bobinaning eng chap yonbosh nuqtasida o'raladi. Shu nuqtadagi o'ram ko'tarilish burchagi nolga teng bo'ladi. Barabanchaning keyingi aylanishida (N_4 nuqta) ko'tarilish burchagi kattalashishni boshlaydi.

Shunday hodisa bobinaning o'ng yonboshida ham hosil bo'ladi.

Ipyetaklagich va bobina tegish nuqtasi orasida ipning erkin qismining mavjudligi bobina balandligi h ning (H qulochiga nisbatan) kamayishiga olib keladi, bobina qisqaroq bo'ladi, uning yonboshiga kattaroq uzunlikdagi ip o'raladi, natijada bobina chekkalarida ipning o'ralish zichligi uning o'rtasiga nisbatan kattaroq bo'ladi.

Nisbatan zichlangan qatlam bobina massasi va dasta tomonidan ta'sir qilayotgan to'la bosimni qabul qiladi. Bobinaing qolgan qismi esa bosimsiz o'raladi. Nisbatan zichlangan qavat yonidagi kamroq zichlangan qavatlarga qaraganda kattaroq diametrda ega, u yo'naltirilgan bosimni ko'tara olmaydi va bobina yonboshlarida bir tekis bo'limgan, yumaloqroq uchlarni hosil qilib, asosan biroz yonga suriladi.

Bu kamchilik yuqori chiziqliy zichlikli ipni qayta o'rashda ko'proq ko'rinadi.



12.5- rasm. Bobina o'rash (a) va unda ipning qaytishining tekislikka yoyilmasi (b) sxemalari.

Agar ipyetaklagich o'zgarmas tezlik bilan harakatlanayotgan va eng chekka nuqtalarda harakat yo'nalishini oniy o'zgartiradi deb qabul qilsak, u holda qaytishdagi o'ramning o'tish qismi tenglamasi (12.5-b rasmga qarang) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$x = \frac{v_n}{v_0} (2c\bar{e}^{y/c} + y - c), \quad (12.46)$$

bu yerda v_n — ipyetaklagich tezligi; v_0 — bobinaning aylana tezligi; e — natural logarifmlar asosi.

x ning eng kichik qiymati ipyetaklagich qulochiga nisbatan bobina balandligining kamayishini belgilaydi:

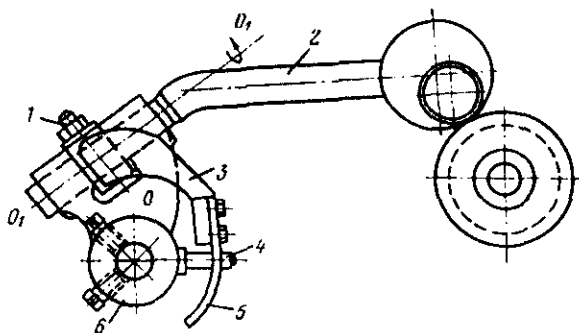
$$b = x_{\min} = 0,69 \frac{v_n}{v_0} c;$$

$$h = H - 2b = 2H - 1,39 \frac{v_n}{v_0} c.$$

Ipyetaklagichning qulochiga nisbatan bobina balandligining kamayishi tgα va c kattalikka proporsional.

Ipning bobinaning katta asosiga tushib qolish extimolini kamaytirish uchun va chuvash sharoitlarini umumiy holda yaxshilash uchun o'rash mashinalarda sfera hosil qiluvchi yordamida bobinaing katta yonboshiga yumaloq shakl beriladi (12.6- rasm).

Dasta bobinatutgich 2 ga shakldor qirqliq tig'cha 5 o'rnatilgan va dastak 3 bilan bolt 1 yordamida biriktirilgan. Shu qirqliqqa qo'zg'almas o'rnatilgan barmoq 4 kiradi. Bobinatutgich dastak 3 bilan O_1 o'qqa nisbatan aylanishi mumkin. Detal 6 O o'qida erkin joylashgan.



12.8- rasm. Yumaloqlashtirgichning tuzilishi.

O'rash diametri kattalashganda O_1 o'qiga nisbatan aylanib bobina detal 6 bilan birga og'adi. Shu harakat davomida barmoq 4 plastinka qirrig'i 5 da sirpanadi va tutkichni O o'qiga nisbatan ma'lum burchakka aylantiradi. Natijada urchuq g'altak bilan birgalikda barabancha bo'yicha yonbosh tomonga suriladi, bu esa o'rash qatlamlarining surilishiga olib keladi, yonboshlar esa sferik shaklni oladi.

Xulosa

Mazkur bob joylamalarning berilgan sifat ko'rsatkichlari bilan o'rash masalalariga bag'ishlangan bo'lib, unda biz joylamalar sifat ko'rsatkichlari va ularning berilishi, joylamalarni berilgan zichlikda o'rash va ularni berilgan qalinlikda o'rashning umumiy masalalari, konussimon joylamani berilgan struktura bilan o'rash, ularni berilgan shakl bilan o'rash, silindrik joylamalarni berilgan struktura bilan o'rash, ularni berilgan shakl bilan o'rash, sferik asosli konussimon joylamaning strukturaviy hisobini bajarish va uning asosini yumaloqlashtirish masalalarini o'rgandik. Bu ma'lumotlar o'rash texnologik jarayonlarini loyihalash va ularni nazorat qilishda ishlatiladi.

Nazorat savollari

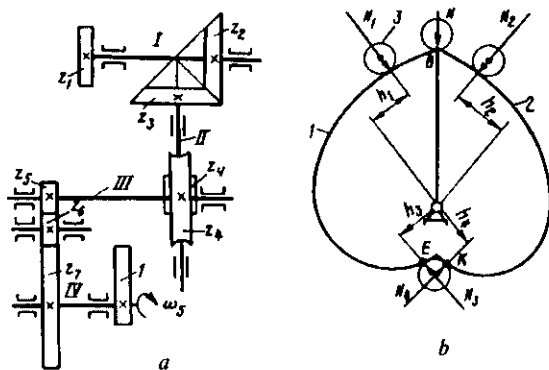
1. Joylamalarni berilgan ko'rsatkichlar bilan o'rashning ahamiyati nimada?
2. O'rashning sifat ko'rsatkichlari va ularning berilishini ko'rsating.
3. Joylamalarni berilgan zichlik va qalinlikda shakllantirishning umumiy masalalari qaysilar?
4. Konussimon joylamani berilgan struktura bilan shakllantirish shartlarini ko'rsating.
5. Konussimon joylamani berilgan shakl bilan o'rash shartlarini ko'rsating.
6. Silindrik joylamalarni berilgan struktura bilan o'rash shartlarini ko'rsating.
7. Silindrik joylamalarni berilgan shakl bilan o'rash shartlarini ko'rsating.
8. Sferik asosli konussimon g'altakning strukturaviy hisobi qanday bajariladi?
9. Bobina asosi qanday yumaloqlashtiriladi?

13. KONSTRUKTIV VA TEXNOLOGIK OMILLARNING IPYETAKLAGICH KINEMATIKASIGA TA'SIRI

Ipyetaklagichning harakat ko'rsatkichlariga uning konstruksiyasi-ga kiruvchi kinematik juftliklaridagi tirqishlar, bo'g'inlarning defor-matsiyasi hamda yuqori sinf kinematik juftliklaridagi ma'lum darajada texnologik rejim bilan belgilanadigan tutashuv sharoitlari ta'sir ko'rsatadi.

13.1. Kinematik tirqish va bo'g'inlar deformatsiyalarining ipyetaklagich kinematikasiga ta'siri

Kuchtutashuvli ipyotqizish mexanizmi (2.5- rasm) va uning yurit-masini (13.1- *a* rasm) ko'raylik. O'qcha 12 va mushtak 13 kuch bilan tutashganda o'qcha va uning barmog'i orasidagi tirqish butunlay bir tomonga olingan bo'ladi va uning mutlaq kattaligi ipyetaklagich 7 ning harakatiga amalda ta'sir ko'rsatmaydi. Mushtak 13 yuritmasida esa boshqacha manzara kuzatiladi. Ipyetaklagich terslanganda o'qcha 12 mushtak profilining bir tomonidagi (1) tarmog'idan boshqa tomon-dagi (2) tarmog'iga o'tadi. Buning natijasida mushtakning o'z o'qi atrofida aylanishiga bo'lgan qarshilik momenti M ning kattaligi va yo'na-lishi o'zgaradi (13.1- *b* rasm). Mushtak 1 tarmog'i bilan ishlaganda o'qchanning mushtakka bosilishi tufayli paydo bo'lgan aylantiruvchi



13.1- rasm. Yassi mushtakka yuritma (*a*) va mushtakning o'qcha bilan ta'sirlashuvi (*b*) sxemalari.

moment M uni soat mili bo'yicha aylantirishga harakat qilsa, 2 tarmoq bilan ishlaganda soat miliga qarshi aylantirishga harakat qiladi. Birinchi holda kinematik juftliklardagi tirqishlar bir yo'nalishda olinadi, ikkinchi holda esa — teskari yo'nalishda. Bo'g'inlardagi deformatsiyalar huddi shu tarzda o'z yo'nalishlarini o'zgartiradi.

Aytaylik, mushtak I tarmog'i bilan ishlaganda I, II, III va IV vallar, mos tarzda, φ_1 , φ_2 , φ_3 va φ_4 burchakka buraladi.

Agar *vallar deformatsiyalari* qayishqoq bo'lsa, ularning *burovsizlanish vaqtlari* τ_1 , τ_2 , τ_3 va τ_4 ularning *xususiy tebranish* sanamlari f_1 , f_2 , f_3 va f_4 ga proporsional bo'ladi:

$$\tau_1 = \frac{1}{2f_1}, \quad \tau_2 = \frac{1}{2f_2}, \quad \tau_3 = \frac{1}{2f_3} \text{ va } \tau_4 = \frac{1}{2f_4}.$$

Vallarning buralish vaqtlari burovchi momentning kattalashuvi vaqti va tezligiga bog'liq bo'lib, umumiy holda oldindan hisoblab topish ancha qiyin masaladir.

Tishli va shponkali tirqishlarning olinishiga bog'liq bo'lgan omillar ularning kattaligi, aylanish tezligi va ipyetaklagichning tushish tezligidir. O'qcha mushtakning uchidan dumalab o'tishida V_1 nuqtada bir yo'nalishdagi M moment nolgacha kamayadi va keyin qarshi yo'nalishda kattalashadi (11.12- b rasm) va endi qarshilik moment emas, balki yurituvchi moment vazifasini bajaradi. Tirqishlarni olish tezligi boshqa bir xil sharoitda ipyetaklagichning tezligiga bog'liqdir. Agar mushtakning ipyetaklagichdan olgan burchak tezligi ω_0 elektromotordan olingan tezlik ω_5 dan kichik bo'lgan yuritmadagi tirqishlarning olinish vaqti cheksizlikka teng. Bu holatda o'qchanning mushtakdan ajralishi ro'y beradi.

Agar $\omega_0 > \omega_5$ bo'lsa, unda tirqishlarning olinish vaqti quyidagicha bo'ladi:

$z_6 - z_7$ tishg'ildiraklar ilashmasidagi Δ_1 :

$$t_1 = \frac{\Delta_1}{r_3(\omega_0 - \omega_5)}, \quad (13.2 \text{ a})$$

$z_5 - z_6$ tishg'ildiraklar ilashmasidagi Δ_2 :

$$t_2 = \frac{\Delta_2}{r_7\omega_0 - r_5\omega_3}, \quad (13.2 \text{ b})$$

$z_4 - z_q$ tishg'ildiraklar ilashmasidagi Δ_3 :

$$t_3 = \frac{\Delta_3}{\frac{r_7 \omega_0 z_7}{z_5} - \omega_q r_q} \quad (13.2 \text{ d})$$

Bu yerda ω_q , ω_3 , ω_5 va ω_7 — II, III va IV vallar burchak tezligi, r_q , r_4 , r_5 va r_7 — chervyak, z_4 , z_5 , z_7 — g'ildiraklarning bo'luvchi aylanalari radiuslari.

Binobarin, ipyetaklagichning tushishida tirqishlarning umumiy olinish vaqti

$$t = t_1 + t_2 + t_3$$

bo'ladi.

Agar moment M ko'rilayotgan kinematik juftliklardagi va II, III, IV vallar tayanchlaridagi qarshilik momentlari yig'indisidan kichik bo'lsa, ipyetaklagich tushayotganda tirqishlarning olinishi qisman bo'ladi.

O'qcha mushtakning botig'idan dumalab o'tayotganda 4 mush-takning E va K nuqtalarining ikkalasiga bir vaqtda tegadi, shuning uchun M momentning yo'nalishi birdaniga, oniy o'zgaradi. Bu onda mushtak amalda to'xtab qoladi va yuritmadagi barcha tirqishlar olin-maguncha to'xtab turadi. Bu pastki holatda *ipyetaklagichning to'xtalish vaqti*

$$t = \frac{\Delta_1}{r_0 \omega_4} + \frac{\Delta_2}{r_3 \omega_3} + \frac{\Delta_3}{r_4 \omega_3} \quad (13.3)$$

bo'ladi.

Agar tormozlashuvchan chervyakli juftlik IV valga o'rnatilsa, vallar tayanchlarida o'qiy tirqishlar bo'lmaganida

$$t = \frac{\Delta_3}{r_4 \omega_3} \quad (13.4)$$

bo'ladi. Prizmatik shponkalari birikmalaridagi *yon tirqish* shunga o'xshash hisobga olinadilar.

Mashina ishlatilish davomida kinematik juftliklardagi tirqishlar yeyilish natijasida kattalashadi, ipyetaklagichning terslanishdagi to'xtalish vaqti ortadi. Joylama sifati esa yomonlashadi. Shuning uchun mushtak yuritmasi oz bo'g'inli, tishli ilashmalar kichik modulli va minimal yoy tirqishli bo'lishi va tormozlanuvchan chervyak g'ildiragi bevosita mushtak valga o'rnatilishi kerak. Chervyak g'ildiragi va mushtakda *o'qiy tirqish* bo'lmashligi kerak. Chervyak g'ildiragi va mushtak valga biki mahkamlanishi kerak.

Mushtak va o'qcha kinematik tutashganda ham yuqoridagi mulohaza va tavsiyalar o'z kuchini saqlab qoladi.

13.2. Mushtak va o'qchanning kuch bilan tutashuvining ipyetaklagich kinematik rejimi bilan o'zaro ta'siri

O'qchanning mushtak bilan kuchtutashuvi ba'zi mashinalarda halqa taxtachalari yoki yig to'sinlari og'irlik kuchlari yordamida, boshqalarida esa maxsus yuk yoki prujinalar yordamida amalga oshiriladi.

Deylik, halqayigiruv yoki halqaeshuv mashinasida yuqori holatda turgan halqa shadasining tezligi nolga teng, uning og'irlik kuchi va inersiya kuchining farqi esa musbat, ya'ni bu holda *kuchtutashuv sharti bajariladi*.

Ustunchalardagi ishqalanish kuchi o'z og'irligi ta'sirida tushayotgan halqa shadalarining og'irlik kuchidan oz bo'lganda tushishning maksimal tezligi erkin tushish tezligiga yaqin bo'ladi, ya'ni:

$$v_2 = gt, \quad (13.5)$$

bu yerda g — erkin tushish tezlanishi, t — tushish vaqti.

Mushtcha to'xtovsiz va bir tekisda aylanadi, shuning uchun uning markazlar chizig'ining radius-vektori tobora kichrayib boradigan tushish tarmog'i o'qchadan uzoqlashib boradi. Agar mazkur uzoqlashish tezligi o'qchanning tushish tezligidan katta bo'lsa, o'qchanning mushtak tushish tarmog'idan ajrashi sodir bo'ladi. Bu esa joylama shakli va strukturasi buzilishiga olib keladi. Shadaning erkin tushish vaqti t davomida mushtak $\psi = \omega t$ burchakka buraladi, tushish tarmog'ining radius-vektori esa $\Delta \rho = \rho_{\max} - \rho$ kattalikka kichrayadi va bu yerda ω — mushtakning burchak tezligi; $\rho_{\max}$ — mushtakning maksimal radius-vektori; ρ — mushtak tushish tarmog'ining joriy radius-vektori.

Xuddi shu vaqt davomida o'qcha

$$\Delta S = \frac{y_2}{i} = \frac{gt^2}{2i} \quad (13.6)$$

yo'l bosib o'tadi va bu yerda $y_2 = \frac{gt^2}{2}$ — erkin tushish vaqti t davomida halqa bosib o'tgan yo'l; i — halqa va o'qcha orasida harakat uzatish soni.

O'z-o'zidan ma'lumki, kuchtutashish sharti

$$\Delta S \geq \Delta \rho \text{ yoki } \frac{gl^2}{2i} \geq (\rho_{\max} - \rho). \quad (13.7)$$

Agar mushtakning tushish tarmog'i *Arximed spirali* bo'yicha bajarilgan bo'lsa, unda

$$\rho = \rho_{\max} - \frac{Et}{t_0} \quad (13.8)$$

bo'ladi va bu yerda E — *mushtak eksentritsiteti*; t_0 — mushtakning tushish tarmog'i bilan ishlagan vaqti. Demak,

$$\frac{gl^2}{2i} \geq \frac{Et}{t_0} \quad (13.9)$$

bo'ladi va bundan o'qcha mushtakni quvib yetib, unga tegadigan vaqtni topamiz:

$$t_1 = \frac{2Ei}{gt_0} = \frac{2H}{gt_0}, \quad (13.10)$$

bu yerda $H = Ei$ — halqa shadasining harakat qulochi.

Mushtcha t_1 vaqt ichida

$$\psi = \frac{2\omega Ei}{gt_0} = \frac{2\omega H}{gt_0} \quad (13.11)$$

burchakka buraladi, halqali shada esa

$$H_1 = \frac{2i^2 E^2}{gt_0} = \frac{2H^2}{gt_0} \quad (13.12)$$

masofaga pastga tushadi. O'qcha mushtakka uning radius-vektori

$$\rho = \rho_{\max} - \frac{2iE^2}{gt_0^2} = \rho_{\max} - \frac{2H^2}{gt_0^2} \quad (13.13)$$

bo'lganida tegadi.

Shunday qilib, silindrik o'rashda o'qcha va mushtcha kuchtutashuvi tushayotgan qismlar og'irlik kuchi hisobiga amalga oshirilganda mushtakning tushish tarmog'i *Arximed spirali* bo'yicha bajarilgan bo'lsa, $\omega > 0$ sharoitda o'qchaning mushtakdan ajralishi ro'y beradi.

Halqa taxtachasining amaldagi tushish tezligi hamma vaqt erkin tushish tezligidan oz, shuning uchun *o'qchaning mushtakka tegmay turish vaqti* har doim nazariy t_1 qiymatdan katta bo'ladi.

O'qchaning mushtchadan ajralishini kamaytirish yoki butunlay yo'qotish uchun tushish tarmog'ining boshlanishini

$$\rho = \rho_{\max} - \frac{gt^2}{2i} \quad (13.14)$$

tenglama orqali shakllantirish kerak bo'ladi va bu yerda $0 \leq i \leq i_1$.

Olingan bog'lanishlarning tahlili ko'rsatadiki, burchak tezlik ω ortib, t_0 vaqt kamayganda ψ_1 va H_1 kattalashadi va natijada joylamaning shakli va strukturasi kattaroq masofada buziladi. Shakl va struktura buzilishi kamayishi uchun mushtchaning tushish tarmog'i yotiqroq bo'lishi kerak. Bunda shada pastga tushayotgan o'raladigan qavatchadagi o'ramlar ko'tarilishda o'raladi va qavatakdagiga qaraganda kichikroq qadam bilan o'raladi.

Xulosa

Mazkur qisqa bob konstruktiv va texnologik omillarning ipyetaklagich kinematikasiga ta'siriga bag'ishlangan bo'lib, unda biz kinematik tirqishlarning ipyetaklagich kinematikasiga ta'siri, o'rash mexanizmi bo'g'inlarining amal qilayotgan kuchlar ta'siridagi deformatsiyalarining ipyetaklagich kinematikasiga ta'sir qilishi, o'rash mexanizmlaridagi mushtcha va o'qchalarning tutashuv turlari va kuch bilan tutashuv xususiyatlari va uning ipyetaklagich kinematik rejimi bilan o'zaro ta'siri masalalari bilan tanishdik. Bu ma'lumotlar o'rash mexanizmlarini loyihalashdagi hisoblar, xususan, aniqlik bo'yicha hisoblarni bajarishda kerak bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Ipyetaklagich kinematiksiga konstruktiv omillar qanday ta'sir qiladi?
2. Texnologik omillarning ipyetaklagich kinematikasiga ta'siri qanday yuz beradi?
3. Bo'g'inlarda tirqishlarning olinishi qanday yuz beradi?
4. Kinematik tirqishlar ipyetaklagich kinematikasiga qanday ta'sir qiladi?
5. Bo'g'inlar deformatsiyalarining ta'siri qanday bo'ladi?
6. Tirqishlarning olinish vaqtlari qanday hisoblanadi?
7. Kinematik juftlarning yeyilishi qanday ta'sir qiladi?
8. Mushtak va o'qchaning kuch bilan tutashuvining ipyetaklagich kinematik rejimi bilan o'zaro ta'sirini tushuntirib bering.

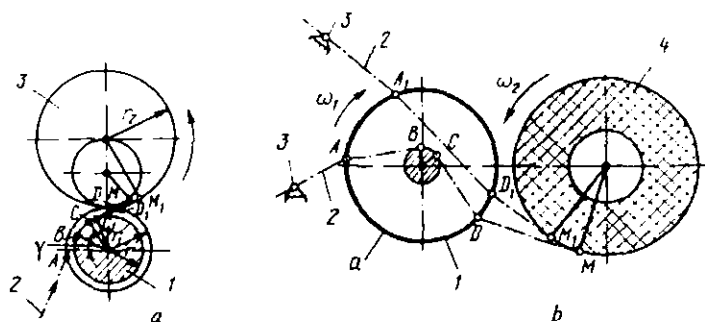
14. O'RASH MEXANIZMLARINING KINEMATIK VA DINAMIK TAHLILI

14.1. Inersiyasiz yotqizish mexanizmlarining kinematik tahlili

Inersiyasiz o'rash mexanizmlariga o'rash jismi o'qi bo'ylab qaytma harakat qiluvchi ipyetaklovchi shtangasi (2.10- rasm) bo'lmagan yoki ipyetaklagich ipni o'rash davomida bir tekis aylanma harakat bajara-digan (2.11- *a* rasm) mexanizmlar kiradi.

Birinchi holda ip yumaloq silindrda bajarilgan, fazoviy vintiy yuza yordamida o'raladi. 2.10- *a* rasmdagi ko'pqadamli vintiy ariqcha uchburchak ko'ndalang kesimga ega. Ariqchaga tushirilgan ip silindrni y burchakda quchoqlaydi (14.1- *a* rasm), bunda ip 2 umumiy holda bir vaqtning o'zida ariqchani ikkala tomonida vint yuzalar bilan teginib turadi. *AB* sohada ip bir tomon bilan, *CD* sohada ip ikkinchi tomon bilan teginadi, *BC* sohada esa ariqcha tubida joylashadi. Agar r_1 va r_2 kattalashsa *CD* va *MD* sohalar uzunliklari va quchoqlash burchaklari y kattalashadi. Amaliy hisoblarda bir o'ram o'rashda *D* va D_1 nuqtalar siljishini nazarga olmasa ham bo'ladi. Bu holda ipning vint yuza bilan teginish nuqtasi *D* silindr *I* o'qi bo'ylab ariqchani yon qirg'og'ining yuqori qirradi tenglamasini ifodalovchi qonun bo'yicha siljiydi.

Har xil yo'nalishdagi ariqchalarning qo'shilish joyigacha ishqalanuvchan mushtak *I* yordamida sirpanishsiz aylantirilayotgan o'rash jismidagi ipning yotqizilish burchagi amalda vint ariqcha yon qirg'og'ining yuqori qirradi ko'tarilish burchagiga teng bo'ladi. Jism 4 ning yuritilishi ishqalanishsiz bo'lganida inersiyasiz o'rash ishchi profillari vint ariqcha *a* hosil qiluvchi ikkita silindrik mushtaklardan iborat bo'lgan mushtak *I* yordamida bajariladi (14.-1 *b* rasm). Odatda, mushtak *I* ni yupqa devorli yumaloq, ichi bo'sh silindr ko'rinishida tayyorlanadi. Ip 2 o'rashda ipyo'naltiruvchining ko'zi 3 holatiga bog'liq holda *ABCDM* yoki $A_1D_1M_1$ egri chiziq bo'yicha joylashishi mumkin. *Joriy nimqavatni* shakllashda *D* va D_1 nuqtalar holatlari vertikal bo'yicha harakatsiz, lekin mushtak *I* ning yasovchisi bo'ylab siljiydigan deb hisoblashimiz mumkin. Demak, bu holda ham o'rash nuqtasi deb olingan *D* nuqta mushtak *I* yasovchisi bo'ylab o'tadigan ariqcha *a* ning yon qirg'og'ining yuqori qirradi tenglamasiga mos qonun bo'yicha harakat qiladi. O'rash jismi 4 dagi ipning ko'tarilish burchagi ω_1 , ω_2 tezliklar nisbati va boshqa ko'rsatkichlarga bog'liq.



14.1 rasm. Silindrik mushtchalar vint ariqchalarida ipning joylashish sxemalari:

a) mushtcha 1 ishqalanuvchan (1—mushtak; 2—ip; 3—o'rash jismi). b) mushtak faqat ip yotqizadi (1—mushtak; 2—ip; 3—ipyo'naltiruvchi ko'z; 4—o'rash jismi).

Shunday qilib, inersiyasiz o'rash mexanizmining kinematik hisobida mushtak yasovchisi bo'ylab D nuqtaning ko'chish tezlik va tezlanish qonunlari aniqlanadi.

Ariqcha yon yuzalari va ip orasidagi ishqalanish kuchlarining mavjudligi ipning A va D nuqtalarda to'g'ri chiziqlardan og'ishiga olib keladi.

Inersiyasiz o'rash mexanizmida (2.11- a rasm) ko'zcha K bir tekis aylanma harakat qiladi. Kinematik hisobda y_2 o'q bo'yicha qo'zg'almas mushtakning ishchi profili bilan ipning tegishish nuqtasi A ning siljishi, tezligi va tezlanishi aniqlanadi.

Ko'zcha K $\psi = \psi' t$ burchakka aylanganda ko'zcha K va radial qirg'iq C tomonidan yetaklanuvchi ip Oy_2 o'qi bo'yicha $y_2 = H/2 - Q \cos \psi$ yo'lni o'tib, O holatdan A holatga ko'chadi (14.2- rasm). Bu yerda H — Oy_2 o'q bo'yicha qo'zg'almas mushtak profili teshigining maksimal o'lchami; ρ — mushtak ishchi profili radius-vektori; ψ' — ko'zcha K joylangan ipyetaklovchi diskning burchak tezligi.

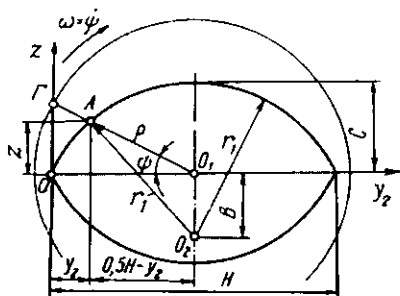
A nuqtaning Oy o'qi bo'yicha tezligi:

$$y_2 = dy_2 / dt = \dot{\psi} \rho \sin \psi - \dot{\rho} \cos \psi = \dot{\psi} z / \sin^2 \psi - \dot{z} \operatorname{ctg} \psi. \quad (14.1)$$

Tezlanish esa:

$$\begin{aligned} \ddot{y}_2 &= 2\dot{\psi}\dot{\rho} \sin \psi + \dot{\psi}^2 \rho \cos \psi - \ddot{\rho} \cos \psi = \\ &= (\dot{\psi} \dot{z} \sin \psi - 2\dot{\psi}^2 z \cos \psi) / \sin^3 \psi - \ddot{z} \operatorname{ctg} \psi + \dot{\psi} \dot{z} / \sin^2 \psi. \end{aligned} \quad (14.2)$$

Bu yerda: $\dot{\rho} = d\rho / dt$; $\ddot{\rho} = d^2\rho / dt^2$; $\dot{z} = dz / dt$; $\ddot{z} = d^2z / dt^2$;



14.2 rasm. Ipyetaklagich aylanadigan yotqizish mexanizmining harakatsiz mushtchasi sxemasi:

a) mushtcha 1 friksion bo'lib xizmat qiladi (1—mushtcha; 2—ip; 3—o'rash jismi); b) mushtcha faqat ip o'raydi (1—mushtcha; 2—ip; 3—yo'naltiruvchi ko'z; 4—o'rash jismi).

z — A nuqtaning Oz o'qi bo'yicha koordinatasi.

Aytaylik *mushtakning ishchi profili* r_1 radiusli aylananing yoyi deb faraz qilamiz (14.2- rasm). U holda:

$$\begin{aligned}\rho &= \sqrt{r_1^2 - B^2} \cos \psi - B \sin \psi; \\ \dot{\rho} &= \dot{\psi} B^2 \cos \psi \sin \psi / \sqrt{r_1^2 - B^2 \cos^2 \psi} - \dot{\psi} B \cos \psi; \\ \ddot{\rho} &= \dot{\psi}^2 B^2 [r_1^2 (\cos^2 \psi - \sin^2 \psi) - B^2 \cos^4 \psi] / \\ &\quad / \sqrt{(r_1^2 - B^2 \cos^2 \psi)^3} + \dot{\psi}^2 B \sin \psi; \end{aligned} \quad (14.3)$$

$$\begin{aligned}y_2 &= H / 2 - (\sqrt{r_1^2 - B^2 \cos^2 \psi} + B \sin \psi \cos \psi); \\ \dot{y}_2 &= \dot{\psi} (\sqrt{r_1^2 - B \cos^2 \psi} - B \sin \psi) \sin \psi - \\ &\quad - \dot{\psi} B^2 \cos^2 \psi \sin \psi / \sqrt{r_1^2 - B^2 \cos^2 \psi} + \dot{\psi} B \cos^2 \psi; \end{aligned} \quad (14.4)$$

bu yerda: $B = \sqrt{r_1^2 - H^2 / 4}$;

$\psi = \pi / 2$ da quyidagiga ega bo'lamiz:

$$y_2 = 0; \dot{y}_2 = B\dot{\psi}; \ddot{y}_2 = r_1^2 \dot{\psi}^2 / \sqrt{r_1^2 - B^2} = 2r_1^2 \dot{\psi}^2 / H, \\ \psi = \pi / 2 \text{ da}$$

$$y_2 = H / 2; \dot{y}_2 = \dot{\psi}(r_1 - B) = C\dot{\psi}; \ddot{y}_2 = -2B\dot{\psi}^2 = 2\dot{\psi}^2 \sqrt{r_1^2 - H^2 / 4}.$$

Agar $z = (H / 2 - H\psi / \pi) \operatorname{tg} \psi$ bo'lsa, u holda,

$$\dot{z} = (H / 2 - H\psi / \pi) \dot{\psi} / \cos^2 \psi - H\dot{\psi} \operatorname{tg} \psi / \pi;$$

$$y_2 = H\psi / \pi; \quad \dot{y}_2 = H\dot{\psi} / \pi; \quad \ddot{y}_2 = 0.$$

14.2. Pnevмомеханик yigiruv mashina ipyotqizish mexanizmining kinematik tahlili

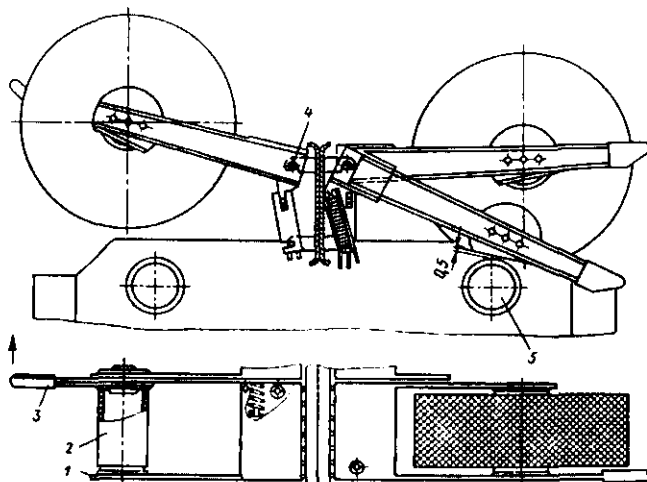
БД-200-М69 mashinada ip silindrik tutakka yassi yonboshli qiya kesishuvli o'ralishli bobina hosil qilib o'raladi. Bunda o'rash jismi aylanadi va ipyetaklagich bobina o'qiga parallel ilgari lanma-qaytma harakat qiladi. Tayyor ip o'ralayotgan silindrik bobina belgilangan kuch bilan o'rash vali 5 ga (14.3- rasm) bosiladi va ishqalanish hisobiga undan aylanish oladi. Bobinaning bosilishini bobinatutgich ta'minlaydi. Tutak 2 o'z o'qi atrofida aylana oladigan dastak 1 va 3 da o'rnatilgan, sharikpodshipniklarda aylanuvchi korpus qopqalarda qotirilgan. Dastak 1 shunday birlashtirilganki, dastak 1 ga parallel bo'lgan holatdan yurishi mumkin. Bunday tuzilish tayyor bobinani yechish va yangi tutakni kiydirish uchun kerak. Bobinaushlagich dastak prujinali mexanizm yordamida bobinaga o'ralgan va uning massasi oshgan sari uni o'rash vali 5 ga o'zgar mas kuch bilan bosadi. Bu esa bobinaning teng yonboshli silindrik shaklida o'ralishini ta'minlaydi.

Bobinada ipni yotqizilishi, ipni yotqizish joyiga maksimal yaqinlashishda joylamaga ipo'tkazgichlar joylashgan shtanganing ilgari lanma-qaytma harakati bilan bajariladi. Shtanga harakatni fazoviy silindrik mushtak 10 ariqchasiga kiruvchi o'qcha 17 li bo'yincha 15 o'rnatilgan surilma 16 orqali yotqizish mexanizmidan oladi (14.4- rasm). Mushtak aylanishni, o'z navbatida, aylanish harakatini o'rash validan oluvchi val 13 ga o'tqazilgan tishli g'ildirak 11 dan oladi. Bu chiqarish tezligi va yotqizish tezligi orasidagi o'zgar mas nisbatni ta'minlaydi.

14.5- rasmda silindrik ariqchali mushtchaning o'rta radius bo'yicha qilingan *nazariy profil yoyilmasi* ko'rsatilgan. Mushtakning nazariy profili vintiy chiziq ko'rinishida bo'ladi, shuning uchun bir xil radius R_1 va R_2 li aylana yoylari bilan yumaloqlanib tutashgan ikki to'g'ri chiziqdan iborat. Mushtak aylanganda o'qcha ariqcha bo'yicha harakatlanadi va uning markazi *ABCDEF* traektoriyani chizadi. *AB* yoy bo'yicha o'qchani dumalatishda uning markazining ko'chish qonuni quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$y_1 = R_1 - \sqrt{R_1^2 - r^2 \varphi_1^2}, \quad (14.5)$$

bu yerda: r — silindrik mushtak nazariy profilining o'rtacha radiusi; φ_1 — mushtakning aylanish burchagi.



14.3- rasm. Bobinatutgich chizmasi.

O'qcha markazi B nuqta bilan mos keladigan *mushtakning maksimal aylanish burchagi*:

$$\varphi_{1 \max} = R_1 \cdot \sin \frac{\alpha}{r},$$

bu yerda: α — vintiy ariqchanning ko'tarilish burchagi.

Mushtakning keyingi aylanishida o'qcha markazi α ko'tarilish burchakli BC to'g'ri chiziqda harakatlanadi va ipyetaklagich quyidagi qonun bo'yicha ko'chadi:

$$y_2 = r(\varphi_2 - \varphi_{1 \max}) \operatorname{tg} \alpha, \quad (14.6)$$

bu yerda: φ_2 — ABC bo'yicha o'qcha markazining ko'chishiga mos keluvchi mushtakning aylanish burchagi.

Markaz CD yoy bo'yicha harakatlanganda ipyetaklagichning ko'chish qonuni:

$$y_3 = \sqrt{R_2^2 \cos^2 \alpha + 2R_2 r [\varphi_3 - (\pi - \varphi_{1 \max})] \sin \alpha - r^2 [\varphi_3 - (\pi - \varphi_{1 \max})] - R_2^2 \cos \alpha}. \quad (14.7)$$

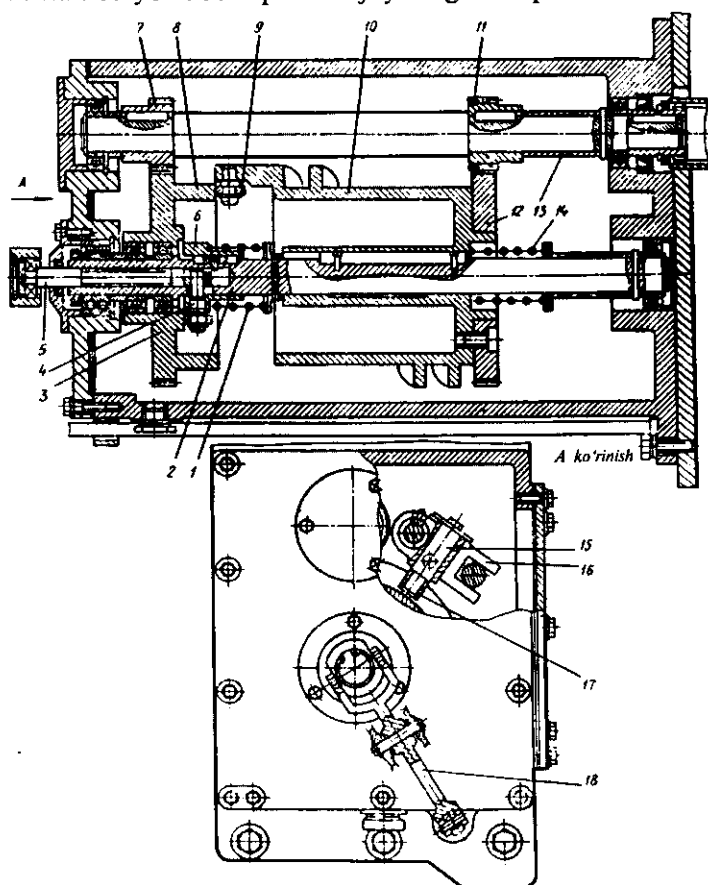
Mushtcha φ burchakka aylanganda ipyetaklagich (o'qcha markazi) ning umumiy ko'chishi:

$$y = y_1 + y_2 + y_3.$$

Profilning har bir qismida ipyetaklagichning tezlik va tezlanishini aniqlash uchun mos keluvchi ko'chishdan vaqt bo'yicha birinchi va

ikkinchi tartibli hosilalarni topish kerak. Mushtak profili simmetrik bo'lgani uchun, *DEFA* tushish shoxi ko'tarilish shoxining ko'zgudagi aksi bo'ladi. Tebranish amplitudasi H va bosim burchagi $\lambda = 30^\circ$ bo'lganda mushtakning minimal radiusi $r_{\min} = 0,55 H$. Ip bobinaga o'ralishida, ip bir joyga bir necha marta yotqiziladigan tolimsimon o'ralish hosil bo'lishi mumkin. Bu esa ipni bo'shatayotganda uning uzilishiga olib keladi. Tolimsimon o'ralishning oldini olish uchun har bir keyingi ip o'ramlarini oldingisiga nisbatan surilishi qo'llaniladi.

O'ramlarni surish uchun mexanizmda (14.4- rasimga qarang) asosiy mushtak 10 yonbosh qismida joylashgan o'qcha 9 bilan ish profili



14.4-rasm. Ipyotqizish mexanizmi chizmasi.

teginib turuvchi, *qo'shimcha yonboshli mushtak 8* mavjud. Qo'shimcha mushtak 8 asosiy mushtak 10 ni val 2 o'qi bo'ylab suradi. Prujina 14 o'qchani mushtak 8 profili bilan doimiy tutashuvini ta'minlab turadi. U ichki halqalari val 2 da o'rnatilgan ikki sharikli podshipnikning tashqi halqalarida joylashgan.

Mushtak 8 asosiy mushtak 10 ni surishi uchun, ularning sanamlari har xilligini ta'minlash kerak, buning uchun val 13 dan uzatish sonlari har xil qilinadi. Demak,

$$\frac{z_1}{z_3} \neq \frac{z_2}{z_4},$$

bu yerda: $z_1=30$ — g'ildirak 11 ning tishlar soni;

$z_2=29$ — asosiy mushtak bilan biki bog'langan g'ildirak 12 ning tishlar soni;

$z_3=98$ — g'ildirak 7 ning tishlar soni;

$z_4=99$ — qo'shimcha mushtak bilan birga tayyorlangan g'ildirakning tishlari soni.

Asosiy mushtakning nechta aylanishida qo'shimcha mushtak bir aylanish bajarishini aniqlaymiz. h_0 orqali val 13 ning aylanish sanamini, n_1 va n_2 orqali, mos ravishda, asosiy va qo'shimcha mushtaklarning aylanish sanamlarini belgilaymiz. U holda

$$n_1 = \frac{30}{98} n_0; \quad n_2 = \frac{29}{99} n_0; \quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{30 \cdot 99}{98 \cdot 29} \approx 1,045.$$

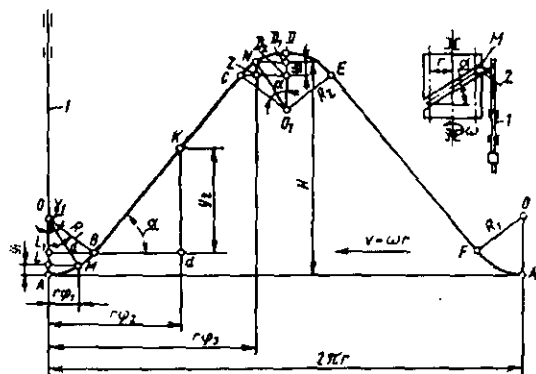
Shart bo'yicha $n_1 - n_2 = 1$ bo'lganligi uchun o'rash davri asosiy mushtakning 22, 18 aylanishiga mos kelishini topamiz.

Shunday qilib, *ipyetaklagich shtangasining ko'chishi* quyidagi tenglamadan aniqlanishi mumkin:

$$y = y_0 \pm y_2, \quad (14.8)$$

bu yerda: u_0 — ipyetaklagichni asosiy mushtak ta'sirida ko'chishi; u_2 — ipyetaklagichning qo'shimcha (ariqchali) mushtak ta'sirida ko'chishi.

Ezuvchi valik elastik qoplamasini saqlash uchun yotqizish mexanizmi ipni chiqaruvchi jufta surilishini ta'minlaydi. Ip, tishli g'ildirak z_4 bilan birgalikda tayyorlangan, ichki o'qiy mushtakdan suriladi. Ip o'tishi uchun ariqchalar mavjud bo'lgan shtanga ikkinchi uchi tortqi 5 bilan birikkan dastak 18 bilan birlashgan (14.4- rasimga qarang). Tortqi 5 val 2 ichidan o'tgan va prujina 1 bilan mushtak bosilgan val 2 da



14.5- rasm. Ariqchali silindrik mushtcha nazariy shaklchizig'ining yoyilmasi.

joylashgan vtulka bilan bo'ynicha 4 yordamida biriktirilgan. Vtulka 6 val 2 bilan shponka yordamida birikkan va shuning uchun asosiy mushtak bilan birga aylanadi. Yonboshli mushtak tortqi 5 ni va u bilan birga ariqchali shtangani taxminan 6 mm ga suradi. *Tarqoqlash mexanizmi korpusi* germetik qilinadi, unga yog' quyiladi, bu esa mexanizmning ta'mirsiz uzoq vaqt ishlashini ta'minlaydi.

Pnevmomexanik yigiruv mashinalari o'rash mexanizmlari yangi konstruksiyalarini rivojlantirishda asosiy yo'nalishlar quyidagilar:

- 1) berilgan tuzilishli joylamalarni shakllash va ipyetaklagichni boshlang'ich holatga o'tkazish bilan bog'liq bo'lgan hamma qo'l ope-ratsiyalarini yo'qotuvchi avtomatik o'rash mexanizmini o'rnatish;
- 2) chekka holatlarda ipyetaklagich balandligini qisqartirish va inersion kuchlar ta'sirini kamaytirish imkonini beradigan kam bo'g'inli o'rash mexanizmini yaratish;
- 3) kuchtutashuv o'rniga kinematik tutashuvli mexanizmlarni qo'llash.

14.3. Silindrik mushtchali ipyotqizish mexanizmlarining kinematik tahlili

Yotqizish mexanizmlaridagi silindrik mushtchalar, odatda, o'rash jismi ustki qatlamiga ipni spiral chiziq bo'yicha yotqizishga mo'ljallangan; bu mushtaklarda ham kuch bilan, ham geometrik tutashuv qo'llaniladi. Agar ariqcha (14.6- a rasm) vintiy profilini yoyilsa (o'rta radius r_1), unda *ABCDEKA* ishchi profilida rolik dumalaganda uning o'qi O_1 $O_1C_1D_1E_1O_1$ traektoriya bo'yicha harakat qiladi, ustuncha 3 esa mushtcha aylanish o'qi bo'yicha ilgarilanma-qaytma harakat qiladi.

Agar mushtcha 1 ning AB (yoy egrilik) radiusi rolik 2 ning radiusi r_2 ga teng bo'lsa, O_1 o'q va rolik orasida kinematik tirqish bo'lmasa hamda tutashuv kuchi bilan bo'lsa mushtakning ψ burchakka buralishida ustuncha $y_2 = r_1 \psi \operatorname{tg} \alpha$ ga ko'chadi. $y_2 = r_1 \psi \operatorname{tg} \alpha$ tezlik va $y_2 = r_1 \psi \operatorname{tg} \alpha$ tezlanishga ega bo'ladi. Bu yerda α — ishchi vintiy profilning ko'tarilish burchagi, $0 \leq \psi \leq \psi_1$.

14.5- a rasmdan:

$$\psi_1 = \frac{\pi - (r_2 + r_3) \sin \alpha}{r_1}, \quad (14.9)$$

bu yerda: r_3 — mushtak ishchi profili uchining yumaloqlanish radiusi.

Roлик 2 CD egri chiziq bo'yicha dumalaganda, ustuncha quyidagi qonun bo'yicha ko'chadi:

$$y_2 = \sqrt{(r_2 + r_3)^2 - r_1^2 \psi_2^2} - (r_2 + r_3) \cos \alpha =$$

$$\sqrt{(r_2 + r_3)^2 - r_1^2 \left(\frac{(r_2 + r_3) \sin \alpha}{r_1} - \psi_2 \right)^2} - (r_2 + r_3) \cos \alpha. \quad (14.10)$$

Bunda tezlik

$$\dot{\psi}_2 = \frac{\dot{\psi} r_1^2 \left(\frac{r_2 + r_3}{r_1} \sin \alpha - \psi_2 \right)}{\sqrt{(r_2 + r_3)^2 - r_1^2 \left(\frac{r_2 + r_3}{r_1} \sin \alpha - \psi_2 \right)^2}} \quad (14.11)$$

va tezlanish esa

$$\ddot{\psi}_2 = \frac{\ddot{\psi} r_1^2 r_1^2 (r_2 + r_3)^2}{\sqrt{\left[(r_2 + r_3)^2 - r_1^2 \left(\frac{r_2 + r_3}{r_1} \sin \alpha - \psi_2 \right)^2 \right]^3}} \quad (14.12)$$

bo'ladi, bu yerda $0 \leq \psi_2 \leq \pi - \psi_1 = \frac{(r_2 + r_3) \sin \alpha}{r_1}$.

Ustuncha 3 tushganda uning kinematik ko'rsakichlari ko'tarilishdagi ko'rsatkichlarning ko'zgudagidek aksi bo'ladi.

Ustunchaning pastki holatida harakat yo'nalishi o'zgaradigan terslanish paytida uning tezlanishi nazaran cheksizlikka teng bo'ladi.

Ipyetaklagich harakat yo'nalishi o'zgarishi paytida rolik o'qi harakati traektoriyasi r_1 radiusli aylana yoyidan iborat bo'lgan normal holatni ko'rib chiqaylik. Bu holda mushtak ψ_1 burchakka burilganda rolikning O_1 o'qi N_1 nuqtaga o'tadi, ustuncha esa quyidagi yo'lni bosib o'tadi (14.6- b rasm):

$$y_2 = \rho_1 - \sqrt{\rho_1^2 - r_1^2 \varphi_1^2}, \quad (14.13)$$

bunda tezlik va tezlanish:

$$\dot{y}_2 = \frac{r_1^2 \psi_1^2}{\sqrt{\rho_1^2 - r_1^2 \psi_1^2}}; \quad \ddot{y}_2 = \frac{r_1^2 \rho_1^2 \psi_1^2}{\sqrt{\rho_1^2 - r_1^2 \psi_1^2}}, \quad (14.14)$$

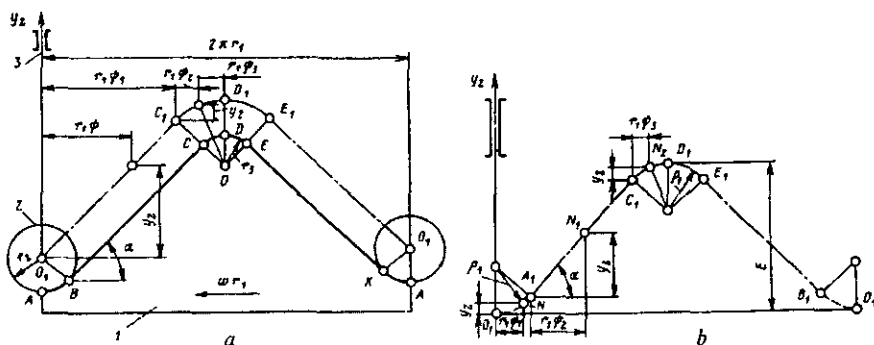
bu yerda $0 \leq \psi_1 \leq \rho_1 \sin \alpha / r_1$.

Rolikning o'qi $O_1 A_1 C_1$ qiya to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanganda ustuncha quyidagi kinematik ko'rsatkichlarga ega bo'ladi:

$$y_2 = r_1 \psi_2 \operatorname{tg} \alpha; \quad \dot{y}_2 = r_1 \dot{\psi}_2 \operatorname{tg} \alpha; \quad \ddot{y}_2 = r_1 \ddot{\psi}_2 \operatorname{tg} \alpha = 0. \quad (14.15)$$

$C_1 D_1$ yoy bo'ylab harakatlanganda esa:

$$y_2 = \sqrt{\rho_1^2 - r_1^2 \left(\frac{\rho_1 \sin \alpha}{r_1} - \psi_3 \right)^2} - \rho_1 \cos \alpha, \quad (14.16)$$



14.6- rasm. Silindrik mushtaklar yoyilmalari:

a) kuch tutashuvli; b) geometrik tutashuvli.

$$\dot{y}_2 = \frac{r_1^2 \ddot{\psi}_3 \left(\frac{\rho_1 \sin \alpha}{r_1} - \psi_3 \right)}{\sqrt{\rho_1^2 - r_1^2 \left(\frac{\rho_1 \sin \alpha}{r_1} - \psi_3 \right)^2}}, \quad (14.17)$$

$$\ddot{y}_2 = - \frac{r_1^2 \rho_1^2 \ddot{\psi}_3^2}{\sqrt{\left[\rho_1^2 - r_1^2 \left(\frac{\rho_1 \sin \alpha}{r_1} - \psi_3 \right)^2 \right]^3}}, \quad (14.18)$$

bu yerda $0 \leq \psi_2 \leq \psi_{2\max} = \pi - \rho_1 \sin \alpha / r_1$;

$$0 \leq \psi_3 \leq \psi_{3\max} = \rho_1 \sin \alpha / r_1.$$

$\ddot{y}$ dagi minus belgisi ustuncha tezlanishi harakat yo'nalishi terslanishi paytida tezlikka qarama-qarshi tomonga yo'nalganligini ko'rsatadi (sekinlashuv).

(14.1—14.4) formulalarning tadqiqi shuni ko'rsatadiki, rolik o'qi $O_1 A_1$ yoy bo'yicha ko'chganda ustuncha tezligi noldan $\dot{y}_{2\max} = r_1 \psi_1 \operatorname{tg} \alpha$ gacha o'zgaradi, tezlanish esa — $\dot{y}_{2\min} = r_1^2 \dot{\psi}_1^2 / \rho_1$ dan $\ddot{y}_{2\max} = r_1^2 \dot{\psi}_1^2 / (\rho_1 \cos^3 \alpha)$ gacha.

Rolikning o'qi qiya to'g'ri chiziqli harakatida ustunchaning tezlik va tezlanishi o'zgarmay qoladi: $\dot{y}_2 = r_1 \dot{\psi}_2 \operatorname{tg} \alpha$; $\ddot{y}_2 = 0$.

O_1 o'qning $C_1 D_1$ yoy bo'ylab harakatida tezlik va tezlanishlar uchun

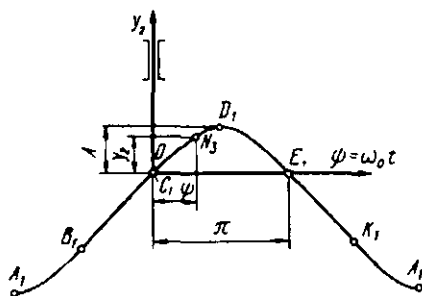
$$\dot{y}_{2\max} = r_1 \dot{\psi}_3 \operatorname{tg} \alpha; \dot{y}_{2\min} = 0; \ddot{y}_{2\max} = - \frac{r_1^2 \ddot{\psi}_3^2}{\rho_1 \cos^3 \alpha}; \ddot{y}_{2\min} = - \frac{r_1^2 \ddot{\psi}_3^2}{\rho_1}.$$

Agar O_1 o'q $D_1 E_1 B_1 O_1$ traektoriya bo'yicha harakatlansa, ustunchaning kinematik ko'rsatkichlari yuqoridagi formulalardan topiladi.

Shunday qilib, rolik o'qi terslanish paytida aylana yoyi bo'yicha harakat qilsa, ipyetaklagich shtangasi tezlanishi ikki marta maksimumdan o'tadi va rolik ikki marta zarbiy yuklama oladi.

Agar mushtcha markaziy profilining to'g'ri qismlari sinusoidal egri chiziq bilan tutashsa (14.7- rasm) *ipyetaklagich shtangasining kinematik ko'rsatkichlari* quyidagi formula yordamida yoziladi:

$$y_2 = A \sin \omega_0 t; \dot{y}_2 = A \omega_0 \cos \omega_0 t; \ddot{y}_2 = -A \omega_0^2 \sin \omega_0 t. \quad (14.19)$$



14.7- rasm. Ariqchasining vintli chiziqlari sinusoidal tutashgan silindrik mushtchanning markazlar chizig'ining yoyilmasi.

Bu yerda A — sinusoida amplitudasi; ω_0 — sinusoidal qonunning burchak tezligi; t — vaqt ($0 \leq t \leq t_0$); $t_0 = b_1 / (r_1 \psi_3) = 2\psi_{3\max} / \psi_3$ — ipyetaklagich harakat yo'nalishi o'zgarish vaqti; b_1 — $S_1 E_1$ kesimning uzunligi (mushtak chizilmasidan olinadi): $b_1 = 2r_1 \psi_{3\max}$.

Sinusoidal egri chiziq quyidagi shartlarni qoniqtirishi kerak: $t=0$ da $y_2 = A\omega_0 = r_1 \psi_3 \operatorname{tg} \alpha$ bo'lishi, $t = 0,5t_0$ da esa $0,5\omega_0 t_0 = 0,5\pi$ bo'lishi kerak. Bundan quyidagi boshlang'ich ko'rsatkichlarni topamiz:

$$\omega_0 = \frac{\pi}{t_0} = \frac{\pi r_1 \psi_3}{b_1}; \quad t_0 = \frac{b_1}{r_1 \psi_3}; \quad A = \frac{r_1 \psi_3 \operatorname{tg} \alpha}{\omega_0} = \frac{b_1 \operatorname{tg} \alpha}{\pi}. \quad (14.20)$$

Keyin esa hisobiy bog'lanishlarni quyidagicha aniqlaymiz:

$$y_2 = \frac{b_1 \operatorname{tg} \alpha \sin \frac{\pi r_1 \psi_3 t}{b_1}}{\pi}; \quad y_2 = r_1 \psi_3 \operatorname{tg} \alpha \cos \frac{\pi r_1 \psi_3 t}{b_1};$$

$$\ddot{y}_2 = \frac{\pi r_1 \psi_3^2}{2\psi_{3\max}} \operatorname{tg} \alpha \sin \frac{\pi \psi_3 t}{2\psi_{3\max}}. \quad (14.21)$$

Oxirgi formulaning tahlili ko'rsatadiki, sinusoidal tutashuvda ipyetaklagichning tezlanishi noldan maksimalga va undan nolgacha silliq o'zgaradi va bunda:

$$\ddot{y}_{2\max} = -\frac{\pi r_1^2 \psi_3^2 \operatorname{tg} \alpha}{b_1} = -\frac{\pi r_1^2 \psi_3^2 \operatorname{tg} \alpha}{2\psi_{3\max}}. \quad (14.22)$$

Rolikning mushtak bilan geometrik tutashuvda shtanga yoki ustunchaning qo'shish qonuni ustunchaning unga mahkamlangan detallar bilan birga inersiya kuchi va tayanchlardagi ishqalanish kuchi nisbatiga

bog'liq bo'ladi. Agar ustuncha vertikal joylashgan bo'lsa va uning og'irlik kuchi inersiya kuchining yig'indisidan va tayanchdagi ishqalanish kuchidan katta bo'lsa, u holda rolik bilan mushtakning kuchtutashuvli hisoblash sxemasini olamiz. Agar shtanga gorizontal joylashgan bo'lsa (14.8- *a* rasm), unda ikki holat bo'ladi: shtanga 3 ning inersiya kuchi uning tayanchlardagi ishqalanish kuchidan kichik bo'lsa va aksincha. 14.8- *b* rasmda silindrik mushtak 1 ning o'rta radiusi r_1 bo'ylab yoyilmasi tasvirlangan. Birinchi ehtimol holatni ko'raylik: shtanganing unga mahkamlangan detallari bilan birga inersiya kuchi uning tayanchlaridagi *ishqalanish kuchi* va *foydali qarshilik kuchlari* (ipning tarangligi) yig'indisidan kichikdir. Odatda, shtanga 4 ikkita yo'naltiruvchida harakatlanadigan karetkaga mahkamlanadi. Karetkaga barmoq 2 mahkamlangan va o'ziga o'tqazilgan rolik 3 bilan birga mushtak 1 ning ariqchasiga kiradi. *Tirqishsiz o'tqazishda* ($\Delta_1 = \Delta_2 = 0$) barmoq o'qi O_1 mushtak aylanganda $O_1 A_1 B_1 C_1 D_1 K_1 O_1$ traektoriya bo'ylab ko'chadi, shtanga 4 ning kinematik parametrlarini (14.13)...(15.16) yoki (15.17) formulalar yordamida aniqlash mumkin.

Yotqizish mexanizmining qisqa muddatli ishlashidayoq mexanik yeyilish oqibatida tirqish Δ_1 paydo bo'ladi va uning kattaligi uzluksiz ortib boradi. Tirqishning mavjudligida ($\Delta_1 + \Delta_2 > 0$) barmoqning o'qi O_1 *OABCDKO* traektoriya bo'yicha ko'chadi. Barmoq 2 ning o'qi *OA* va *CD* to'g'ri chiziqlar bo'ylab ko'chayotganda shtanga to'xtab turadi. *A* va *D* nuqtalarda shtanga oniy doimiy tezlikni oladi. *BC* va *KO* qismlarda shtanga tezligi nolga pasayadi.

14.7- *b* rasmdan: $a = d_1 + \Delta$; $d_1 = d_2 + \Delta_2 + 2\delta$; $2\delta = d_1 - d_2 - \Delta_2$ ekanini ko'rinadi.

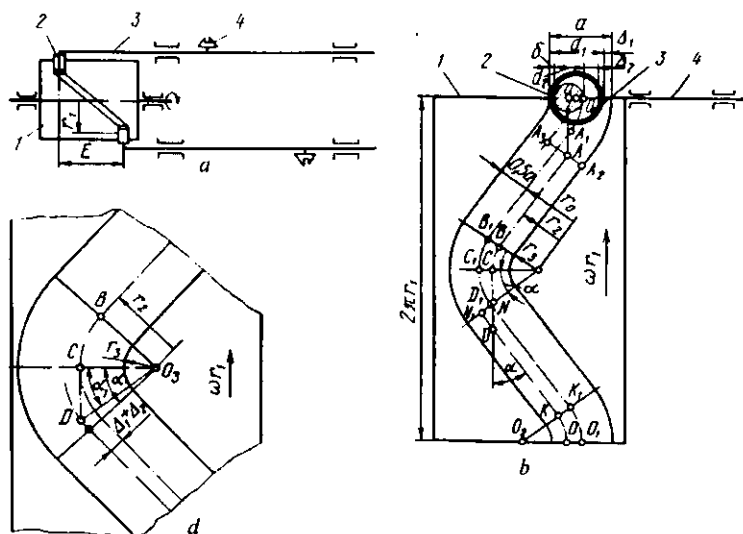
Barmoq o'qi O_1 traektoriyasi *ABC* qismda ariqchani pastki qirrasidan $AA_2 = \delta + d_2 / 2 = (d_1 - \Delta_2) / 2$ masofaga uzoqlashgan. *DKO* qismlarda ariqcha ustki qirrasidan ham huddi shunday uzoqlashish mavjud.

Shunday ekan, barmoq 2 ning ehtimolga yaqin lyufti

$$AA_3 = -2\delta - d_2 = \Delta_1 + \Delta_2.$$

bu yerda a — ariqchani nominal eni; d_1 — rolikning nominal diametri; d_2 — barmoqning diametri; δ — rolik devori qalinligi.

OA va *CD* to'g'ri chiziqli sohalar uzunligi Δ_1 va Δ_2 tirqish kattaliklariga, rolik 3 va mushtak 4 egrilik radiuslariga, shuningdek to'g'ri sohalarining qiyalik burchagi α ga bog'liq bo'ladi.



14.8-rasm. Silindrik mushtakli yotqizish mexanizmi sxemasi:

a) ikkita gorizontali shtangali ipyetaklagich (1—mushtcha; 2—rolik; 3—shtanga; 4—ipyetaklagich); b) mushtchaniy vintiy ariqchasida rolikning joylashuvi (1—mushtcha; 2—barmoq; 3—rolik; 4—ipyetaklagich shtanga); d) rolik mushtchaniy uchidan yumalab o'tishida barmoq markazining harakat traektoriyasi.

Kichik tirqishda (14.8- b, d rasm) to'g'ri chiziqli soha uzunligi va unga mos burchak

$$CD = \sqrt{(\Delta_1 + \Delta_2)^2 + 2(\Delta_1 + \Delta_2) \left[r_3 + \frac{d_1 - \Delta_2}{2} \right]}, \quad (14.23)$$

$$\alpha_1 = \arcsin \left(\frac{\sqrt{(\Delta_1 + \Delta_2)^2 + 2(\Delta_1 + \Delta_2) \left(r_3 + \frac{d_1 - \Delta_2}{2} \right)}}{r_3 + \Delta_1 + \Delta_2 + \frac{d_1 - \Delta_2}{2}} \right) \quad (14.24)$$

ifodalardan hisoblab topiladi.

Burchak α kichrayganda boshqa bir xil sharoitda CD uzunlik ortadi va mexanizm tinchroq ishlaydi.

Shtanganing terslanish holatda turish vaqti:

$$\tau = \frac{CD}{\eta \dot{\psi}_1} = \frac{CN + ND}{\eta \dot{\psi}_1} \quad (14.25)$$

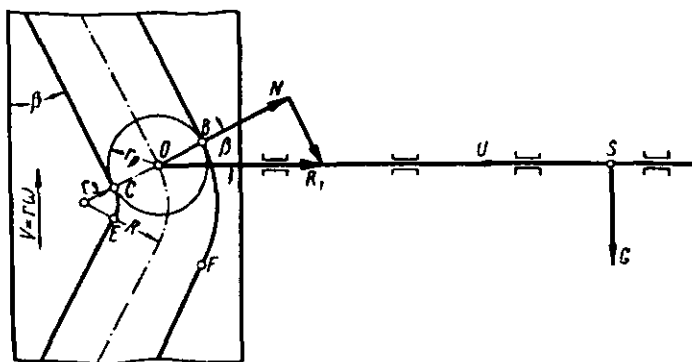
Agar shtanga inersiya kuchi uning tayanchlaridagi ishqalanish kuchidan katta bo'lsa, terslanish holatida u inersiya bo'yicha $\Delta_1 + \Delta_2$ ga teng bo'lgan tirqishni olib, harakatni davom ettiradi. Tirqishlarni olib bo'lib rolik 3 mushtak ariqchasining narigi devoriga zarba bilan uriladi. Zarba kuchining kattaligi va *urishuvchi tizimlar beriluvchanligi* shtanganing rezerv paytidagi kinematik parametrlarini belgilaydi. Bu parametrlarni analitik va tajriba orqali aniqlash mumkin.

14.4. Ipyetaklagich shtangasi ko'p tayanchli o'rash mexanizmlaridagi kuchlarni tekshirish

Agar ipyetaklagich shtangasi ko'p tayanchga ega bo'lsa, bu shtanganing kuch hisobini uch moment teoremasidan foydalanib, ko'ptayanchli balka singari bajarish kerak. Lekin bunday hisobda tajriba orqali topilganda natija, odatda, haqiqiysidan tubdan farq qiladi. Buning sababi shuki, hisoblashda tayanchlar qiyshayishi, shtanganing egilishi va solqiligi, shuningdek tayanchlardagi tirqishlar kattaligi hisobga olinmaydi. *Mustahkamlikka hisoblashda eksentrikka maksimal bosimni va maksimal siljish kuchlanishini* aniqlash zarur.

Yuqorida keltirilganidek, o'rash eksentrigiga maksimal bosim shtanganing harakat yo'nalishi almashgandagi, inersiya kuchi paydo bo'lganda hosil bo'ladi.

Shtanganing turish holatidan chiqish paytida unga quyidagi kuchlar ta'sir etadi (14.9-rasm):



14.9- rasm. Ko'p tayanchli shtanganing eksentrikka bosimini hisoblash sxemasi.

a) inersiya kuchi

$$U = ma_{\max}; \quad (14.26)$$

b) tinch ishqalanish kuchi

$$F = mgf;$$

d) eksentrik R_1 tomonidan shtangaga reaksiya.

Dalamber prinsipini qo'llab, quyidagini olamiz:

$$R_1 = U + F = ma_{\max} + mgf, \quad (14.27)$$

bu yerda: mg — shtanganing unga mahkamlangan detallari bilan birga og'irligi; $a_{\max}$ — shtanganing harakat yo'nalishi almashgan paytidagi tezlanishi, bunda

$$a_{\max} = \frac{r^2 \omega^2}{R \cos^2 \beta}, \quad (14.28)$$

bu yerda f — tayanchlardagi sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti.

Shunday ekan, eksentrikka maksimal yuklanish, ariqcha profilini vintiy chiziqlari R radiusli aylana yoyi bilan kesishgan joyda, ya'ni B , C , E va F nuqtalarda bo'ladi.

Ekssentrik profilining yeyilishini kamaytirish uchun bu joylardagi yeyilishga chidamli materialdan tayyorlangan qo'yilmalar joylashtiriladi. Agar ekssentrik $C\Gamma$ 18 dan tayyorlangan bo'lsa, unda qo'yilmalarni toblangan po'lat 45 yoki 50 lardan tayyorlasa bo'ladi. Agar ekssentrik po'lat 45 yoki 50 dan tayyorlangan bo'lsa, unda qo'yilmalar — po'lat 65Г dan yoki sementitlangan xromli po'lat 15X dan tayyorlanadi.

Ekssentrikka normal bosim umumiy holda quyidagiga teng:

$$N = R_1 \cos \beta = (ma_{\max} + mgf) \cos \beta.$$

Mazkur ifodaning tahlili shuni ko'rsatadiki, ekssentrikka bosim ipyetaklagich shtangasi harakat yo'nalishi o'zgarishi paytida keskin oshib ketadi.

Shtanga tezligi oshganda ham ekssentrikka bosim birdan oshadi va zarbiy xarakterga ega. Zarbiy yuklanishlar, detallar jadal yeyilishining, mashina titrashi, shtanga va unga mahkamlangan ipyetaklagich ko'zlari ushlagichlari yeyilishlarining manbayi hisoblanadi, eng muhimi esa, o'ram strukturasi vatarlar o'ramlarining yonboshga tushishi kabi nuqsonlariga sabab bo'ladi.

Shtanga berilgan tezligida eksentrikka bosimni kamaytirish uchun asosan, shtanga va unga mahkamlangan detallar og'irligini kamaytirish hisobiga amalga oshirish mumkin.

Agar shtanga og'irligining maksimal kamayishida ham eksentrikka bosim ruxsat etilgandan ortsa, unda qo'shimcha eksentrik o'rnatib, shtanga uzunligini kamaytirish zarur, yoki har bir ishchi o'ringa yakka yotqizish mexanizmini o'rnatish kerak, yoki ish prinsipi boshqa, masalan, inersiyasiz mexanizmlarni qo'llash lozim.

Xulosa

Bu bob o'rash mexanizmlarining kinematik va dinamik tahliliga bag'ishlangan bo'lib, bunda biz inersiyasiz ipyotqizish mexanizmlarining kinematik tahlili, pnevmomexanik yigiruv mashinasi ipyotqizish mexanizmi tahlili, silindrik mushtakli ipyotqizish mexanizmlarining kinematik tahlili, fazoviy eksentrikli o'rash mexanizmlarining dinamik tahlili, ipyetaklagich shtangasi ko'p tayanchli bo'lgan o'rash mexanizmlarida amal qiluvchi kuchlarni aniqlash va tekshirish masalalarini o'rgandik. Mazkur ma'lumotlar zikr etilgan turdagi mexanizmlarni loyihalashda ishlatiladi.

Nazorat savollari

1. O'rash mexanizmlarining kinematik tadqiqining ahamiyati nimada?
2. O'rash mexanizmlarining dinamik tadqiqining ahamiyati nimada?
3. Inersiyasiz yotqizish mexanizmlarining kinematik tahlili qanday bajariladi?
4. Pnevmmexanik yigiruv mashina ipyotqizish mexanizmini tavsiflang.
5. БД-200 mashina ipyotqizish mexanizmi kinematik tahlili qanday bajariladi?
6. Silindrik mushtakli ipyotqizish mexanizmlarining tuzilishi qanday?
7. Silindrik mushtakli ipyotqizish mexanizmining kinematik tahlili qanday bajariladi?
8. Fazoviy eksentrikli o'rash mexanizmlarining dinamik tahlili.
9. Ipyetaklagich shtangasi ko'p tayanchli o'rash mexanizmlaridagi kuchlarni tekshirish qanday bajariladi?

15. TARQOQLASH QURILMALI YOTQIZISH MEXANIZMLARINING KINEMATIK HISOBI

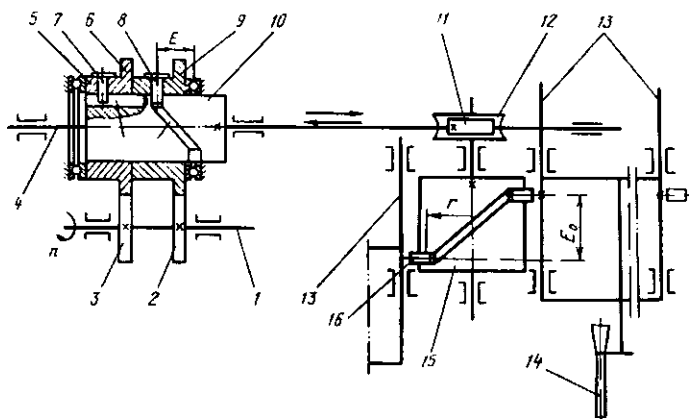
15.1. Tarqoqlash qurilmalarining turlari va ularning qo'llanilishi

Tarqoqlash qurilmasi oddiy o'rashda bir tekis qoplovli strukturani olish maqsadid *ip yotqizish burchagini* o'zgartirish uchun mo'ljallangan. Harakat prinsipiga qarab, tarqoqlash qurilmalari asosan ikki guruhga bo'linadi: *ipyetaklagich tezligini o'zgartiruvchi qurilmalar* va bir vaqtda ipyetaklagich chiziqli tezligini va *o'rash jismi aylanish sanamini o'zgartiruvchi qurilmalar*. Birinchi prinsipga asosan ishlaydigan qurilmalar, eng ko'p tarqalishga ega bo'ldilar. Ikkinchi prinsip bo'yicha, ya'ni ham joylamaning aylanma va ham ipyetaklagichning ilgari lanma-qaytma tezliklarini o'zgartirish mashina elektromotorining elektr ta'minotini davriy ravishda uzluklashga asoslangan. Bunda uzluklash *maxsus dastur* bo'yicha bajarilib, elektromotor uzilganda o'rash jismi va ishqalanuvchi yurituvchi silindr turlicha qonun bo'yicha to'xtalish holatida bo'ladilar. Bu narsa, bir tomondan, tasmasimon o'ralishning oldini olsa, ikkinchi tomondan o'rash jismi va yurituvchi silindr orasida sirpanish kattaligini kattagina oraliqda o'zgartirishga sabab bo'ladi. Bu ipda *tuklilanish, tolalarning uzilishi, elektrlanish* kabi nojo'ya holatlarga sabab bo'ladi. Mashinada titrash hodisalari va bu bilan bog'liq salbiy holatlar kuchayadi. Shu sababli, bu usul faqat sifati yuqori bo'lmagan arzon assortimentdagi mahsulot chiqarishga mo'ljallangan mashinalarda qo'llaniladi.

15.2. Sentrofugal-ipkashlik mashinasi yotqizish mexanizmi tarqoqlash qurilmasining kinematik hisobi

Mexanizmning sxemasi 15.1- rasmda keltirilgan bo'lib, unda ipyetaklovchi ustuncha 13 borib-keluvchi harakatni chervyak vali 4 dagi chervyak 11 dan aylanma harakat oluvchi chervyak g'ildiragi 12 gunchagiga mahkamlangan silindrik mushtak 15 dan oladi. Chervyak vali 4 val 1 dan aylanma harakat va val 4 ga mahkam o'rnatilgan mushtcha 10 dan ilgari lanma-qaytma harakat oladi.

Val 1 doimiy son bilan aylanadi. Mushtcha 10 ga g'ildirak 6 va 9 larning gupchaklari harakatchan o'tqazilgan. G'ildirak 6 gunchagi 5 mushtak 10 bo'ylab ariqchasi a ga kiruvchi barmoq 7 rolik bilan mahkamlangan.



15.1- rasm. Sentrofugal-ipkashlik mashinasi yotqizish mexanizmi sxemasi:

1, 4—vallar; 2, 3, 6, 9, 12—tishg'ildiraklar; 7, 8—barmoqlar; 10, 15—silindrik mushtchalar; 11—chervyak; 13—ustuncha; 14—ipyetaklagich ko'zi; 16—o'qcha.

Barmoq g'ildirak 6 dan mushtak 10 ga $n_1 = n z_3 / z_6$ son bilan aylanma harakat uzatadi, bu yerda n — val 1 ning aylanma soni.

G'ildirak 9 gupchagida mushtcha 10 vint ariqchasi b ga kiruvchi va n_3 sanam bilan valga ilgarilanma-qaytma harakat beruvchi barmoq 8 rolik bilan mahkamlangan.

G'ildirak 9 aylanma soni $n_2 = n z_2 / z_9$ bo'ladi.

G'ildirak 6 va 9 larning aylanma nisbiy soni esa:

$$n_3 = n_2 - n_1 = n(z_2 z_6 - z_3 z_9) / (z_6 z_9). \quad (15.1)$$

Ko'rilayotgan mexanizmدا $z_2 = 109$; $z_3 = z_6 = 93$; $z_9 = 108$.

Demak, $n_3 = n(z_2 - z_9) / z_9 = n / 108$, ya'ni tarqoqlash qurilmasining ish davri val 1 ning 108 marta aylanishi mobaynida davom etadi. Bu vaqt ichida mushtak 15 5,667 marta aylanadi, bundan 2,838 ta aylanish minimal sanam bilan va 2,834 tasi — maksimal bilan. Mushtak 15 (15.1- rasmga qarang) chervyak vali 4 ning qaytma harakatini hisobga olmagan holda, $n_4 = n z_3 z_{11} / (z_6 z_{12}) = n / 18$ sanam bilan aylanadi, bu yerda $z_{11} = 2$ — chervyak 11 ning kirishlar soni; $z_{12} = 36$ — g'ildirak 12 ning tishlari soni.

Chervyak valining qaytma harakatida chervyak 11 g'ildirak 12 bilan unga qo'shimcha $n_5 = 2 E n_3 / (\pi D) = 2 E n / (108 \pi D) = E n / (54 \pi D)$

sanam bergan holda reykaday ishlaydi, bu yerda $E = 55 \text{ mm}$ — mushtak 10 eksentrisiteti; $D = mz = 144 \text{ mm}$ — chervyak g'ildiragi 12 ning boshlang'ich aylanasi diametri.

Mushtcha 15 ning yig'indi aylanish soni

$$n_6 = n_4 \pm n_5 = n / 18 \pm En(54\pi D) = (3\pi D \pm E)n / (54\pi D). \quad (15.2)$$

Plus belgisini g'ildirak 12 aylanma tezligi bilan chervyak vali 4 ning qaytma harakati mos tushganda olinadi, minusini esa — bu tezliklar yo'nalishi mos kelganda. Mushtcha 15 aylanma soni maksimumdan minimumgacha, va aksincha, chervyak terslanishi paytida almashadi. Reversgacha mushtcha 15 aylanma soni doimiy va bir tekisda $n_{6\min}$ yoki $n_{6\max}$, bunda $n_{6\min} = (3\pi D - E)n / (54\pi D) = 0,053n$; $n_{6\max} = (3\pi D + E)n / (54\pi D) = 0,0575$, demak, tezlik 1,085 marta o'zgaradi.

Mushtcha 15 aylanma sonini va o'lchamini bilgan holda, mushtak vintiy ariqcha bo'ylab ishlayotganda ipyetaklagich ustunchasining kinematik ko'satkichlarini topamiz:

$$y_2 = r\psi\tau\text{tg}\alpha; \quad \dot{y}_2 = r\omega_6\text{tg}\alpha; \quad \ddot{y}_2 = \alpha, \quad (15.3)$$

bu yerda: r — mushtchanning vintiy ariqcha o'rta chizig'igacha bo'lgan radiusi; ψ — mushtchanning buralish burchagi; α — vintli ariqchanning ko'tarilish burchagi.

15.3. Kuchtutashuvli yotqizish mexanizmli tarqoqlash qurilmasi kinematik hisobi

Ba'zi halqasiz eshuv mashinalarda boshqacha konstruksiyadagi tarqoqlash qurilmasi ishlatiladi (15.2- a rasm). Tishli g'ildirak z_3 va z_4 lar aylanma harakatni umumiy val 1 dan g'ildirak z_1 va z_2 lar orqali oladi. G'ildirak z_3 eksentrik 7gupchagiga mahkamlangan, g'ildirak z_4 esa bu gupchakda suriluvchan bo'lib o'tiribdi. G'ildirak z_4 da eksentrik 7 da erkin o'tirgan, o'ng uchi yetaklar 4 ariqchasiga kiruvchi barmoq 3 mahkamlangan. O'sha yetaklardagi qarama-qarshi ariqchaga mushtak 6 da mahkamlangan barmoq 5 kiradi. Shunday ekan, g'ildirak z_3 eksentrik 7 ni aylantiradi, g'ildirak z_4 esa — mushtak 6 ni. G'ildirak z_3 va z_4 lar tishlar soni har xil bo'lganligi sababli, ular bir-biriga nisbatan siljib yetaklarni barmoq 3 atrofida aylantiradilar.

Krivoship burchak ψ_0 ga burilganda yetaklar 4 dastlabki holatdan

$\eta = \text{arctg} \left[\frac{e \sin \psi_0}{A_1 + e \cos \psi_0} \right]$ burchakka og'ib, yangi holatga o'tadi.

ΔCOD dan $SD = l = A_1 \cos \eta + \sqrt{A_2^2 - A_1^2 \sin^2 \eta}$ uzunlikni topamiz, undan keyin $DE = x = l \sin \eta = A_2 \sin \psi_1$ ni, bu yerda ψ_1 — mushtak 6 burilishining qo'shimcha burchagi va uning kattaligi:

$$\psi_1 = \arcsin \left(\frac{e \sin \psi}{A_2} \right) = \arcsin \left\{ \left[\frac{A_1}{A_2} \cos \left(\text{arctg} \frac{e}{A_1 + e \cos \psi_0} \right) + \frac{\sqrt{A_2^2 - A_1^2 \sin^2 \left(\text{arctg} \frac{e \sin \psi_0}{A_1 + e \sin \psi_0} \right)}}{A_2} \right] \cdot \sin \left(\text{arctg} \frac{e \sin \psi_0}{A_1 + e \cos \psi_0} \right) \right\}. \quad (15.4)$$

Mushtak 6 ning aylanish burchagi, aylanish tezligi va burchak tezligi, mos ravishda, quyidagicha bo'ladi:

$$\psi_{6ym} = \psi_6 \pm \psi_1; \quad n_{6ym} = n_6 \pm n_1 \quad \text{yoki} \quad \omega_{6ym} = \omega_6 \pm \omega_1.$$

Mushtak 6 aylanishi maksimal sanami $n_{6\max} = n_6 + n_{1\max}$, minimal esa $n_{6\min} = n_6 + n_{1\min}$ bo'ladi.

Olingan natijalarni tekshirishlar shuni ko'rsatdiki, yetaklarning qat'iy holatga yaqinlashish va uzoqlashishida uning barmoq 5 ga nisbatan burilish burchagi juda kichik. Shunday ekan, kichik n_0 sanamda qat'iy holatdan o'tayotgan paytda, amalda mushtak 6 tezligining o'zgarishi va ip o'ramlarining yeyilishi sodir bo'lmaydi.

15.4. Differensial tarqoqlash qurilmasining kinematik hisobi

Shatun-krivoship yoki differensial turidagi tarqoqlash qurilmasiga ega yotqizish mexanizmini ko'rib o'tamiz (15.3-rasm).

Mexanizm yetaklovchi g'altakdan (tishli g'ildirak, yulduzchalar) 1, tishli g'ildiraklar 3, 4, 6, 8, 11, 13 dan, vallar 2, 5, 15 dan, mushtak 7 dan, yetaklar 9 va shatun 10 dan iborat.

G'ildirak 3 va 6 lar o'qlari bitta to'g'ri chiziqda yotadi, g'ildirak 8 va 13 lar esa bitta val 15 da mahkamlangan. Val 15 tayanchlari yetaklar 9 da joylashgan. G'ildirak 6 va mushtak 7 val 5 ga mahkamlangan. G'ildirak 11 qo'zg'almas o'q 14 da qo'zg'aluvchan bo'lib o'tirgan. Mushtak 7 aylanishni yetaklovchi val 2 dan ikki juft tishli g'ildirak 3, 13, 8 va 6 lar yordamida oladi, val 5 dan esa aylanishni g'ildirak 11 oladi, unda barmoq-krivoship 12 mahkamlangan. Krivoship 12 dan harakat val 15 tayanchlari o'rnatilgan yetaklar 9 ga shatun 10 yordamida uzatiladi. Bu mexanizm da mushtakka differensial yuritma mavjud, shuning uchun kinematik hisobni *Villis formulasini* qo'llagan holda olib boriladi, bunda mushtak burilish burchagi

$$\psi_7 = \pm \varphi_2 i \pm \varphi_9 [1 - (\pm i)], \quad (15.5)$$

bu yerda: φ_2 — val 2 burilish burchagi; φ_9 — yetaklar burilish burchagi; $i = z_3 z_{13} / z_8 z_6$ — qo'zg'almas yetaklardagi z_3 va z_6 orasidagi uzatish soni.

Quyosh g'ildirak 3 va o'rash mushtagi 7 yoki g'ildirak 6 yetaklar qo'zg'almasligida bir xil yo'nalishda aylanadi, shuning uchun i plus belgisi bilan olinadi, formula (15.5) esa quyidagicha bo'ladi:

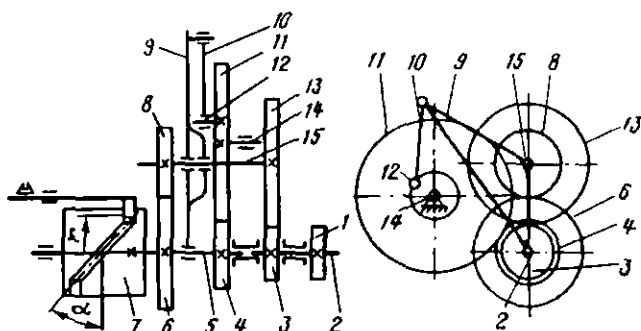
$$\psi_7 = \varphi_2 i \pm \varphi_9 (1 - i) \quad \text{yoki} \quad w_7 = w_2 i \pm w_9 (1 - i). \quad (15.5 a)$$

Yetaklar 9 va quyosh g'ildirak 3 aylanishlari yo'nalishlari mos tushganda φ_9 plus belgisi bilan, mos tushganda esa — minus belgisi bilan olinadi:

$$\psi_{7 \max} = \varphi_2 i + (1 - i)\varphi_0; \quad \psi_{7 \min} = \varphi_2 i - (1 - i)\varphi_0. \quad (15.5 b)$$

Yetaklar burilish burchagi φ_9 kattaligi va o'zgarish qonuni g'ildirak 11 burilish burchagiga va sharnirli to'rt bo'g'inli mexanizm bo'g'inlari o'lchamlari nisbatiga bog'liqdir. G'ildirak 11 mushtak validan aylanishni oladi, shuning uchun $\varphi_{11} = \psi_7 z_4 / z_{11} = \psi_7 i_1 = [\varphi_2 i \pm \varphi_9 (1 - i)] i_1$ bo'lib, bu yerda $i_1 = z_4 / z_{11}$ — g'ildirak 4 va 11 lar orasidagi uzatish soni.

Mushtak 7 notekis aylanadi, shuning uchun g'ildirak 11 ham o'zgaruvchan sanamda aylanadi. Shunday qilib, ko'rilayotgan konstruksiyada mexanizm mushtak aylanish sanami o'zgarishini keltirib chiqaradi, mushtak esa o'z navbatida o'zgaruvchi sanamni krivoshipli g'ildirak 11 ga uzatadi.



15.3- rasm.
Differensial tar-
qoqlash qurilmali
yotqizish mexanizmi
sxemasi.

To'rt bo'g'inli mexanizmning lash holatida $\varphi_9 = 0$, mushtak 7 aylanish sanami esa $\psi_7 = w_2 i = \text{const}$.

Boshqa hollarda $\varphi_9 = 0$ va mushtak quyidagi tezlikni oladi: tezlashgan harakatda

$$\psi_{7\max} = w_2 i + (1 - i)w_9;$$

sekinlashgan harakatda

$$\psi_{7\min} = w_2 i - (1 - i)w_9;$$

bu yerda $w_9 = f(w_H)$.

Ip o'ramining ko'tarilish burchagi taxminan $\sin \beta = v_2 / v_1$, bunda $v_2 = \psi_7 r \operatorname{tg} \alpha$ — ipyetaklagich tezligi; v_1 — ipni o'ralishga uzatish tezligi.

Demak,

$$\begin{aligned} \sin \beta = \frac{\psi_7 r \operatorname{tg} \alpha}{v_1} &= \left[w_2 i \pm w_9 (1 - i) \frac{r \operatorname{tg} \alpha}{v_1} \right] = \frac{w_2 i r \operatorname{tg} \alpha}{v_1} + \\ &+ \frac{w_9 (1 - i) r \operatorname{tg} \alpha}{v_1} = \sin \beta_1 \pm \sin(\Delta \beta_1), \end{aligned} \quad (15.6)$$

bu yerda: $\sin \beta_1 = \frac{w_2 i r \operatorname{tg} \alpha}{v} = \text{const}; \quad \pm \sin \beta_1 = \frac{w_9 (1 - i) r \operatorname{tg} \alpha}{v_1};$

β_1 — qo'zg'almas yetaklarda o'ram ko'tarilish burchagi (texnologik ko'tarilish burchagi); $\Delta \beta_1$ — yoyish qurilmasi kiritilgandagi o'ramning qo'shimcha ko'tarilish burchagi.

(15.5) formuladan ko'rinadiki, $i = 1$ bo'lganida burchak $\Delta \beta_1 = 0$, ya'ni o'ramlar tarqoqlanmaydi. Shuning uchun differensial turdagi

tarqoqlantirish qurilmali yotqizish mexanizmlarini loyihalashda uzatish soni i ni tanlashga alohida e'tibor berish lozim. Bunda shuni nazarda tutish kerakki $1-i$ ayirma qancha katta bo'lsa, yetaklar aylanish tezligining burchagi $\Delta\beta_i$ ning o'zgartirishga ta'siri shuncha katta. Shuning uchun (15.6) formula differensial turdagi tarqoqlantirish mexanizmlarini loyihalashdagi asosiy analitik bog'lanishdir.

15.5. Ekssentrikli tarqoqlash qurilmasining kinematik hisobi

Ekssentrik turdagi tarqoqlash qurilmasi bor yotqizish mexanizmini ko'rib chiqamiz. U quyidagilardan iborat: vallar $1, 10$, tishli g'ildiraklar $2, 3, 4, 11$, barmoqlar $8, 12$, karetk $7, a$ qiya ariqchali disk 5 . G'ildirak 11 tanasida ekssentrikaviy ariqcha b mavjud bo'lib, unga barmoq 12 ning chap uchi rolik bilan birgalikda joylashadi. G'ildirak 4 tanasida radial ariqcha (kulisa) 6 mavjud bo'lib, unda barmoq 12 joylashadi. Barmoq 12 ning o'ng uchi rolik bilan birga po'lat quyma 6 larga ega bo'lgan mushtak 9 ga qattiq biriktirilgan disk 5 dagi qiya ariqcha a ga kiradi (15.4-rasm).

Tishli g'ildirak 4 va 11 lar aylanma harakatni yetaklovchi val I dan bir juft tishli g'ildirak 2 va 3 lar orqali oladi. Mexanizm ishida tishli g'ildirak 4 va 11 lar nisbiy burchak siljish oladilar.

Natijada barmoq 12 radial yo'nalishda siljiydi va disk 5 ni mushtak 9 bilan birga buraydi.

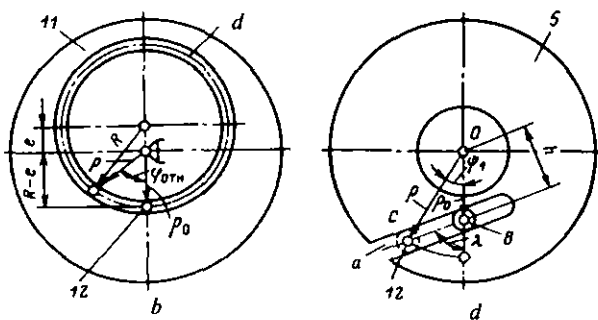
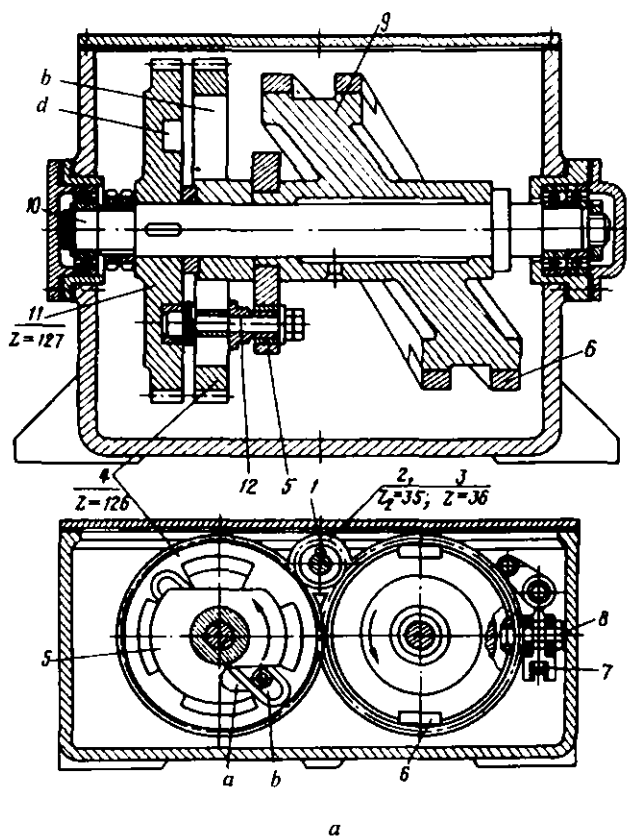
O'rovchi mushtak 9 , tarqoqlash qurilmasining ta'sirini hisobga olmaganida, $\psi_9 = w_1 z_3 / z_{11}$ burchak tezlik bilan aylanadi, bu yerda w_1 — val I ning burchak tezligi; z_3 — val I da mahkamlangan va g'ildirak 11 bilan ilashgan g'ildirak tishlari soni ($z_3 = 36, z_{11} = 127$).

Yarim qadamli mushtak 9 dagi ipyetaklagich o'rtacha tezligi $v_{2o'r} = \psi_9 r_9 \operatorname{tg} \alpha$. O'ramlarni tarqoqlashtirish vaqtida mushtak boshqa narsalar qatori disk 5 ning a ariqchasi qiyaligiga bog'liq qo'shimcha tezlik oladi.

G'ildirak 11 ning g'ildirak 4 ga nisbatan burchak siljishi

$\varphi_{nis} = \varphi_{11} - \varphi_4 = \varphi_4 \left(\frac{z_3}{z_{11}} - \frac{z_2}{z_4} \right) t$ bo'ladi va barmoq 12 ning radial yo'nalishda quyidagi kattalikka surilishini ta'minlaydi (15.4- b, d rasm):

$$S = l - l_0 = l - R + e,$$



15.4-rasm. Ekssentrikli turdagi tarqoqlash qurilmali yotqizish mexanizmi:

a) umumiy ko'rinish; b) nisbiy aylanish burchagini aniqlash sxemasi; d) silindrik mushtakning qo'shimcha aylanish burchagini topish sxemasi.

bu yerda: z_2 — val I da mahkamlangan va g'ildirak 4 bilan ilashgan g'ildirak tishlari soni ($z_3 = 35$, $z_4 = 126$);

I — eksentrikaviy ariqcha d markaziy profilining joriy radius-vektori;

R — eksentrik ariqcha d ning o'rtacha aylana radiusi;

e — ariqcha d eksentrisiteti;

w_1 va φ_1 — val I ning, mos ravishda burchak tezligi va buralish burchagi;

t — vaqt.

15.4- rasmdan ko'rinadiki,

$$\begin{aligned}\rho &= \sqrt{R^2 - e^2 \sin^2 \varphi_{nis}} - e \cos \varphi_{nis}; \\ S &= \sqrt{R^2 - e^2 \sin^2 \varphi_{nis}} + (1 - \cos \varphi_{nis})e - R.\end{aligned}\quad (15.7)$$

Barmoq 12 ning radial siljishi S disk 5 ning buralishini keltirib chiqaradi. Disk 5 ning buralish burchagini uchburchak BOC dan topamiz (15.4- d rasimga qarang):

$$\psi_1 = \frac{\arccos[C^2 + (C+S)^2 - x^2]}{2C(C+S)}, \quad (15.8)$$

bu yerda $x = CB = -\cos \lambda + \sqrt{(C+S)^2 - C^2 \sin^2 \lambda}$.

Shunday ekan,

$$\psi_1 = \arccos \frac{C^2 + (C+S)^2 - \left[\sqrt{C^2 \cos^2 \lambda - C^2 + (C+S)^2} - C \cos \lambda \right]}{2C(C+S)}, \quad (15.9)$$

bu yerda: C — barmoq 12 o'qidan g'ildirak 4 aylana o'qigacha bo'lgan minimal masofa;

λ — disk 5 dagi qiya ariqcha a o'qi va $C = \rho_0$ yo'nalishi orasidagi burchak.

Masofa $C = R - e$ ekanligidan:

$$\begin{aligned}\psi_1 &= \arccos \frac{(R-e)^2 + \left[\sqrt{R^2 - e^2 \sin^2 \varphi_{nis}} - e \cos^2 \varphi_{nis} - \right. \\ &\quad \left. 2(R-e)(\sqrt{R^2 - e^2 \sin^2 \varphi_{nis}} - \right. \\ &\quad \left. - \sqrt{R^2 - e^2 \sin^2 \varphi_{nis} - e \cos \varphi_{nis}})^2 - (R-e)^2 \sin^2 \varphi_{nis} - (R-e) \cos \lambda \right]^2}{-e \cos \varphi_{nis}}\end{aligned}\quad (15.10)$$

Disk 5 ning qo'shimcha buralishidan o'rash mushtagi 9 qo'shimcha burchak tezlikka ega bo'ladi:

$$\dot{\psi}_1 = \psi_1 / t. \quad (15.11)$$

Tarqoqlash qurilmasining yarimsikl ishida $\varphi_0 = \pi$, bu burchakka mos vaqt esa:

$$t_1 = \pi / (w_1(z_3 / z_{11} - z_2 / z_4)). \quad (15.12)$$

Endi (15.12) ni (15.10) va (15.11) ga qo'ysak va vaqt t ni O dan t_1 gacha olsak, $\dot{\psi}_1$ va ψ_1 larni topamiz, undan so'ng ipyetaklagich qo'shimcha tezligi $\Delta v_2 = \dot{\psi}_1 r_9 \operatorname{tg} \alpha$ ni topamiz. Ipyetaklagich yig'indi tezligi $v_{2um} = v_2 \pm \Delta v_2 = (\dot{\psi}_2 \pm \dot{\psi}_1) r_9 \operatorname{tg} \alpha$.

Olingan natijalardan ma'lum bo'ladi, ipyetaklagichning qo'shimcha tezligi tishli g'ildirak 4 va 11 larning nisbiy tezligiga, eksentritet e kattaligiga, disk 5 ariqchasi qiyalik burchagi λ ga va radius R ga bog'liq bo'ladi.

Ro'lik b ariqchanning minimal radius $\rho_{\min} = R - e$ ga yaqin qismlari bo'ylab dumalaganda 4 va 11 tishg'ildiraklar tishlarining farqi 1—5 tagina bo'lsa, $\dot{\psi}$ arziyas darajada kichik bo'ladi va bunda amalda hech qanday tarqoqlanish bo'lmaydi. Shuningdek, e va λ kichrayishi bilan $\dot{\psi}_1$ ham kichrayadi va $e = \lambda = 0$ da $\dot{\psi}_1 = 0$.

Qiya ariqchali tarqoqlash qurilmasining konstruksiyasi kamchiliklarga ham ega: burchak λ ning ortishi bilan tishlashib qolish holati ro'y beradi va bu disk barmoqning siljishiga olib keladi.

Xulosa

Mazkur bob tarqoqlash qurilmali yotqizish mexanizmlarining kinematik hisobiga bag'ishlangan bo'lib, unda biz tarqoqlash mexanizmlarining vazifalari, turlari, xususiyatlari va qo'llanishi, sentrifugal-ipkashlik mashinasining tarqoqlash qurilmali yotqizish mexanizmining kinematik hisobi, kuchtutashuvli yotqizish mexanizmi tarqoqlash qurilmasining kinematik hisobi, differensial qurilmasining kinematik hisobi, eksentrikli tarqoqlash qurilmasining kinematik hisobi masalalarini ko'rib chiqdik. Bu ma'lumotlar tarqoqlash qurilmasi o'rash mexanizmlarining loyihaviy hisoblarini bajarishda qo'llaniladi.

Nazorat savollari

1. Tarqoqlash qurilmali yotqizish mexanizmlarining xususiyatlari qanday?
2. Tarqoqlash qurilmalari turlari va ularning qo'llanish sohalarini aytib bering.
3. Sentrofugal-ipkashlik mashinasi tarqoqlash qurilmasining tuzilishi qanday?
4. Sentrofugal-ipkashlik mashinasi tarqoqlash qurilmali yotqizish mexanizmining kinematik hisobi qanday bajariladi?
5. Kuch tutashuvli yotqizish mexanizmi tarqoqlash qurilmasining tuzilishi qanday?
6. Kuchtutashuvli yotqizish mexanizmi tarqoqlash qurilmasi kinematik hisobining bajarilish tartibi qanday?
7. Differensial tarqoqlash qurilmasining kinematik hisobi qanday bajariladi?
8. Ekssentrikli tarqoqlash qurilmasining kinematik hisobi qanday bajariladi?

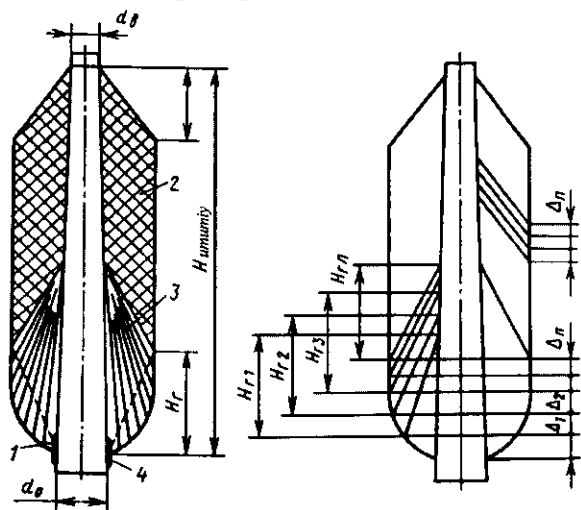
16. HALQAYIGIRUV MASHINALARI O'RASH MEXANIZMLARI VA ULARNI LOYIHALASH

16.1. Halqayigiruv mashinalarida konik va silindrik o'ralishlar

Konik o'ralishda so'taning har xil qismlarini o'rashda ipyotqizgichning harakat qonuni bir xil bo'lmaydi va uning keyingi ishlovi xarakteriga bog'liq bo'lgan tuzilishiga bog'liq. Agar so'tadagi ip mokili avtomatik to'quv dastgohlarida arqoq sifatida ishlatilsa, so'ta to'rt qismdan iborat bo'ladi: *zaxira 1, uya 3, tana 2 va tago'rov 4* (16.1-rasm).

Zaxira so'tani o'rash boshida naychaning 10–15 mm uzunlikda pastki qismida bo'ladi va ishlatilgan naycha almashayotganda ishlatiladi. Zaxiradagi ip uzunligi 5–10 m ni tashkil qiladi va mokili avtomatik to'quv dastgohining taxtlov kengligi bilan aniqlanadi.

So'taning uyasi so'tadagi ip uzunligini oshirish maqsadida o'raladi va o'rash jismining asosi bo'lib xizmat qiladi. Uyaning sferik shaklini olish uchun har bir qavatning o'ralishdan so'ng ipyotqizgichning bir xil bo'lmagan siljishini ta'minlash kerak. Aks holda so'taning past qismi yakuniy shakli kesik konus ko'rinishida bo'ladi. Bundan tashqari uyani shakllashda nimqavatlardagi o'ramlar qadami doimiy bo'lmay, yuqoriga harakatlanganda kattalashadi, qavatakning qalinligi kamayadi, pastga yurib qavatga o'ralishida esa aksincha, natijada uyaning



16.1-rasm. So'taning tuzilish sxemasi.

shakllanayotgan qismi konusligi o'rash jismi konusligiga yaqinlashib ortadi. O'rash mushtagi aylanish sanami o'zgarmas bo'lganda so'taning hamma qavatlaridagi ip uzunligi (uya qavatlarida ham) bir xilligini inobatga olib, uyan shakllashda uchta shartni bajarish kerak:

1. Har bir qavatak va qavatcha yuqoriga nisbatan pastda qalinroq bo'lishi kerak, bu o'rash jismi konik shaklda hosil bo'lishi uchun shart.

2. Keyingi nimqavatning oldingisiga nisbatan surilishi uya hosil bo'lishi bilan kamayishi kerak. Uyan o'rash vaqtida bu surilish Δ_i quyidagi chegaralarda o'zgaradi:

$$\Delta_n \leq \Delta_i \leq \Delta_1,$$

bu yerda Δ_n — so'ta tanasini o'rashda keyingi nimqavatning oldingisiga nisbatan surilishi;

Δ_i — uyaning ikkinchi nimqavatining birinchi nimqavatiga nisbatan surilishi.

3. O'rash jismi o'qi bo'ylab uya nimqavatlarining balandligi H_n uya hosil bo'lishi bilan oshishi kerak:

$$H_n \leq H_i \leq H_m,$$

bu yerda H_n — uyaning birinchi nimqavatining balandligi;

H_m — so'ta jismi o'ralishida nimqavatning balandligi.

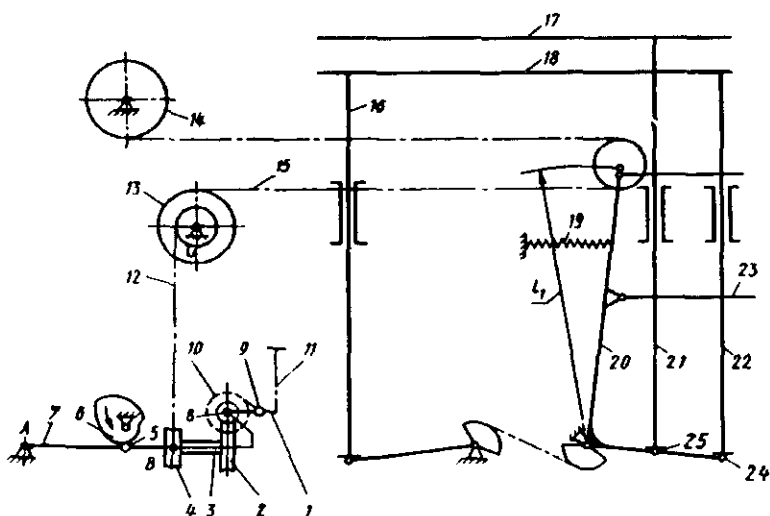
Hamma uchta omilning bir vaqtda ta'sir qilishi so'ta asosi (uya) ni pastda — sferik va yuqorida — konik shaklda bo'lishini ta'minlaydi. So'ta jismi o'ralgandan so'ng ipyotqizgich birinchi holatiga tez qaytib keladi va pastda tago'rov o'raladi (5—12 o'ram). O'ralgan so'talar yechilganda tago'rovdagi ip chuvaladi va urchuq yigini spiral bo'yicha o'rab oladi. Bo'sh naycha kiydirilganda yigdagi ipni naycha bilan yig qisib oladi. Halqali mashinalarda konik o'ralishda ipning yetish nuqtasi o'rash jismi aylanish o'qi bo'ylab *kvadratik parabola qonuni*, silindrik o'ralishda esa — *to'g'ri chiziq qonuni* bo'yicha harakatlanishi kerak.

16.2. Halqayigiruv mashinalari o'rash mexanizmlarining turlari

Hozirgi paytda halqali mashinalarda *halqa taxtachasi harakatlanuvchan va urchuq to'sini qo'zg'almas o'rash mexanizmlari* keng tarqalgan (16.2, 16.3- rasmlar). Bunday mexanizimli mashinalarda faqat nisbatan yengilroq halqa taxtachalari va ipyo'naltiruvchi burchaklik-

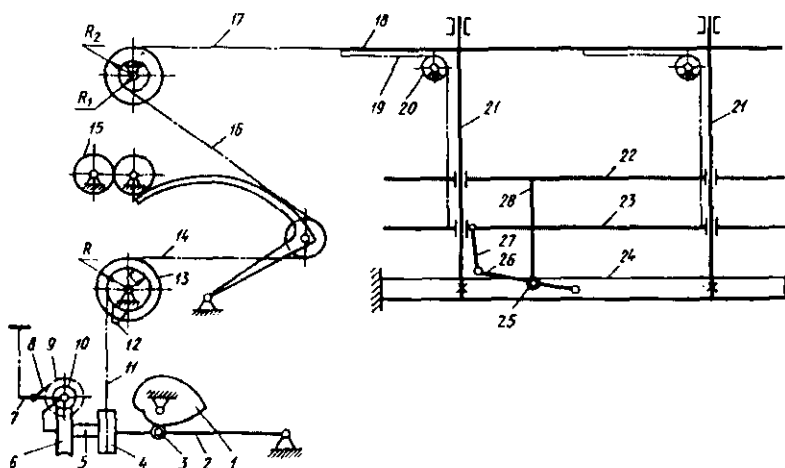
lar harakatlanadi. Mexanizmlar sodda konstruksiyaga ega va ishda ishonchli. *Harakatlanuvchan urchuq to'sinli mashinalar* ancha og'irroq, konstruksiya va rostlash bo'yicha murakkabroq (16.4- rasm).

Riter firmasining halqayigiruv mashinalarida ishlatilayotgan *harakatlanuvchan urchuq to'sinli va harakatlanuvchan halqa taxtachali mashinalar* yana ham murakkabroq. 16.2, 16.4- rasmlarda ko'rsatilgan o'rash mexanizmlari kuch bilan tutashuvli mushtakli mexanizmlarga kiradi. Ularning chizilmalarining tahlili ko'rsatadiki, ular dastak-zanjirli va zanjirli bo'lishi mumkin. *Dastak-zanjirli mexanizmlarda* halqa taxtachalariga umumiy tortqidan harakatni muvozanatlovchi dastaklar yordamida, zanjirli uzatma — zanjirlar yoki elastik bog'lanishlar yordamida uzatiladi.



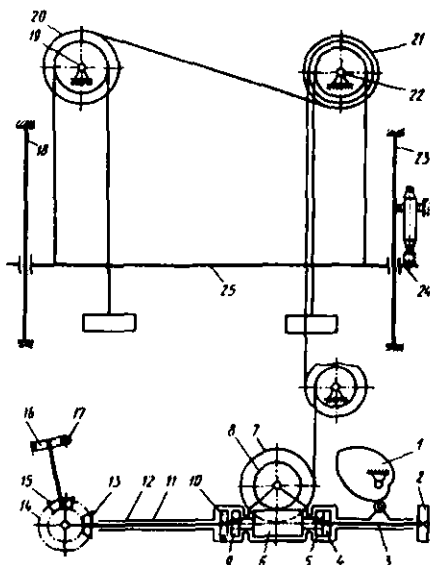
16.2- rasm. Halqa taxtachalari va ipyo'naltiruvchilar burchakligi dastak yordamida ko'tariladigan halqayigiruv mashinalaridagi o'rash mexanizmlarning chizilmasi:

1, 20 — dastak; 2 — chervyak g'ildiragi; 3 — vtulka; 4, 14 — g'altaklar; 5, 24, 25 — o'qchalar; 6 — mushtak; 7 — o'rash dastagi; 8 — chervyak; 9 — sobachka; 10 — xropovik; 11, 12, 15 — zanjirlar; 13 — ikki pog'onali g'altak; 16, 21, 22 — ustunchalar; 17 — ipyo'naltiruvchilar burchakligi; 18 — halqali taxtacha; 19 — muvozanatlovchi prujina; 23 — tortqi.



16.3- rasm. Halqa taxtachalari zanjir yordamida va ipyo'naltiruvchilar burchakligi dastak yordamida ko'tariladigan halqayigiruv mashinalaridagi o'rash mexanizmining chizilmasi:

1- mushtcha; 2, 7, 26, 27- dastaklar; 3, 25- o'qchalar; 4- baraban; 5- vtulka; 6- qopqoq g'ildiragi; 8- sobachka; 9- xropovik; 10- chervyak; 11, 14, 16, 17, 19- zanjirlar; 12- barmoq; 13, 20- g'altaklar; 15- tishli g'ildirak; 18- tortqi; 21, 28- ustunchalar; 22- ipo'tkazgichning burchakligi; 23- halqa taxtachasi; 24- urchuq to'sini.



16.4- rasm. Urchuq to'sini harakatlanuvchan va halqali taxtachalar qo'zg'almas halqa yigiruv mashinalarining o'rash mexanizmlari chizilmasi:

1- mushtak; 2- xropovik; 3, 12, 19, 22- vallar; 4, 5, 9, 10- muftalar diskleri; 6, 17- chervyaklar; 7, 20, 21- ikki pog'onali g'altaklar; 8, 16- qopqoq g'ildiraklari; 11- dastak; 13, 14, 15- konik g'ildiraklar; 18, 23- yo'naltiruvchilar; 24- urchuq to'sini; 25- ko'ndalang to'sin.

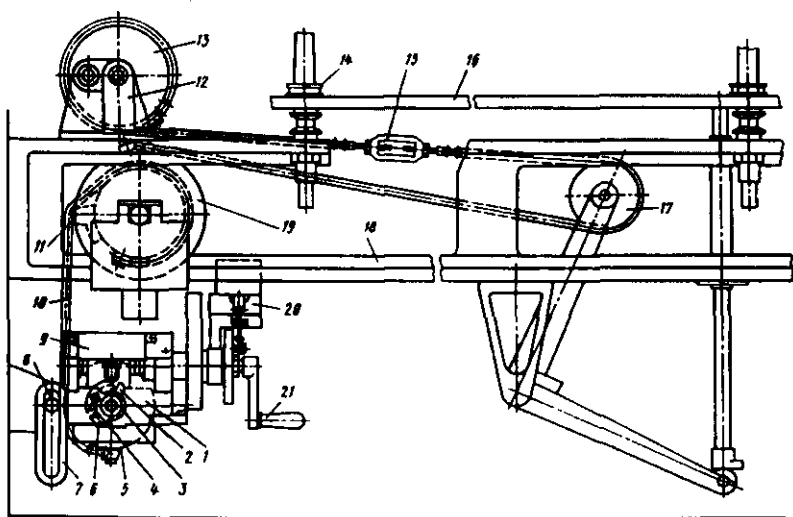
16.2.1. Dastakli-zanjirli o'rash mexanizmlari

Bunday mexanizmning chizilmasi 16.2- rasmda ko'rsatilgan. O'rash dastasi 7yassi o'rash mushtagi 6 dan o'qcha 5 orqali tebranma harakat oladi, dastak va g'altaklar tizimi orqali halqa taxtachalari va yo'naltiruvchilarga ilgarilanma-qaytma harakatni uzatadi. Dastak 7 da vtulka 3 bilan biki biriktirilgan g'altak 4 qotirilgan. Shu vtulkaning o'zida chervyakli g'ildirak 2 o'rnatilgan. Dastak 7 pastga og'ganda 4 va 13 g'altaklarda qotirilgan zanjir 12 ikki pog'onali g'altak 13 ni soat miliga qarshi aylantiradi. Bunda 13 va 14 g'altaklarga uchlari bilan qotirilgan zanjir 15, ikki yelkali dastak 20 ni chapga og'dirib, g'altak 13 ning katta pog'onasiga o'raladi. Pastki yelkada boshmoqlar bilan 21 va 22 ustunchalar tayanadigan ikkita 24 va 25 o'qchalar qotirilgan. Natijada, dastak 7 ni pastga og'dirilganda halqa taxtachalari 18 va ipyo'naltiruvchilar burchakligi 17 ko'tariladi. Taxtacha va burchaklik ularning muvozanatlanmagan qismining og'irlik kuchi ta'sirida pastga tushadi va o'rash mushtagining buralishi sodir bo'ladi. Tortqi 23 mashina bo'ylab joylashgan vertikal dastaklar 20 ni o'zaro bog'laydi. 15.5- rasmda dastakli-zanjirli o'rash mexanizmining konstruksiyasi, 16.6- rasmda esa zamonaviy yigiruv mashinasining o'rash dastagi ko'rsatilgan. Bu mexanizmnda halqa taxtachalari ipyotqizgich va ustunchalar burchakliklari vertikal dastaklar 20 ga va mashina tanasining o'rta poyalariga qotirilgan vint silindrik prujinalar bilan muvozanatlanadi (16.2- rasm). Har bir nimqavat o'ralgandan so'ng taxtachalar qaytmas mexanizm yordamida yuqoriga ko'tariladi. O'rash dastagi 1 pastga tushganda (16.5- rasm) dastak zanjir ta'sirida xropovik o'qi atrofida soat miliga teskari tomonga buriladi va sobachka yordamida (16.6- rasm) xropovik 6 ni aylantiradi. Xropovik 6 bilan bir valda, zanjir g'altagi qotirilgan, chervyak g'ildiragi 2 bilan ilashishda bo'lgan chervyak biki o'rnatilgan.

Demak, xropovik aylanganda zanjir g'altagi ham aylanadi, zanjir 10 ning bir qismi shu g'altakka o'raladi va taxtachalar yuqoriga siljiydi (16.5- rasm). Rostlovchi vint 10 (16.6- rasm) sobachkaning xropovik o'qiga nisbatan aylanish burchagini chegaralovchi bo'lib xizmat qiladi; u sobachkani eng maqbul boshlang'ich holatga qo'yishga va xropovikning aylanish burchagini rostlanishiga imkon beradi. O'rash mushtagining bir aylanishidagi halqa taxtachasining siljishi sobachka ta'sirida xropovik aylanadigan tishlar soni z_c ga proporsional bo'ladi.

Halqali taxtachalarning qaytmas mexanizm yordamida siljishi, o'rash mexanizmi maksimal yuklanganda ularni ko'tarilish vaqtida bo'ladi. Ko'rilayotgan mexanizmning kamchiliklaridan biri shudir. Yon yuklamalarni qabul qilish va o'rash dastagini kerakli holatda tutib turish uchun qaytmas mexanizmning ish davomida qo'zg'almas yo'naltiruvchi 7 qo'yilgan (16.5- rasm). Yo'naltiruvchi ariqchasiga o'rash dastagining uchiga qotirilgan barmoq 8 kiradi.

So'ta uyasi tayanch 11 zanjir 10 ni chapga maksimal tortganda halqa taxtachasining pastki holatida o'ralishga boshlaydi. Uya o'ralish jarayonida zanjir 10 o'rash dastagining g'altagiga sekin-asta o'ralib



16.5- rasm. Halqayigiruv mashinasining o'rash mexanizmi chizmasi:

1- o'rash dastagi; 2- uzibulagich; 3 - o'rashda halqa taxtachalarining tushish oralig'ini belgilovchi uzibulagich tayanchi; 4 - ishboshlashdan oldin mashina boshlang'ich holatini belgilovchi va so'ta ishlagandan so'ng mashinani boshlang'ich rejimga chiqishini ta'minlovchi uzibulagich tayanchi; 5 - yog'li vanna; 6 - uzibulagich tayanchi (so'ta korusining o'ralishi); 7- qo'zg'almas yo'naltiruvchi; 8 - barmoq; 9 - uzibulagich; 10- zanjir; 11 - so'ta uyasini hosil qilish uchun barmoq; 12 - taxtachalarni qo'lda tushirish moslamasi; 13 - taxtachalarni qo'lda tushirish g'altagi; 14 - halqa; 15 - tortuvchi gayka; 16 - halqali taxtacha; 17 - taranglovchi g'altak; 18 - yig to'sini; 19 - oraliq qo'shg'altak; 20 - xropovkining uzatuvchi g'altagi; 21 - o'rash zanjirining qo'lda bo'shatish dastagi (ish paytida dastak yechiladi).

pasaytirilgan tezlikka o'tadi. So'ta o'ralgandan so'ng, prujina 8 ni tortuvchi elektromagnit 9 yoqiladi (16.6- rasmga qarang). Bu prujina elektromagnit langarini xropovik sobachkasi bilan birlashtiradi. Halqa taxtachalari pastga harakatlanganda sobachka xropovik tishi bilan ilashuvdan chiqadi va prujina 8 yordamida ko'tariladi. Bunda taxtachalarni tushirish yuritmasining elektromotori tushurishga yoqiladi va mashina elektromotori o'chadi. Mashina inersiya bo'yicha ishlaganda taxtachalar boshlang'ich holatga qaytadi. Halqa taxtachalari tago'rov holatiga kelganida taxtachalar yuritmasi motori o'chib tormozlanadi va mashina boshlang'ich holatga qaytadi. So'talar yechilgandan so'ng mashinaning ish sikli qaytariladi.

Halqa taxtachalari ustunchalariga dastak uzatmali o'rash mexanizmlari ularni loyihalashda inobatga olish kerak bo'lgan bir qator xususiyatlarga ega:

1) *davriy ko'chish* davomida qaytmas mexanizm ta'sirida harakat qonuni va halqa taxtachalari harakat qulochi o'zgaradi; bu o'zgarish chiziqliy xarakterga ega va o'rash davomida konusning belgilangan balandligi va so'ta diametriga ta'sir ko'rsatish mumkin;

2) *o'rash mushtagi* yuklanishi halqa taxtachalarini yuqoriga davriy siljishi davomida o'zgaradi;

3) *mashinaning balandlik bo'yicha gabarit o'lchamlari* o'ralishning umumiy balandligi oshishi bilan kattalashadi va ular boshqa teng sharoitlarda zanjirli (elastik) uzatmali mashinalardan kattaroq;

4) mexanizmlar nisbatan katta, tayyorlashda, yig'ish va moslashda murakkabroq.

16.2.2. Taxtachalarga harakat uzatmasi zanjirli mexanizmlar

Bunday o'rash mexanizmlari paxta, zig'irtola, jun, shishatola, tabiiy va sun'iy ipaklar uchun halqali yigiruv mashinalarida qo'llaniladi. Halqa taxtachalarini zanjirli ko'tarilishli va ipo'tkazgichlar burchakliklarining dastakli ko'tarilish mexanizmining (16.3- rasmga qarang) dastakli ko'tarilish mexanizmidan (16.4- rasmga qarang) prinsipial farqi shundaki, halqa taxtachalari 23 (16.3- rasm) g'altaklar 20 orqali o'tkazilgan va umumiy tortqi 18 ga qotirilgan zanjir 19 yordamida ko'tariladi. Ipo'tkazgichlar burchakliklari 22 ko'tarilishi uchun ikkita dastak 26, 27 va o'qcha 25 dan iborat bo'lgan tizim

qo'llanilgan. Dastak 26 dastak 27 va urchuq to'sini 24 bilan sharnirli birlashtirilgan. Dastak 27 halqa taxtachalari ko'ndalangginasi bilan sharnirli biriktirilgan.

Elastik zanjirli uzatmali o'rash mexanizmlari quyidagi afzalliklarga ega: halqa taxtachalarining harakatlanish qonuni o'ralishning butun balandligi bo'yicha saqlanib qoladi; o'rash dastagi va mushtakka yuklanish halqa taxtachalari davriy siljiganda o'zgarmaydi; tuzilish, yig'ish va rostdash nisbatan soddaligi; mashinaning balandlik bo'yicha gabarit o'lchamlarining kamayishi; elastik uzatmalar sifatida zanjirlar va armirlangan plastmassali tasmalarni ishlatish mumkinligi.

16.2.3. Halqa taxtachalari qo'zg'almas va urchuq to'sini harakatlanuvchan mexanizmlar

Bunday mexanizmlar, odatda, joylamaning o'ralish balandligi katta bo'lgan mashinalarda qo'llaniladi. Halqa taxtachalarining qo'zg'almas holati olishning ishlash davomida ip balloni o'lchamining doimiy bo'lishini ta'minlaydi, bu esa o'rashda ipning doimiy taranglikda bo'lishining muhim sharti hisoblanadi.

Urchuq to'sini 24 ga (16.5- rasmga qarang) vertikal ilgarilanmaytma harakatni o'rash mushtagi 1 dan dastak 11, ikki pog'onali g'altaklar 7, 20, 21 va tortqili zanjirlar orqali uzatiladi. O'rash g'altaklari 20 va 21 butun mashina bo'ylab yurgan vallar 19 va 22 da o'rnatilgan. Faltak 7 o'rash dastagida o'rnatilgan va u bilan birga tebranadi. G'altak 7 bilan bir valda chervyak 6 bilan doimiy ilashishda bo'lgan va xropovik 2 ning vali 3 ga yoki konussimon tishli g'ildirak 13 ning vali 12 ga ilashadigan chervyakli g'ildirak 8 joylashgan.

Yigirish sikli davomida chervyak 6 mufta 5 yordamida val 3 bilan birlashgan bo'ladi. Mushtcha 1 ning har bir aylanishida xropovik 2 belgilangan burchakka aylanadi va shu bilan g'altak 7 ni soat miliga qarshi aylantiradi. Zanjir g'altak 7 dan bo'shalib val 22 va 19 larning aylanishiga imkon beradi (o'ngga soat mili bo'yicha, chapga soat miliga qarshi tomonga). Natijada urchuq to'sinlari avtomatik ravishda yuqoriga boshlang'ich holatga ko'tariladi. Bunga chap muftani ulab va o'ng muftani uzib erishiladi. Muftalarni ulash uchun maxsus qurilma mavjud. To'sinlarni avtomatik ravishda ko'tarilish onini g'altak 7 ga aylanish harakatini chervyak 17 dan tishli uzatma, mufta 9, chervyak 6 va chervyak g'ildiragi 8 orqali uzatiladi. Bunda g'altak 7 teskari tomonga aylanadi.

16.2.4. Zaxira o'ralishli o'rash mexanizmlar

Bunday mexanizmlar arqoq yigiruv mashinalarda qo'llaniladi; ular o'rash dastagi va o'rash mushtagining o'zgartirilgan konstruksiyasi bilan farqlanadi. O'ralish boshlanishida g'ildirakcha to'rtburchakli yonshaklga ega bo'lgan mushtakning vintsimon ariqchasi bo'ylab harakatlanadi va uning har bir aylanishida qulochi katta bo'lmagan to'rtta tebranishni oladi, bunda naychaga to'rt qavat zaxira ip o'raladi. Mushtakni uchta aylanishdan so'ng o'qcha yassi mushtakka silliq o'tadi va oddiy konik o'ralish hosil bo'ladi. G'ildirakchani mushtak spirali bo'yicha harakatlanishi natijasida (16.7- rasm) prujina 3 siqiladi va halqa taxtachasini tago'rov holatiga tushirilganda dastak o'qcha 1 bilan kontaktni yo'qotadi, o'qcha 1 prujina 3 ta'sirida boshlang'ich holatga o'rash mushtagining spiralining boshiga qaytadi. Ba'zi holda halqali yigiruv mashinalarda konik o'ralishga nisbatan kattaroq massali joylamani olishga imkon beradigan silindrik o'ralishli o'rash mexanizmlari qo'llaniladi.

16.3. Zaxira o'ralish mexanizmli o'rash mexanizmi.

Halqayigiruv mashinalarining o'rash mexanizmlarini loyihalash

Ipbardorning kerakli harakat qonunlari har xil konstruksiyadagi o'rash mexanizmlar tomonidan bajarilishi mumkin. Yaqin vaqtgacha o'rash mexanizmlarni loyihalashda asosan aniqligi yuqori bo'lmagan grafoanalitik usullar qo'llanilgan. Katta joylamalarga ega bo'lgan yuqori tezlikli yigiruv va eshuv mashinalarini yaratilishi o'rash mexanizmlarini loyihalash aniqligiga yuqori talablarni qo'yadi. Raqamli hisoblash mashinalari yordamida hisoblanadigan optimal loyihalashning hisobiy usullarining qo'llanilishi loyihalash sifati va aniqligining kerakli darajasini ta'minlashga imkon beradi.

O'rash mexanizmini loyihalashni quyidagi etaplarga bo'lish mumkin: shakllanayotgan *joylamani belgilovchi ko'rsatkichlarining hisobi*, o'rash mushtagidan ipyotqizgichga *harakat uzatish sxemasini tanlash* (mexanizmning kinematik sxemasini tuzish), *matematik tavsif tuzish va kinematik sxemaning tadqiqi*, *mexanizm optimal ko'rsatkichlarining hisobi*, *mushtak profilining hisobi*, *mexanizmning uzel va detallarini loyihalash*.

16.3.1. Shakllanayotgan joylama ko'rsatkichlari. Uzatish sxemasini tanlash

Har bir mashina ip chiziqli zichligi va o'ralish balandligining ma'lum bir diapazoniga ega bo'lganligi uchun, mexanizmi loyihalashda o'rta o'lchamdagi joylamalarga moslashish kerak bo'ladi. Halqali mashinalarda joylamalar o'lchamlarini halqa diametri va ipning ishlatilishidan aniqlash mumkin. Joylama diametrini halqa diametriga bog'liq holda ma'lumotnomadan yoki amaliyotda ishlab chiqilgan tavsiyaga muvofiq topiladi. Joylamaning yuqori qismi uchun konus balandligi (16.1- rasmga qarang) quyidagicha:

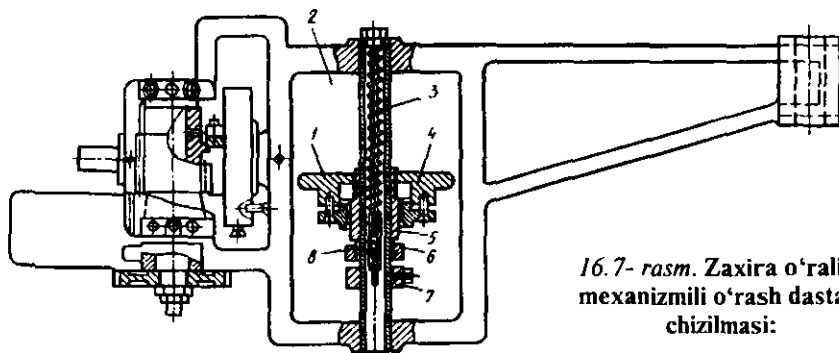
$$H_{kb} = (R_0 - r) / \operatorname{tg} \alpha, \quad (16.1)$$

bu yerda R_0 — joylama radiusi; r — joylama uchidagi tutak radiusi. α — avval tavsiya qilingan ma'lumotlarni tanlangan, konus yasovchisining joylama o'qiga qiyalik burchagi.

Tutak urchuq turi va o'ralish balandligiga bog'liq holda tanlanadi. Nimqavatdagi o'ramlarning o'rtacha qadami $h_{o,r}$ uchun, zich joylama olish shartidan kelib chiqib, quyidagi munosabat tanlanadi:

$$h_{o,r} = (3 + 3,5)d,$$

bu yerda: $d \approx 0,357\sqrt{T/\rho}$ (mm) formuladan aniqlanuvchi ipning shartli diametri; T — ip qalinligi, teks; ρ — yuqori teksdagi o'raladigan ip hajmiy birligi massasi.



16.7- rasm. Zaxira o'ralish mexanizmi o'rash dastagi chizilmasi:

1—rolik; 2—dastak; 3—prujina;
4—podshipnik; 5—gupchak;
6—o'rnatish halqasi; 8—surma.

Halqa taxtachasi ko'tarilish vaqtini quyidagi ifodadan aniqlash mumkin:

$$t_k = \frac{2\pi}{v_1 h_0} \left(R_0 H_{kb} - \frac{H^2_{k.b.}}{2} \operatorname{tg} \alpha \right), \quad (16.2)$$

bu yerda $h_0 = h_{0,r} \cos \alpha$; $v_1 = v_z \pm v$ — o'rash tezligi (bu yerda v_s — cho'zuvchi asbobning chiqaruvchi silindri tezligi; v — halqa taxtachasining joylama o'qi bo'ylab harakat tezligi).

Taxminan $v_1 \approx v_s$ deb hisoblashimiz mumkin. Tanda ip uchun ipyotqizgichning tushish vaqti $t_T = t_k / 2$, arqoq ipi uchun $t_a = t_k / 3$; ba'zi hollarda tanda ipi uchun $t_0 = 0,978 t_k$ qabul qilinadi, bu esa joylamadagi ip uzunligining 30 % oshirilishiga imkon beradi. O'rash mush-tagining bir aylanishi vaqti $T = t_0 + t_1$.

To'qimachilik mashinasozligi amaliyotida mushtchali o'rash mexanizmlari keng tarqalgan, bu uning soddaligi, ishdagi ishonchliliigi va universalligi bilan bog'liq. Mexanizm sxemasini tanlashda u imkoni boricha soddaga, kambo'g'inli, o'ralish balandligi va ipyotqizgich holatini berilgan chegaralarda moslashga imkon beradigan, yig'ishda, moslashda qulay bo'lgan, va asosiysi, ishlash davomida ipyotqizgich harakat qonunini buzmaydigan, berilgan shakl va sturkturadagi joylama olishni ta'minlaydigan bo'lishiga intilish kerak.

16.3.2. Kinematik sxemaning matematik tavsifi va tahlili

Matematik tavsifni tuzishda o'rash mexanizmini (16.8- rasm) ikkita osttizimdan iborat bo'lgan tizim sifatida ko'rib chiqamiz. Birinchi osttizim ikki pog'onali g'altak 3 ning R radiusli pog'onasidan, elastik bog'lanish (zanjir) 5, ikki yelkali muvozanatlagich 7 va halqa taxtachalari ustunchalari 8 dan iborat. Ikkinchi osttizim mushtakli mexanizm, tortqili zanjir 2 va ikki pog'onali g'altak 3 ning R_2 radiusli pog'onasini o'z ichiga oladi. Birinchi osttizimdagi yetaklovchi bo'g'in bo'lib R radiusli pog'ona, yetaklanuvchi esa — halqa taxtachalari ustunchalari xizmat qiladi. Zanjirni qisqartirish va uyani hosil qilish mexanizmlarini ikkinchi osttizimga kiruvchi pastroq pog'onadagi osttizimlar kabi ko'rib chiqamiz.

Birinchi osttizimning matematik modelini qurish uchun bir qator bog'lanishlarni keltirib chiqarishimiz kerak. Muvozanatlagichning

holda yuqorigi bilan biki bog'langan pastki dastak quyidagi burchakka aylanadi

$$\Delta\beta = \gamma_t - \gamma_0. \quad (16.5)$$

Muvozanatlagich aylanadigan burchakni bilsak, ustuncha harakatini, demak, halqa taxtachasining o'zining boshlang'ich holatidan ko'chishini aniqlash uchun ifodani osongina topamiz:

$$y = H_H + r_e - l \sin(\beta_0 - \Delta\beta).$$

(16.4) ifodani qo'llab, quyidagini olamiz:

$$y = H_H + r_e - l \sin(\varphi - \gamma_t). \quad (16.6)$$

(16.6) formuladan muvozanatlagichning ixtiyoriy aylanish burchagida boshlang'ich holatga nisbatan halqa taxtachasining holatini aniqlash, γ_t burchak aniqlanuvchi muvozanatlagichning ixtiyoriy holatidan halqa taxtachasining ko'chishi Δy uchun bog'lanishni topishimiz mumkin. Shunday qilib, γ_t , Δy_t burchakka o'zgaradi

$$\Delta y = 2l \cos \left[\varphi - \left(\gamma_t + \frac{\Delta y_t}{2} \right) \right] \sin \frac{\Delta y_t}{2}. \quad (16.7)$$

Shunday qilib, olingan bog'lanishlar birinchi osttizim elementlari bog'lanishini ifodalaydi. Bu esa matematik model qurishga imkon beradi, u quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$y_i = H_H + r_i - l \sin(\arcsin \frac{H_H + r_i}{l} + \gamma_0 - \arctg \frac{y_{si}}{x_{si}}), \quad (16.8)$$

bu yerda x_s , y_s — muvozanatlagich yuqori yelkasining markazi koordinatalari; i — mushtak aylanishining sikl raqami.

x_s va y_s koordinatalari elastik bog'-zanjir uzunligining funksiyasi sifatida aniqlanadi. Elastik bog'-zanjir uzunligi mushtakning aylanishi natijasida har bir siklda ham, qaytmas mexanizm ishlashi natijasida sikllar orasida ham o'zgaradi:

$$L_i = L_0 - \Delta L_i. \quad (16.9)$$

bu yerda L_i — i - siklda elastik bog' uzunligi; L_0 — birinchi sikl boshida elastik bog' uzunligi; ΔL_i — qaytmas mexanizm ishlashi natijasida elastik bog' uzunligining qisqarishi.

Demak, mushtakning sikli raqami va burilish burchagi mexanizm matematik modelining parametrlaridir. Elastik bog' uzunligi L ni, R , r , R_3 radiusli g'altaklardan elastik bog'ning chiqish nuqtalari

b, c, e, f larni Oy o'qiga parallel bo'lgan va mos keluvchi g'altaklar aylanish o'qlaridan o'tgan to'g'ri chiziqlarda yotgan deb qabul qilib, yuqori aniqlikda hisoblash mumkin. U holda

$$L = bc + ef + \pi r, \quad (16.10)$$

bu yerda $bc = \sqrt{(x_s - x_E)^2 + (y_s - k_1)^2}$; $ef = \sqrt{(x_s - x_F)^2 + (y_s + k_2)^2}$;

$$k_1 = r + y_E + R; \quad k_2 = r - y_F + R_3.$$

(16.10) ifodadan muvozanatlagich dastagining ma'lum yuqori holatida muvozanatlagichning boshlang'ich holatiga mos keluvchi elastik bog' uzunligini (L_0 ni ham) hisoblash mumkin. Bundan tashqari, elastik bog'ning uzunligi L da ma'lumligida r radiusli yo'naltiruvchi o'qcha o'qining x_s va y_s koordinatalarini aniqlash uchun tenglamani topamiz:

$$y_s = \frac{-D + \sqrt{D^2 - 4Ec}}{2c}; \quad x_s = \pm \sqrt{l_1^2 - y_s^2}, \quad (16.11)$$

bu yerda

$$c = 2a_{10}a_{11} + a_7^2 - l_1^2 a_8^2 + a_6^2; \quad k = L - \pi R;$$

$$D = 2(a_2a_1 + a_6a_8l_1^2); \quad E = a_{11}^2 - l_1^2 a_6^2;$$

$$a_{11} = l_1^2 \left[1 - \left(\frac{x_F - x_E}{k} \right)^2 \right] + x_E^2 + h_2^2 - a_3^2.$$

(16.8) va (16.11) ifodalardan ko'rinib turibdiki, o'rash mexanizmining matematik modeli o'zining parametrlariga nisbatan aniqlangan va nochiziqliydir. Bajirilgan hisoblar va tadqiqotlar bu model o'rash mexanizmini yuqori aniqlikda tavsiflashini ko'rsatadi. Aniq, murakkabroq ifodalar bo'yicha hisoblarga nisbatan xatolik 0,1 % dan oshmaydi. Matematik modelning nochiziqliyli o'rash mush-tagidan halqa taxtachalariga uzatishlar sonining doimiyligi so'ta o'ralishining butun davomida ta'minlanmasligini bildiradi.

16.3.3. Joylamalarni konik tutaklarga o'rash shartidan kelib chiqib mexanizmning maqbul parametrlarini hisoblash

Yigiruv va eshuv mashinalarida ko'p hollarda ip konik shakldagi tutaklarga, arqoq esa naychalarga o'raladi. O'rash mexanizmlarini loyihalashda buni inobatga olish zarur, aks holda, mashinada notsilindrik shaklli so'talar o'raladi, bu esa so'tadagi ip massasining hisobdagiga

nisbatan 8—10 % ga kamayishiga olib keladi. Konik tutakga o'rashda so'ta silindrik shaklni olishi uchun (16.9- rasm), naychaning berilgan konusligi uchun halqa taxtachasi yuqoriga harakatlenganda konus balandligi N_u ning o'zgarish qonunini aniqlash kerak:

$$H_y = \frac{H_0(R_0^2 - r_0^2)}{[R_0^2 - (r_0 - y \lg \lambda)^2]}, \quad (16.12)$$

bu yerda N_0 — halqa taxtachasining qulochi $u = 0$ da so'ta uyasini o'ralishida barmoqni zanjirga ta'sirini inobatga olmaganda; γ — naychaning yasovchisi va o'qi orasidagi burchak.

Muvozanatli o'ralish shartini inobatga olib, yuqorigi konusni o'rashda halqa taxtachasining qulochi quyidagicha bo'ladi:

$$H_k > (R_0 - r_B) / \operatorname{tg} \alpha = \frac{(R_0 - r_B)}{\mu},$$

bu yerda α — konusning yasovchisi va so'ta o'qi orasidagi burchak; μ — ipning o'rash jismiga ishqalanish koeffitsiyenti.

Mexanizmning olingan matematik modeli (16.8) ning tahlili ko'rsatishicha, H_y ni o'zgarishiga γ_0 , H_H , l_1 parametrlar katta ta'sir ko'rsatadi (16.8- rasmga qarang).

Tutak konusligiga qaramay so'ta tanasi silindrik bo'lishi kerakligini, ya'ni konuslik o'rnini qoplash kerakligi uchun o'rash mexanizmini loyihalashda mushtakning bir aylanishida halqa taxtachasining berilgan nuqta y_i dan zarur bo'lgan maksimal ko'chishi (16.12) ifodadan aniqlanadi. Halqa taxtachasining haqiqiy ko'chishi (16.7) ga asosan (16.8- rasmga qarang) quyidagicha:

$$H_{Di} = 2l \cos \left[\varphi - \left(\gamma_{fi} + \frac{\Delta \gamma_{fi}}{2} \right) \right] \sin \frac{\Delta \gamma_{fi}}{2}, \quad (16.13)$$

bu yerda γ_{fi} — muvozanatlagichning yuqori yelkasining y_i ga mos keluvchi gorizontalgacha nisbatan og'ish burchagi; $\Delta \gamma_{fi}$ — mushtakning bir aylanishida muvozanatlagichning yuqori yelkasi aylanadigan burchak; i — mushtak aylanishining raqami.

(16.12) dan aniqlanuvchi H_y qiymatlarni (16.13) formuladan topilgan H_{Di} qiymatlarga maksimal yaqinlashtirish zarur. Nochiziqliq dasturlash nuqtai nazaridan masala maqbullik mezoni $K = k(\gamma_0, H_H, l_1)$ ekstremal qiymatga ega bo'lgan, bundan tashqari $\xi_1 \leq \gamma_0 \leq \xi_2$; $l_1 \leq l_k$; $0 \leq H_H < l$ shartlari bajariladigan γ_0 , H_H , l_1 o'zgaruvchilarni aniqlashdan iborat bo'ladi.

Bu yerda ξ_1 va ξ_2 — muvozanatlagich yuqori dastagining bo'lish sohasini chegaralovchi burchaklar (odatda $\xi_1=45^\circ$, $\xi_2=135^\circ$); l_k — mashinaning gabarit o'lchamlaridan aniqlanuvchi muvozanatlagichning yuqori dastagining maksimal uzunligi.

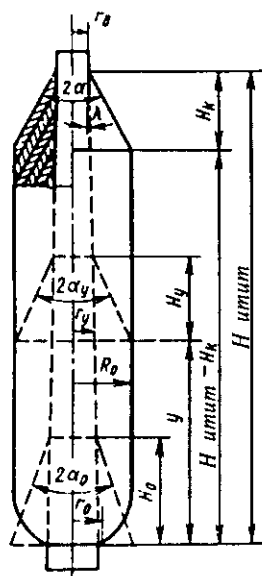
Maqbullashtirish usuli sifatida funksiyaning mahalliy minimumini qidirish masalani yechishga imkon beradigan ma'lum bo'lgan tik tushish usuli qo'llanilishi mumkin. Bu usulni qo'llashda birinchi yaqinlashuvni to'g'ri aniqlash birinchi darajali masala bo'ladi. Tadqiqotlar ko'rsatishicha, konkret mashina uchun o'rash mexanizmini loyihalashda birinchi yaqinlashuv gabarit o'lchamlarining cheklanishi, konstruktiv mulohazalar va mexanizm kinematik sxemasining o'ralishning butun jarayonida mushtakdan halqa taxtachalariga o'zgarmas uzatishlar sonining ta'minlanishi zarurligi asosida aniqlanishi mumkin.

O'rash dastagi uzunligini (16.8- rasmga qarang) mashinaning gabarit o'lchamlari, bosim burchaklari va o'qchanning mushtakka bosish kuchidan kelib chiqib tanlash kerak. Uzellar va mexanizm detallari

holatini, zanjirning qisqarishi va halqa taxtachasini avtomatik ravishda tushishini inobatga olish zarur. Odatda, $0,1B \geq (6-7)e$; $0,1A \geq 5e$ deb qabul qilinadi, bu yerda e — o'rash mushtagining eksentriteti.

Muvozanatlagich past dastagining uzunligi $l = (1,25 - 1,5)H_{um}$.

Bunday munosabatda r_e radiusli o'qchanning markazi harakat davomida chiqadigan yoy joylamaning butun balandligi o'ralishida o'zining vataridan 2—3% ga farq qiladi. l uzunlikli dastakning yanada kattalashishi mashina gabarit o'lchamlarining kattalashishiga olib keladi. Dastakning vertikal yelkasi uzunligi l_1 ni tanlashda quyidagilarni inobatga olish kerak: uning uzunligi kattalashgan sari mushtakka bosim kamayadi, lekin bunda mashinaning balandlik bo'yicha gabarit o'lchamlari oshadi. Odatda, l_1 uzunlikni l ga yaqin olinadi. Mexanizm bloklarining radiuslarini mexanizmning butun ish siklini



16.9- rasm. So'ta o'ralishini hisoblash sxemasi.

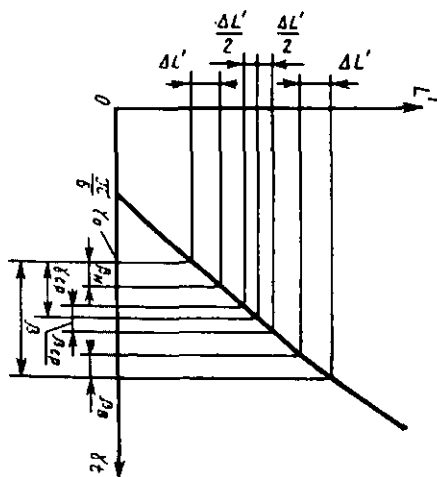
ta'minlash uchun zarur bo'lgan zanjir uzunligini joylashtirish va qotirish shartlaridan tanlash kerak. Halqa taxtachasi boshmog'ining boshlang'ich holatini aniqlashda birinchi yaqinlashuvda $H_n = H_{um}/2$ deb qabul qilamiz.

Iva l_1 dastaklar orasidagi burchakning birinchi yaqinlashuvda $\pi/2$ ga teng deb qabul qilish mumkin. Birinchi yaqinlashuvni aniqlagandan so'ng γ_0 , H_H , l_1 ning maqbul parametrlarini topish masalasi tutak konusligini kompensatsiyalash nuqtai nazaridan EHM da oson yechilishi mumkin.

16.3.4. Konik tutaklarga o'ralishda mexanizm ko'rsatkichlarini aniqlashning grafoanalitik usuli

Muvozanatlagichning l_1 uzunlikli yuqori dastagining boshlang'ich o'rnatish burchagi γ_0 ni taqribiy aniqlash usulini ko'rib chiqamiz (16.8- rasmga qarang). (16.12) tenglamani qo'llab, bir nimqavatni o'rashda halqa taxtachasining talab qilingan qulochi — boshlanishda ($y = 0$) H_0 va — o'rtada ($y = H_H$) $H_{o,r}$ ni topamiz. O'ralishning muvozanatvorligi shartidan so'taning o'ralishi oxiridagi N_{ox} ni aniqlaymiz (16.9- rasmga qarang).

N_0 , $N_{o'r}$ va N_{ox} qiymatlarni ta'minlovchi γ_0 burchakni mexanizmning hamma qolgan parametrlari berilgan yoki aniqlanganligi asosida



16. 10- rasm. Burchak γ , ning zanjir uzunligiga bog‘liq holda o‘zgarishi grafigi.

topamiz. Zanjir uzunligi L' ni gorizontalgga nisbatan dastakning buralish burchagi γt ga bog'lanishi grafigini quramiz (16.10- rasm). Grafikni qurish uchun (16.9) tenglamadan foydalanamiz. Hisoblarni kamaytirish uchun hisobni dastakning $\gamma t = \gamma_0 = \pi/6$ qiymatga mos keluvchi l_1 uzunlikli holatidan boshlash kerak. Keyingi ishlar mexanizmning quyidagi xossasiga asoslanadi: R radiusli g'altakka (16.9- rasm) balandligi bo'yicha ixtiyoriy nimqavatni o'rashda o'rash mushtagi ta'sirida doim bir xil uzunlik $\Delta L'$ dagi zanjir o'raladi.

Izlanayotgan burchak γ_0 ni ixtiyoriy olamiz va absissa o'qiga mos keluvchi masshtabda chizamiz. R radiusli g'altakka mushtak ta'sirida o'ralayotgan zanjir uzunligi $\Delta L'$ ni joylamaning o'rta nimqavat o'ralish shartlaridan topamiz. Buning uchun joylama o'rta holatda o'ralayotganda muvozanatlagichning l_1 uzunlikli yelkasi gorizontaldan og'ishi-ning yig'indi burchagi $\gamma_{o'r}$ ni aniqlaymiz:

$$\gamma_{o'r} = \gamma_0 + \arcsin(H_H / l).$$

Absissa o'qida mos keluvchi nuqta $\gamma_{o'r}$ ni topamiz va undan ikki tomonga, l dastakning shu holatda o'rash mushtagi ta'sirida ipyotqizgich mushtagini aniqlovchi, $\beta_{o'r}$ burchakka teng bo'lgan kesmalarni qo'yamiz:

$$\beta_{o'r} / 2 = \arcsin(H_{o'r} / (2l)), \quad (16.14)$$

bu yerda $H_{o'r} = H_y - (16.12)$ tenglamadan aniqlanadi.

Olingan nuqtalardan egri chiziq bilan kesishguncha perpendikularlar o'tkazamiz. Kesishish nuqtalarini ordinata o'qiga tushirib $\Delta L'$ ni topamiz. Ordinata o'qiga γ_0 ga mos keluvchi nuqtadan yuqoriga $\Delta L'$ kesmani o'lchasak, absissada ipyotqizgichning pastki holatidagi quloch burchagi β_0 ni topish uchun so'talar o'ralishi davomida l_1 uzunlikli dastakning (16.9- rasmga qarang) buralish burchagi β ni bilish zarur:

$$\beta = \beta_0 + \arcsin\left(\frac{H_{umum}}{l} - \sin \beta_0\right). \quad (16.15)$$

γ_0 ga mos keluvchi nuqtadan ordinata o'qi bo'yicha β burchak kattaligini qo'ysak, yuqoridagi kabi, β_B ni topamiz. β_H va β_B qiymatlarni bilsak, ipyotqizgichning pastki holatidagi H_n' va yuqoridagi H_y' haqiqiy qulochini aniqlasak bo'ladi. (16.34) ifodani ishlatib, 16.8- rasmga ko'ra, quyidagini olamiz:

$$H'_n = 2l \cos(\beta_0 - \frac{\beta_n}{2}) \sin \frac{\beta_n}{2};$$

$$H'_y = 2l \cos(\gamma_0 - \beta - \frac{\beta_n}{2}) \sin \frac{\beta_n}{2} \quad (16.16)$$

Olingan H'_n va H'_y qiymatlarni talab qilingan H_0 va H_k lar bilan solishtirib, muvozanatlagich yuqori yelkasining boshlang'ich o'rnatuv burchagi γ_0 ni to'g'ri tanlangani haqida hulosa qilsak bo'ladi.

Natijalar aniqligi talab qilingandan past bo'lganida (xatolik 5% dan ortiq) hisoblarni γ_0 ning boshqa qiymatlari bilan qaytarish lozim.

16.3.5. Konik tutaklarga o'ralishda halqa taxtachalari elastik bog'lanishli o'rash mexanizmini loyihalash

Bu holda tutakdagi konuslik mexanizmining taqsimlovchi validagi shakldor zanjir g'altakchasi qo'llanilishi bilan so'tada o'rni qoplanadi.

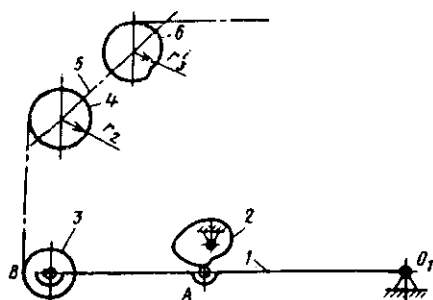
Zanjirli g'altakchani (16.11- rasm) joriy radiusi quyidagicha quyidagicha aniqlanadi:

$$r_3^i = \frac{l_2 H_0 (R_0^2 - r_0^2)}{l_1 E [R_0^2 - (r_0 - y_i / \gamma)^2]}, \quad (16.17)$$

bu yerda: E — mushtakning eksentrisiteti; H_0 — so'taning past konusi balandligi; r_0 — so'taning past qismidagi tutak radiusi; R_0 — to'la so'taning radiusi; y_i — halqa taxtachasining joriy holati; γ — so'ta yasovchisining uning o'qiga qiyalik burchagi.

G'altakcha profilini qurish uchun burchakning joriy qiymati (rad) quyidagicha aniqlanadi:

$$\varphi = \frac{2y_i}{r_3^o + r_3^i} \text{ yoki } \varphi = \frac{2y_i}{r_3^o + r_3^i} \cdot \frac{180}{\pi} \quad (16.18)$$



16.11- rasm. Shakldor g'altakcha o'lamini hisoblash sxemasi:

1—o'rash dastagi; 2—mushtak; 3,4—g'altaklar; 5—val; 6—shakldor g'altak.

Elastik bog'lanishli o'rash mexanizmlarning kamchiligi — tutak va naycha almashtirilganda shakldor g'altakchalarni almashtirish zaruriyatidir.

Xulosa

Bu bob halqayigiruv mashinalari o'rash mexanizmlari va ularni loyihalash masalalariga bag'ishlangan bo'lib, unda biz halqayigiruv mashinalari o'rash mexanizmlarining turlari, ularda konik va silindrik o'ralishlarning qo'llanishi, halqayigiruv mashinalarining dastakli-zanjirli taxtachalarga harakat uzatmasi, zanjirli, halqa taxtachalari qo'zg'almas, zaxira o'ralish mexanizmlar va ularni loyihalash, o'ralishli mexanizmlar va ularni loyihalash, o'raladigan joylama ko'rsatkichlari va uzatish sxemasini tanlash, zaxira o'ralishli mexanizm kinematik sxemasi matematik tavsifining tahlili, joylamalarni konik tutaklarga o'rash shartidan kelib chiqib, mexanizmning optimal parametrlarini hisoblash, konik tutaklarga o'ralishda mexanizm ko'rsatkichlarini aniqlashning grafoanalitik usuli va halqa taxtachalari elastik bog'lanishli o'rash mexanizmini loyihalash masalalarini o'rgandik. Bu ma'lumotlar halqayigiruv mashinalari o'rash mexanizmlarini loyihalashda ishlatiladi.

Nazorat savollari

1. Halqayigiruv mashinalarida qanday o'ralishlar qo'llaniladi?
2. Halqayigiruv mashinalari o'rash mexanizmlarining qanday turlarini bilasiz?
3. Dastakli zanjirli o'rash mexanizmlarining tuzilishi qanday?
4. Taxtachalarga harakat uzatmasi zanjirli mexanizmlarning tuzilishi qanday?
5. Halqa taxtachalari qo'zg'almas va urchuq to'sini harakatlanuvchan mexanizmlarning tuzilishi qanday?
6. Zaxira o'ralishli mexanizmlarning tuzilishi qanday?
7. Halqayigiruv mashinalarning o'rash mexanizmlari qanday loyihalalanadi?
8. Uzatish sxemasi qanday tanlanadi?
9. Kinematik sxemaning matematik tavsifi tadqiqi uslubi qanday?
10. Joylamalarni konik tutaklarga o'rash shartidan kelib chiqib mexanizmning optimal parametrlarini hisoblash uslubi qanday?
11. Konik tutaklarga o'ralishda mexanizm ko'rsatkichlarini aniqlashning grafoanalitik usulini tavsiflang.
12. Konik tutaklarga o'ralishda halqa shadalar elastik bog' yordamida ko'tariladigan o'rash mexanizmini loyihalash uslubi qanday?

17. PILIKLASH MASHINALARINING O'RASH MEXANIZMLARI VA ULARNI LOYIHALASH

17.1. Pilik o'rashdagi asosiy kinematik bog'lanishlar

Pilikni o'rash jarayoni qator maxsus xususiyatlarga ega. Bo'sh eshingan va nisbatan titiq pilikni nimqavatlar balandligi sekin-asta kamayuvchi konussifat uchli silindrlar shaklida yumaloq silindrik ipbardor g'altakka o'raladi (17.1- rasm). Joylamaning bunday shakllash usuli o'ralgan pilikning massasi juda kichik yotqizish β burchagida va ozgina o'rash tarangligida muvozanatvor va ustivor strukturani olishga imkon beradi.

Piliklash mashinalarining o'rash mexanizmlari shoxchali urchuqdan, g'altak, harakatlanuvchan yuqori karetk, tezlik variatori, g'altakka uzatmali differensial mexanizm va boshqarish mexanizmidan iborat.

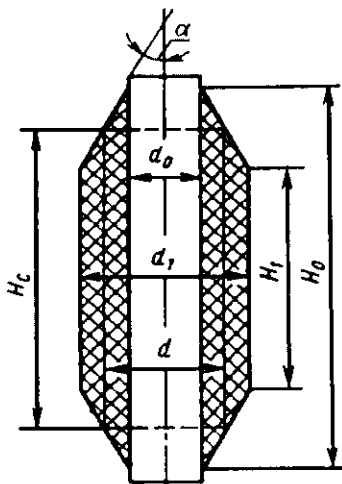
O'ralishda pilik yuqori sifatga ega bo'lishi uchun u pilikning ko'ndalang kesimining katta o'lchami h_0 ga teng bo'lgan, joylamaning hamma nimqavatlarida o'zgarmas o'ram qadami bilan silindrik tanaga o'raladi.

Piliklash mashinasida pilikni eshish va o'ralishi bir vaqtda bo'ladi, shoxcha pilikni eshadi, so'ng u tezlikda shoxchani havo shoxidan va ip yurituvchi panja qirrig'idan o'tib, g'altakka o'raladi. G'altak va shoxcha bir yo'nalishda, lekin har xil n_k va n_u son bilan aylanadi. Demak, vaqt birligida o'ralayotgan o'ramlar miqdori n quyidagicha bo'ladi:

$$n = n_k - n_g = \frac{v \cos \beta}{2\pi R}$$

va bunda R — g'altakka o'ralayotgan nimqavat radiusi.

Pilik g'altakka vint chizig'i bo'yicha o'raladi, shuning uchun g'altak o'qi bo'ylab o'rash nuqtasining tezligi yoki g'altakning ko'tarilish-tushish tezligi



17.1- rasm. Pilik joylamasi.

$$v = v_1 \sin \beta = \frac{v_1 h_0}{\sqrt{\pi^2 d^2 + h_0^2}}.$$

h_0 kattalik kichik bo'lgani uchun hisobga olmasak,

$$v = \frac{v_1 h_0}{\pi d}; \quad h_0 = \frac{\pi v d}{v_1} = \text{const} \quad (17.1)$$

bo'ladi va bu pilik *o'rashning birinchi kinematik shartidir*. U joylamaning hamma nimqavatlarida o'ramlar qadami o'zgarmasligini ta'minlash uchun o'rash diametri kattalashgan sari yuqori karetkaning tezligi giperbolik qonun bo'yicha kamayishi, lekin bir nimqavat o'ralishida o'zgarmay qolishi kerakligini ko'rsatadi. Pilik o'ralganda nimqavatdagi o'ramlar bir-biriga zich yotqiziladi, shuning uchun o'ramlar qadami pilikning ko'ndalang kesimiga teng va uni empirik formuladan aniqlash mumkin:

$$h_0 = \frac{c}{\sqrt{1000/T}},$$

bu yerda: c — o'zgarmas koeffitsiyent, yo'g'on, o'rta, ingichka pilik uchun, mos ravishda, $c = 3,60; 3,65; 3,7$; T — pilikning chiziqliy zichligi.

Agar h_0 orqali 1 mm g'altakka o'ralgan o'ramlar sonini belgilasak (o'zuvchi g'altakda $n_0 = n_k - n_p$, bu yerda n_k va n_p — mos ravishda aylanish g'altak va shoxchani sonlari, min^{-1}), u holda karetkaning tezligini quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$v = n_0 \cdot h_0 = (n_k - n_p) h_0. \quad (17.2)$$

(17.2) ifodadan *pilikni o'rashning ikkinchi kinematik shartini* olish mumkin: o'rash diametri kattalashgan sari g'altakning aylanish soni giperbolik qonun bo'yicha kamayishi kerak, lekin bir nimqavatni o'rashda o'zgarmay qolishi kerak:

$$n_k = n_p + n_0 = n_p + \frac{60v_1}{\pi d}, \quad (17.3)$$

bu yerda: v_1 — pilikni o'rash tezligi, m/s.

Pilikni o'rashda *uchinchi kinematik shart*: o'rash jismida konusni shakllash uchun har nimqavatni o'ragandan so'ng, ishlash vaqtida har bir nimqavatda o'ramlar qadami o'zgarmay qolishi uchun yuqori karetkaning qulochini to'g'ri chiziqli tarzda qisqartirish kerak.

Joylama uchlari konus bo'lganda karetk qulochi H_0 o'rash diametri d ga nisbatan proporsional o'zgarishi kerak (17.1- rasimga qarang):

$$H_H = \frac{H_0 - (H_0 - H_1)(d - d_0)}{d_1 - d_0}. \quad (17.4)$$

Pilikni o'rashda to'rtinchi kinematik shart ixtiyoriy nimqavat o'ralgandan so'ng konik barabanchalarda ularning o'qi bo'ylab tasmaning surilishi doimiy bo'lishi kerakligi bilan ifodalanadi.

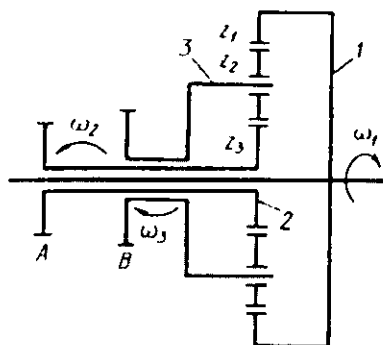
17.2. Differensial va g'altaklarga uzatma

Piliklash mashinalarida g'altaklarga pilikning sifatli o'ralishini ta'minlash uchun tishli va vintli g'ildiraklar yordamida urchuqlar, g'altaklar, yuqori karetk va cho'zuvchi asbobga biki uzatma qo'llaniladi. G'altak aylanish sonini va o'rash diametri kattalashganda karetk harakatini silliq kamaytirish uchun pog'onasiz konoid tezlik variatori ko'zda tutilgan. Bundan tashqari, variatordan g'altaklarga harakatni uzatishda kinematik sxemaga, mashina bosh valining o'zgarmas aylanish sonini va variatordan olinuvchi o'zgaruvchan aylanish sonini qo'shuvchi differensial mexanizm kiritiladi. Yig'indi aylanish differensialdan, aylanishdan tashqari o'zlarining o'qlari bo'ylab ilgari lanma-qaytma harakat qiluvchi g'altaklarga uzatiladi. Shunday qilib, variator orqali g'altaklarga uzatilayotgan quvvatning faqat bir qismi o'tadi, bu esa konoid tasmalariga yuklanishni ancha kamaytiradi va uning ishini osonlashtiradi.

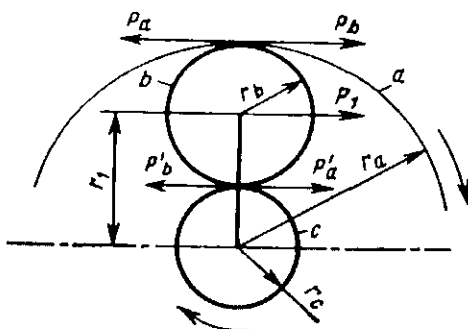
17.2- rasmda zamonaviy piliklash mashinalarida ishlatiladigan yetaklanuvchi yetakli differensialning sxemasi ko'rsatilgan. Agar ω_1 orqali yetaklovchi quyosh g'ildirakning burchak teziligini, ω_2 orqali ikkinchi quyosh g'ildirak va ω_3 bilan yetakning burchak teziligini belgilasak, differensial bo'g'inlari burchak tezliklarini aniqlash uchun umumiy formula quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\omega_2 = \pm i_0 \omega_1 \pm \omega_3 [1 - (\pm i_0)]. \quad (17.5)$$

Tenglamaning birinchi hadi va qavsda gi ikkinchi had oldidagi belgi yetak to'xtatilganda differensialning uzatish oni i_0 ning ishorasiga bog'liq holda tanlanadi. Agar yetak va g'ildirak bir yo'nalishda aylansa, u holda tenglamaning ikkinchi hadi oldiga „plus“ ishora, aks holda — „minus“ qo'yiladi.



17.2-rasm. Pilik mashina differensial sxemasi.



17.3-rasm. Differensialda ta'sir qiluvchi kuchlar sxemasi.

Differensialning ko'rilayotgan sxemasida differensial yetagi yetaklanuvchidir. Bosh valda ichki ilashishli birinchi quyosh g'ildiragi z_1 qotirilgan; ikkinchi quyosh g'ildiragi z_3 bosh val bilan o'qdoish joylashgan va aylanishni shesternya A orqali konik barabanchalardan oladi. Yetak to'xtatilganda yetaklovchi va yetaklanuvchi g'ildiraklar z_1 va z_2 har xil yo'nalishda aylanadi; demak, differensialning uzatish soni „minus“ ishoraga ega. Yetak aylanish yo'nalishi ma'lum bo'lgani uchun, ikkinchi had oldida „plus“ ishora qabul qilamiz. Agar oxirgi natijada manfiy raqam olsak, u holda yetak va quyosh g'ildiragi aylanish yo'nalishlari har xil. U holda (17.5) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\omega_2 = -i\omega_1 + \omega_3(l + i_0),$$

etakning burchak tezligi

$$\omega_3 = (\omega_2 + i_0\omega_1)(l + i_0). \quad (17.6)$$

Differensialning alohida bo'g'inlariga ta'sir qiluvchi kuch va momentlarning bog'lanishlarini aniqlaymiz. Differensial sxemasida (17.3- rasm) bosh valdan uzatiluvchi moment ma'lum bo'lsin,

$$M_1 = P_a \cdot r_a. \quad (17.7)$$

Ikkinchi quyosh g'ildirak va yetakda ta'sir etuvchi M_2 va M_3 momentlarni aniqlash talab qilinadi. Yetaklovchi g'ildirak, ya'ni muayyan qarshilikni yengib o'tadigan g'ildiraklar tishiga qo'yilgan aylanaviy kuch har doim aylanaviy tezlikka qarshi yo'nalgan. Yetak-

lanuvchi g'ildiraklar aylanaviy tezligi va kuchlari bir xil yo'nalishlar-ga ega. G'ildirak tishlariga qo'yilgan aylanaviy kuch $P_a = \frac{M_t}{r_1}$ differen-sialning berilgan sxemasida chapga yo'nalgan, satellit b ga qo'yilgan P_b kuch esa o'ngga yo'nalgan. Agar ishqalanishda yo'qotishlarni hisobga olmasak, u holda $P_a = P_b$.

Differensialning ko'rilayotgan *satelliti b* birinchi va ikkinchi quyosh g'ildiraklari a va c bilan ilashadi. Demak, c g'ildirakda aylana kuchi P_c P_b ga teng, ya'ni P_a ga teng, u holda c g'ildirakdagi moment:

$$M_2 = P_b r_c = P_a r_c. \quad (17.8)$$

Bu momentning yo'nalishi M_1 moment bilan mos keladi. Satellit tomonidan ta'sir etuvchi yetakdagi P_1 kuch aylanaviy kuchlar P_b va P_c lar yig'indisiga teng:

$$P_1 = P_b + P_c = 2P_b.$$

Yetakka ta'sir etuvchi moment

$$M_3 = P_1(r_b + r_c) = 2P_b(r_b + r_c). \quad (17.9)$$

Bu moment M_1 va M_2 larga qarshi tomonga yo'nalgan. Agar (17.7) va (17.9) ni momentlar yo'nalishlarini hisobga olib qo'ysak, unda

$$M_3 + M_2 + M_3 = 0. \quad (17.10)$$

Planetar mexanizmlar statikasi olingan tenglamaga asoslanadi. U g'ildirak tishlaridagi ishqalanishga yo'qotishlarni inobatga olgan holda ham qo'zg'almas ustunlarda o'rnatilgan tayanchlardagi ishqalanish momentlarini inobatga olmaslik sharti bilan o'rinli bo'ladi.

Ishqalanishga yo'qotishlar bo'lmaganda, differensialga kelayot-gan va undan chiqayotgan quvvatlar yig'indisi nolga teng:

$$N_1 + N_2 + N_3 = 0 \text{ yoki } M_1 w_1 + M_2 w_2 + M_3 w_3 = 0. \quad (17.11)$$

Planetar mexanizmlar, ikkita alohida aylanishlarni qo'shuvchi, berk mexanizmlardir, shuning uchun differensial g'ildiragining tishlarini faqat uzatilayotgan quvvat bo'yicha hisoblash noto'g'ri bo'lar edi. Differensial tishli g'ildiraklarni tishlar mustahkamligi va yemirilishga hisoblashda ilashishdagi quvvatni bilish zarur. Planetar uzatmalarda ilashishdagi quvvat deb momentning nisbiy burchak tezlikka ko'payt-masiga aytiladi, chunki satellit tishlari quyosh g'ildiraklar tishlari bilan farazan to'xtatilgan yetakka nisbatan nisbiy harakatda o'zaro ta'sir qiladi. Bir bo'g'inning boshqasiga nisbatan shu bo'g'inlarga mos

keluvchi quvvati yoki burchak tezligi pastida indeks qo'yishga kelishaylik. Masalan, N_{13} va ω_{13} bo'g'in 1 ning bo'g'in 3 ga nisbatan quvvat va burchak tezligini bildiradi. U holda g'ildiraklar 1 va 2 ilashishidagi quvvat, mos ravishda, quyidagicha bo'ladi:

$$N_{13} = M_1 \omega_{13}, \quad (17.12)$$

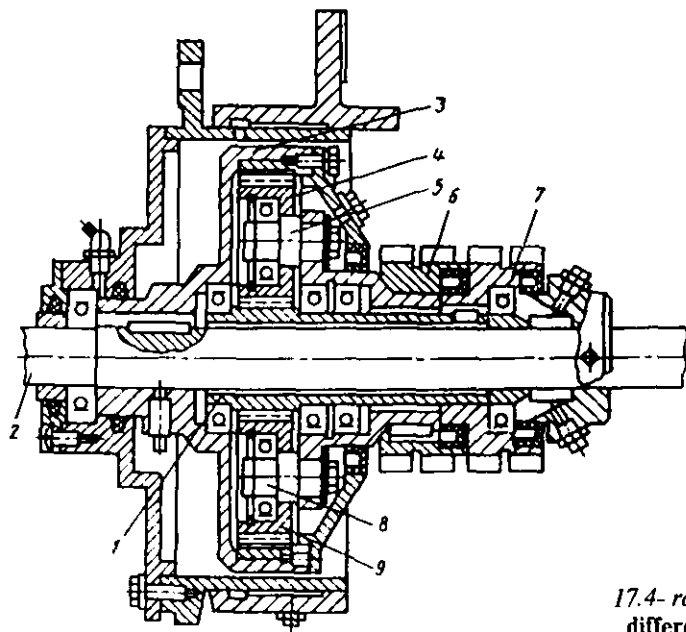
$$N_{23} = M_2 \omega_{23}. \quad (17.13)$$

Shuni aytish kerakki, bu yerda *ilashishdagi quvvat* har doim ham energiyaning o'lchovi bo'lmaydi va differensialning yetaklovchi bo'g'inlariga kelayotgan quvvatdan bir necha barobar katta bo'lishi, kichik yoki nolga teng bo'lishi mumkin.

Differensialni loyihalayotganda uning *foydali ish koeffitsiyenti* η ni bilish kerak. Ixtiyoriy mexanizm uchun

$$\eta = \frac{N_n}{N_0}, \quad (17.14)$$

bu yerda: N_n — mexanizmdan olingan quvvat; N_0 — mexanizmga kelayotgan quvvat.



17.4- rasm. Pilik mashina differensialni chizmasi.

Lekin differensial uchun mazkur formulaning bevosita qo'llanilishi qiyin, chunki ular ikkita harakat manbasiga ega va ixtiyoriy biri yoki ikkala bo'g'in harakat manbasidan aylanishni olayotgan bo'g'inlar tezliklari nisbatidan kelib chiqib, yetaklovchi bo'lishi mumkin. Foydali ish koeffitsiyentlarini aniqlash usullari texnik adabiyotlarda ko'rsatilgan.

Hisoblar va tajribaviy tadqiqotlar ko'rsatadiki, piliklash mashinasining differensial yuqori foydali ish koeffitsiyenti 97—99 % ga ega.

Piliklash mashinalari differensiallarini loyihalayotganda ularga qo'yiladigan talablarni inobatga olish kerak: yuqori FIK, kichik disbalans, konstruksiyaning soddaligi, montaj va ishlatish qulayligi, ishda ishonchliligi.

Zamonaviy piliklash mashinalarda qo'llaniladigan differensial konstruksiyasini ko'rib chiqamiz (17.4- rasm). Yetaklanuvchi bo'g'in bo'lib yetak, yetaklovchilar esa mashinaning bosh vali 2 da o'rnatilgan ichki ilashishli g'ildirak 3 tishg'ildirak 1 bo'lib, uning gupchagiga aylanishni konik barabanchalardan olayotgan yulduzcha 7 joylashgan. Yetakning gupchagida g'altaklarni aylantiruvchi yulduzcha 6 o'tirgan. Yetak gupchagiga o'rnatilgan ikkita 5 va 8 o'qlarda ikkita bir xil satellit 4 va 9 lar aylanadi. Ikkita simmetrik satellitli va hamma detallar bosh valga nisbatan simmetrik joylashishli bunday differensial qo'shimcha muvozanatlashga muhtoj emas. Ikkita simmetrik satellitlarning mavjudligi tishlarga ta'sir qiladigan aylanma kuchlarni kamaytiradi. Hamma tayanchlar sharikli podshipniklarga qo'yilgan, bu esa ishqalanish yo'qotishlarini kamaytiradi, tayanchlar moylanishini osonlashtiradi, ularning ishonchliligini oshiradi.

Differensial mexanizmi yog' vannasida ishlaydi va yog' quyiladigan teshikli qopqoq bilan germetik berkitilgan.

Aylanish differensialning yetaklovchi yulduzchasidan g'altak valiga, so'ng urchuqlar bilan hamo'q joylashgan g'altaklarga uzatiladi. Mazkur uzatmaning o'ziga xosligi shuki, bu g'altakli val o'qi harakatsiz qolmay, balki yuqoriga va pastga harakatlanadi. Oddiy uzatmadan bu holda foydalanish mumkin emas, shuning uchun bu yerda harakatlanuvchan vallarga aylanishni uzatishga imkon beradigan sharnirli-epitsiklik mexanizmlar qo'llaniladi.

Zamonaviy piliklash mashinalarida qo'llaniladigan g'altaklarga differensialdan zanjirli uzatma sxemasini ko'rib chiqamiz. U zanjirli *sharnirli epitsiklik mexanizm* ko'rinishida bo'ladi (17.5- rasm). Aylanish

differentensial yulduzchasi z_A dan yulduzcha z_B ning valiga uzatiladi, undan esa z_B va z_{cl} yulduzchalar orqali g'altakli val C_1 ga uzatiladi. A , B va C yulduzchalar vallari A va B o'qlar atrofida aylana oladigan AB va BC_1 biki dastalar bilan bog'langan. Mexanizmning bunday tuzilishi tufayli qo'zg'almas o'qli yulduzcha z_A dan yulduzcha z_{cl} asosiy aylanishdan tashqari qo'shimcha aylanish ham oladi, bu esa (17.3) tenglama bilan ifodalangan o'rashning asosiy shartini buzadi:

$$\omega_0 = \omega_k - \omega_p = 2\pi v_{cho'z} / d_k$$

bu yerda: ω_0 , ω_k , ω_p — o'rash, g'altak, shoxchaning burchak tezliklari, mos ravishda;

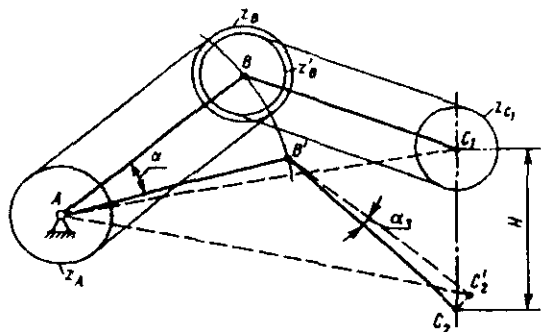
$v_{cho'z}$ — cho'zuvchi asbobdan old silindri tomonidan pilikni chiqarish tezligi;

d_k — o'ralayotgan g'altak diametri.

Agar qo'shimcha aylanish g'altakning asosiy aylanishi bilan qo'shilsa ($\omega_0 > 2\pi v_B / d_k$), u holda o'ralayotgan pilik ortiqcha taranglashgan bo'ladi, bu esa qo'shimcha cho'zilishga, notekislikning oshishi va g'altakka pilikning juda zich o'rashiga olib keladi. Agar qo'shimcha aylanish g'altakning asosiy aylanishiga ($\omega_0 < 2\pi v_B / d_k$) qarama-qarshi yo'nalgan bo'lsa, u holda pilik solqi va g'altakka o'rash bo'sh bo'ladi.

Qo'shimcha cho'zilishni yoki solqilikni silindr aylana tezligi v_{chiq} va pilikni g'altakka o'rash tezligi v_0 ($v_0 = \frac{\omega_0 d_k}{2}$) ayirmasini v_{chiq} tezlikka nisbati ko'rinishida baholash mumkin:

$$\lambda = (v_0 - v_{chiq}) / v_{chiq} = \frac{\Delta v}{v_{chiq}}, \quad (17.15)$$



17.5-rasm. Differensialdan g'altaklarga zanjirli uzatma chizilmasi.

$v_0 > v_{\text{chiq}}, \lambda > 0$ bo'lganda — qo'shimcha cho'zilish hosil bo'ladi; $v_0 < v_{\text{chiq}}, \lambda < 0$ bo'lganda — pilik solqilanadi. Shuning uchun differensialdan g'altaklarga uzatma loyihalashda shunday qilish kerakki, g'altaklarning qo'shimcha aylanishi yoki umuman bo'lmasligi kerak yoki u kichik son bilan bo'lishi kerak. G'altaklar uzatmasini tadqiq qilish uchun yulduzcha z_{c1} o'qi atrofida chetki holati C_1 dan pastki C_2 ga harakatlenganda (quloqch H) aylanishni ikki aylanishga bo'lamiz: biki uchburchak ABC_1 ning A o'qi atrofida aylanishi va $B'C'_2$ dastakning B' o'qi atrofida buralishi. Birinchi harakatda z_c yulduzchani o'qi CC_1 vertikalidan C'_2 nuqtaga tushadi. C'_2 nuqta CC_1 chiziqda qolishi uchun $B'C'_1$ dastak B' o'q atrofida aylanishi kerak. Unda ABC_1 uchburchak bikrligida zanjirli uzatma planetar bo'lib qoladi va yulduzcha z_{c1} ning aylanish burchagi α_c' ni quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$\alpha_c' = i\alpha_A \pm \alpha_0(l - i), \quad (17.16)$$

bu yerda i — A va C_1 vallar orasida ABC_1 uchburchak biki bo'lganidagi uzatish soni; α_4 — z_A yulduzchani buralish burchagi; α_0 — ABC_1 uchburchakning buralish burchagi.

Ikkinchi had oldidagi ishora ABC_1 uchburchakning aylanish yo'nalishiga bog'liq. $B_1C'_2$ dastakning B_1 o'q atrofida aylanishida z_B yulduzchasi harakatsiz oddiy zanjirli planetar uzatma hosil bo'ladi va α_c'' yulduzchani aylanish burchagi mana bu formula bo'yicha topiladi:

$$\alpha_{c1} = ca_A \pm \alpha_0(l - i_0),$$

bu yerda: i_0 — B va C vallar uzatish soni; α_3 — $B_1C'_2$ dastakning buralish burchagi.

C_1 valning umumiy buralish burchagi

$$\alpha_{01} = i\alpha_A \pm (l - i)\alpha_0 \pm (l - i_0)\alpha_3. \quad (17.17)$$

Olingan tenglamaning birinchi hadi yulduzcha z_{c1} ning olinishi maqbul bo'lgan asosiy aylanishini beradi. Yulduzchani qo'shimcha aylanish burchagi

$$\Delta\alpha_{c1} = \pm\alpha_0(l - i) \pm \alpha_3(l - i_0). \quad (17.18)$$

Yulduzcha z_{c1} qo'shimcha $\Delta\alpha_{c1}$ burchakka aylangan vaqtda o'ralmay qoladigan (yoki ortiqcha o'ralgan) pilik uzunligi

G'altaklar o'zgaruvchan son n_{2a} bilan aylanadi va tezligi o'zgar-
mas sonli bosh val aylanishi bilan yetaklanuvchi konoiddan olina-
yotgan o'zgaruvchan sonli aylanishni qo'shuvchi differensialning yetak-
lanuvchi tishg'ildiragidan aylanishni oladi, (17.6) tenglamaga binoan

$$n_{xam} = \frac{i_0 i_y n_{2b}}{l + i_0} + \frac{i i_2 i_3 i_y n_{2b}}{l + i_0}, \quad (17.21)$$

bu yerda: i_0, i, i_2, i_3, i_4 — yetak to'xtatilganda differensialning mos
ravishda uzatish sonlari: konik barabanchalar orasidagi; bosh val va
yuqori konik barabancha orasidagi; yetaklanuvchi barabancha va diffe-
rensialning yetaklovchi tishg'ildiragi orasidagi; differensialning yetak-
lanuvchi tishg'ildiragi va g'altaklar orasidagi.

(17.21) tenglamada birinchi had o'zgarmas, ikkinchisi — o'zga-
ruvchandir. (17.3) va (17.21) tenglamalar bir xil bog'lanishni ifoda-
lashi kerak. Demak, to'g'ri o'ralishni olish uchun quyidagi shartlarga
rioya qilish kerak:

$$n_p = \frac{i_0 i_y n_{2b}}{l + i_0}; \quad \frac{60 v_1}{\pi d} = \frac{i i_2 i_3 i_y n_{2b}}{l + i}. \quad (17.22)$$

Bu tenglamalar tizimining birinchi tenglamasini (17.20) tengla-
maga tenglashtirib olamiz:

$$i_0 i_4 / (l + i_0) = i_y.$$

Ixtiyoriy ikkita uzatish sonini bilib, bu formuladan uchinchisini
aniqlash mumkin. Masalan, P-192-5 piliklash mashinasi uchun
 $i_0 = 3$, $i_1 = 9/108$, demak:

$$i_4 = \frac{i_1 (l + i_0)}{i_0} = \frac{93 \cdot 4}{108 \cdot 3} = \frac{124}{108}$$

O'zgarmas kattaliklar v_1 — o'rash tezligi va i_3 uzatish soni ma'-
lum bo'lsa, d ga bog'liq holda i ni — konoidlar orasidagi o'zgaruv-
chan uzatish sonini aniqlash mumkin.

(17.22) tenglamadan ega bo'lamiz:

$$i = \frac{D_B}{D_H} = \frac{60 v_1 (l + i_0)}{\pi d n_{2b} i_2 i_3 i_4 \eta} \quad (17.23)$$

bu yerda: D_B — yuqori konik barabancha diametrining joriy qiymati;
 D_H — pastki konik barabancha diametrining joriy qiymati. η — konik
barabanchalarda tasma sirpanib ketishini hisobga oluvchi koeffitsiyent
($\eta = 0,98$).

Karetka harakatni differensialdan emas, yetaklanuvchi konoid-dan oladi. Demak, g'altakni o'rash vaqtida uning tezligi o'zgaruvchan:

$$v = \frac{n_2 i_2 i_5 \pi d_{n.o.} \eta}{60}, \quad (17.24)$$

bu yerda: i_5 — yetaklanuvchi konik barabancha va karetk reykas bilan ilashuvli tishli g'ildirak orasidagi uzatish soni; $d_{n.o.}$ — shu tishli g'ildirakning boshlang'ich aylana diametri.

G'altak va yuqori karetk yuritmasi uchun bitta tezlik variatorini ishlatish uchun uzatish soni i_5 muayyan qiymatga ega bo'lishi kerak. Uzatish soni i ni (17.1) va (17.24) tenglamalardan aniqlaymiz:

$$i = \frac{D_B}{D_H} = \frac{60 v_1 h_0}{\pi^2 d_{n.o.} d_{i_2} \eta i_5 n_{2b}}. \quad (17.25)$$

(17.25) va (17.23) tenglamalarni tenglashtirib, quyidagini olamiz:

$$i_5 = \frac{h_0 i_3 i_4}{\pi d_{n.o.} (l + i_0)}. \quad (17.26)$$

G'altaklar aylanish soni, yuqori karetk tezligi, harakat yo'nali-shi va qulochini o'zgartirish uchun kerak bo'lgan, tasmaning barabancha o'qi bo'ylab davriy surilishi uchun maxsus boshqarish mexanizmi qo'llaniladi. Karetk qulochining qisqarishi ΔH ni quyida-gi tenglamadan hisoblash mumkin (17.2- rasmga qarang):

$$\Delta H = \frac{2K_1 K_2 (H_0 - H_1)}{(d_1 - d_0) \sqrt{1000/T}}, \quad (17.27)$$

bu yerda: H_0 va H_1 — maksimal va yakuniy o'rash balandliklari, mos ravishda;

$K_1 = \delta \sqrt{1000/T}$ (bu yerda δ — pilik qalinligi; T — pilikning chiziqliy zichligi);

$K_2 = \Delta d / 2\delta$ (bu yerda Δd — joriy nimqavatni o'rashdan so'ng diametrning kattalashishi);

d_1 va d_0 — mos ravishda to'la va bo'sh g'altaklar diametrlari.

(17.27) formuladan kelib chiqadiki, boshqa sharoitlar bir xilli-gida ixtiyoriy nimqavatni o'ragandan so'ng karetk qulochini ng qisqa-rishi o'rashdagi pilikning ezilish ko'effitsiyenti k_2 ga bog'liq holda o'zgaradi.

17.4. Tezliklar variatori uchun konoidlarni shakllash

Konoidlarni shakllashda g'altak va konoidlar diametri kiruvchi (16.23) tenglamadan foydalaniladi. Ixtiyoriy nimqavat o'ralgandan so'ng konoiddagi tasma o'q bo'ylab bir xil kattalikka suriladi

$$\Delta = L_p / M,$$

bu yerda: L_p — konoid barabanchaning uzunligi; M — to'la g'altak nimqavatlari soni.

M kattalikni taxminan quyidagi formuladan topsak bo'ladi:

$$M = \frac{p_1(d_1 - d_0)}{(3p_1 - p)\delta_1},$$

bu yerda: p_1 — birinchi nimqavatga shoxcha panjasining bosimi; p — oxirgi nimqavatga shoxcha panjasining bosimi; δ_1 — birinchi nimqavat qalinligi.

Tadqiqotlar ko'rsatdiki, nimqavat qalinligi g'altak o'ralgan sari kattalashadi. Bunga sabab diametr oshgan sari g'altakka panja bosimining kamayishi (o'rash oxirida bu bosim boshlang'ichga qaraganda 1,5—2,5 barobar kamroq) va o'ralish diametri kattalashgan sari ichki nimqavatlar ustida yotgan nimqavatlar tomonidan ko'payib borayotgan yig'indi bosim ostida qolishlaridir. Shuning uchun o'ralish diametri to'g'ri chiziqli qonun bo'yicha o'zgaraydi.

Tajribaviy ma'lumotlarga ko'ra paxta pilik uchun o'rash diametri quyidagi bog'lanish bo'yicha o'zgaradi:

$$d = d_0 + 2\delta_1 m^k, \quad (17.28)$$

bu yerda: d_0 — bo'sh g'altak diametri; m — ma'lum vaqt oralig'ida o'ralgan nimqavatlar soni; k — daraja ko'rsatkichi (yo'g'on pilik uchun $k = 1,16$, o'rta uchun $k = 1,14$, ingichka uchun $k = 1,11$).

Agar konoidlarni shakllashda (17.28) formulani qo'llasak, u holda konoiddagi tasmaning ko'chishi x ga bog'liq holda o'rash diametrining o'zgarishi:

$$d = d_0 + 2\delta_1 (x / \Delta)^k. \quad (17.29)$$

Bu tenglamani (17.25) formulaga qo'yib, quyidagini olamiz:

$$\frac{D_B}{D_H} = \frac{C}{d_0 + C_1 x^k}, \quad (17.30)$$

bu yerda:

$$C = \frac{60v_1(1+i_o)}{n_2b^2i_2i_3i_4\eta}; \quad C_1 = \frac{2\delta_1}{\Delta^k}.$$

Konoid uzatmadagi tasma uzunligi quyidagicha aniqlanadi. Birinchi yaqinlashuvda o'rta holatda konoidlarning tasmalar quchoqlash burchagi 180° ga teng qilib olinadi.

U holda

$$D_{B.o'r} = D_{H.o'r} = D_{o'r},$$

bu yerda: $D_{o'r}$ — o'rtacha diametr.

O'rta holat uchun konoiddagi tasma uzunligi

$$L_1 = \pi D_{o'r} + 2l_1 \quad (17.31)$$

bu yerda: l_1 — o'qlar orasidagi masofa.

(17.31) formuladan topamiz:

$$D_{o'r} = \frac{(L_1 - 2l_1)}{\pi}. \quad (17.32)$$

O'rtacha diametr $D_{o'r}$ qiymatini tasma va undan uzatilayotgan quvvat xarakteristikasi bo'yicha tanalanadi. Masalan, P-192-5 piliklash mashinasida olishning ishlash boshida yuqori konoid diametri $D_B = 179$ mm, pastki konoid diametri esa $D_N = 93,4$ mm. Demak, bu piliklash mashinasi konoidlarining o'rtacha diametri

$$D_{o'r} = (179 + 93,4) / 2 = 136,2 \text{ mm}.$$

Tenglamaning birgalikda yechilishi:

$$D_{o'r} = D_{H.o'r} \frac{C}{d_0 + C_1 x^k};$$

$$D_B + D_H = 2D_{o'r} = \frac{2(L_1 - 2l_1)}{\pi} \quad (17.33)$$

konoidlar diametrining tasma ko'chishi bilan bog'lanishini topishga imkon beradi.

Shunday qilib, quyidagini olamiz:

$$D_B = 2r_B = \frac{2CD_{o'r}}{d_0 + C + C_1 x^k};$$

$$D_H = 2r_H = 2D_{o'r} - D_B = \frac{2D_{o'r}(d_0 + C_1 x^k)}{d_0 + C + C_1 x^k}. \quad (17.34)$$

(17.34) tenglamalar r — x koordinata o'qlarida ikkala konoid nazariy shakllarini qurish imkonini beradi (17.7- rasm). Konoidlarda, odatda, taranglash moslamasi qo'yilmasligi sababli, uzatish sonlarini saqlanganda Δ_1 va Δ_2 kattaliklarga konoid radiuslari o'zgarishini ifodalovchi tasma uzunligiga tuzatmalarni inobatga olish kerak. Bundan tashqari, tasma qalinligiga tuzatmalarni ham inobatga olish kerak va shunda konoidning izlanayotgan haqiqiy radiuslarini olamiz:

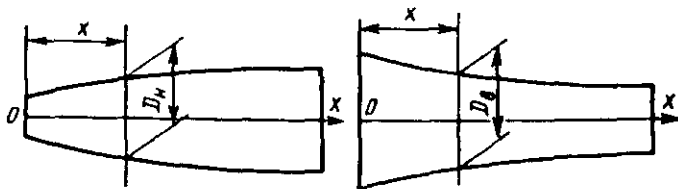
$$R_B = r_B + \Delta_1 - b/2; \quad R_H = r_H + \Delta_2 - b/2. \quad (17.35)$$

Konoidlar ish uzunligini quyidagi holatlarni inobatga olib tanlash kerak. Konoidlar ish uzunligining uzayishi gabarit o'lchamlar va konoidlar o'qlari bo'ylab tasma ko'chishiga kerakli kuch oshishiga olib keladi, lekin shu vaqtda konoidlarda tasmaning qiyshayishini kamayishi natijasida ish sharoitini yaxshilaydi va tasma sirpanishini kamaytiradi. Shuni aytish lozimki, konoidlarda tasmaning har surilishida yetaklovchi konoid aylanish soni katta bo'lmagan kattalikka silliq o'zgarishi kerak. Piliklash mashinalarda konoidlarning ish uzunligi L_u ni 600—800 mm oraliqda tanlash mumkin, u holda konoidlar umumiy uzunligi

$$L_{um} = L_u + B + (80 + 100) \text{ mm}.$$

Bu yerda: B — tasma uzunligi; 80—100 mm — tasmaning chekka holatidan konoid yonboshigacha masofaning ikkilangani.

Konoid variatorning kamchiligi tasmaning sirpanishidir, bu esa uning ishiga ma'lum noaniqlikni kiritadi. Lekin konstruksiyasining soddaligi, tayyorlash osonligi va uzoq ishlashi piliklash mashinasida qo'llash uchun asosiy sabab bo'ldi. Piliklash mashinasida boshqa tipdagi tezlik variatorini ishlatish ham mumkin, masalan, sirpanishsiz ishlaydigan suriluvchan diskli zanjirli variator ishlatilishi mumkin.



17.7- rasm. Konoidlarning shakllari sxemasi

Xulosa

Mazkur bob pilik mashinalari o'rash mexanizmlari va ularni loyihalash masalalariga bag'ishlangan bo'lib, unda biz piliklash mashinasi o'rash mexanizmlarining turlari, ularning xususiyatlari, pilik o'rashning 4 ta sharti va pilik o'rashdagi asosiy kinematik bog'lanishlar, differensial, uning vazifasi va unga uzatma, pilik mashina kinematik sxemasining tuzilishi, xususiyatlari va uni loyihalash, tezlik variatori, uning vazifasi, tuzilishi va konoidal barabanchalarni shakllash uslubi bilan tanishdik. Bu ma'lumotlardan pilik mashinalari o'rash mexanizmlarini loyihalash bo'yicha hisoblarni bajarishda foydalaniladi.

Nazorat savollari

1. Piliklash mashinalarining o'rash mexanizmlarining tuzilishi qanday?
2. Pilik mashinalarining o'rash mexanizmlarining xususiyatlarini aytib bering.
3. Pilik o'rashdagi asosiy kinematik bog'lanishlarni ko'rsating.
4. Qulf mexanizmi qanday vazifalarni bajaradi?
5. Differensial nima vazifa bajaradi?
6. Differensial va g'altaklarga uzatmaning tuzilishi qanday?
7. Differensialda qanday kuchlar amal qiladi?
8. Piliklash mashinasining kinematik sxemasini loyihalash uslubi qanday?
9. O'rash diametri oshishi bilan panja bosimi qanday o'zgaradi?
10. Tezliklar variatori uchun konoidlarni shakllash uslubi qanday?

18. TARQOQLANTIRISH MEXANIZMLARINI LOYIHALASH

18.1. Tarqoqlantirish mexanizmlari asosiy ko'rsatgichlarini aniqlash

Tolimni tarqoqlantirish mexanizmlarini qo'llashda olinadigan ijobiy samaraning asosiy ko'rsatgichi *tarqoqlashtirish samaradorligidir*. Bu ko'rsatgich tarqoqlashtirish mexanizmi qo'llanilgandagi *qoldiq tolim* hajmining bunday mexanizm qo'llanilmagandagi *tolimning hajmiga* nisbati sifatida aniqlanadi.

Tolim to'la tarqoqlangan deyish uchun uning hajmi ikkita ustma-ust tushgan ipdan oshmasligi kerak. Lekin yuqorida ko'rganimizdek, tolimning amaldagi hajmini aniqlash nazariy jihatdan ham, tajribaviy yo'l bilan ham ancha mushkul masaladir. Shuning uchun, odatda, tarqoqlashtirish mexanizmining tolim strukturasi hosil bo'lishi sharoitlarini to'xtovsiz buzib turadigan ko'rsatgichlarini aniqlash bilan chegaralaniladi. Tolim struktura hosil bo'lishi sharoitlarini buzish deganda yonma-yon tushayotgan o'ram iplarning nisbiy siljishi ip yo'g'onligidan kattaroq bo'lishi tushuniladi. Tarqoqlashtirish mexanizmlarining asosiy ko'rsatgichlariga uning ish davrasi, ipyuritgich borib-kelish sanamini o'zgartirish chegaralari, tarqoqlashtirishning davrasida ipning yotish burchagining o'zgarish chegaralari kiradi.

18.2. Tarqoqlantirish mexanizmi ish davrasini aniqlash

Tarqoqlantirish qurilmasi bir qancha o'rash mexanizmlari tarkibiga kiradi va bir tekis qoplovli struktura olish maqsadida tolim va tasma hosil bo'lishining oldini olish uchun ishlatiladi. Yuqoridagilardan ma'lumki, tolim hosil bo'lishida boshqa-boshqa qatlamlarga mansub o'ram iplari ustma-ust tushsa, tasma hosil bo'lishida yonma-yon tushadilar. Tarqoqlantiruvchi qurilma o'ralayotgan o'ramlarni joylama sirti bo'ylab bir tekisda tarqatishi kerak. Bu *tarqatish o'ramlarning yotqizilish burchaklarini davriy ravishda o'zgartirish* hisobiga amalga oshiriladi. Natijada o'ramlarning qadamlari kattalik bo'yicha eng kichikdan eng kattaga va aksincha o'zgaradi.

Ipning yotish burchagining eng kichik kattaligidan eng kattaga va eng kattadan eng kichikka o'zgarish vaqti *tarqoqlantirish qurilmasining ish davri* deyiladi.

Tarqoqlantirish qurilmasini loyihalashda avvalo uning ish davrasini aniqlash kerak. *Tarqoqlantirish mexanizmining ish davrasi* deganda tarqoqlashtirish davri davomida o'ralgan qavatlar soni nazarda tutiladi. Tarqoqlantirish davri tasmda yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan ip o'ramlari soni bilan belgilanadi. Bundan buyon tasma deganda uch va undan ortiq ip o'ramlari yonma-yon jips yotqizilishidan hosil bo'lgan pilta nazarda tutiladi. Demak, *tasmalanishning* oldini olish uchun hech bo'lmaganda ipyuritgichning 3 marta borib-kelishidan keyin uning tezligi (ipning yotqizish burchagi) tez o'zgartirilishi kerak. Bu o'zgargan tezlik keyingi uch marta borib-kelish davomida o'zgarmay qolishi mumkin. Xullas, tarqoqlantiruvchi qurilma davrasi ipyuritgichning uch marta borib-kelishidan uzun bo'lmasligi kerak. Loyihalashda tarqoqlash davrasini olti atrofidagi nobutun va karrali ko'paytuvchilarga ega bo'lmagan songa teng qilib olish tavsiya qilinadi. Masalan: 5,53, 5,77, 5,87 va h.k.

18.3. Tarqoqlantirish davrasida ipning yotish burchagining o'zgartirish chegaralarini aniqlash

Tarqoqlantiruvchi qurilmalar, odatda, hisobiy yotqizish burchagi 50—200 chegaralarida bo'lgan kesishuvli o'ralishda qo'llaniladi. Yotqizish burchagining bog'lanuvi bunday: $\sin \beta_0 = v_2 / v_1$, shuning uchun kattaligi uch usulda o'zgartirish mumkin (v_1 ip v_2 tezligi, ipyotqizgich tezligi):

1. $v_1 = \text{const}$, v_2 — o'zgaruvchan.
2. $v_2 = \text{const}$, v_1 — o'zgaruvchan.
3. $v_1 = \text{o'zgaruvchan}$, v_2 — o'zgaruvchan.

Amaliyotda birinchi usul eng ko'p qo'llaniladi. Silindrik g'altonga ishqalanuvchan o'rashni ko'raylik (11.8- d rasm). Bu holda tasmalanish eng ko'p ko'riladi.

O'rash jismining aylanishlar soni:

$$n_1 = \frac{n_3 d_3 \eta}{d} = \frac{v_1 \cos \beta_0}{\pi d}, \quad (18.1)$$

bunda: n_3 — ishqalanuvchan silindr aylanishlari soni, d_3 — ishqalanuvchan silindr diametri, η — o'rash jismining ishqalanuvchan silindrga nisbatan sirg'anish koeffitsiyenti, d — o'rash jismi diametri ($d_0 \leq d \leq d_1$), d_0 va d_1 o'rash jismining dastlabki va oxirgi diametrlari. Ipyuritgichning bir borib-kelishi vaqtida o'raladigan o'ramlar soni i :

$$i = \frac{n_1}{n_2},$$

bu yerda n_2 — ipyuritgichning borib-kelishlari soni, n_1 — joylama aylanishi soni.

O‘ramlarni tarqoqlantirishsiz silindrik o‘rashda

$$\sin \beta_0 = \frac{v_2}{v_1} = \frac{2Hn_2}{v_1},$$

$$n_2 = \frac{v_1 \sin \beta_0}{2H},$$

$$i = \frac{2Hd_3n_3\eta}{v_1d \sin \beta_0}.$$

$\eta = 1$ bo‘lganda:

$$i = \frac{2H}{\pi d \operatorname{tg} \beta_0}, \quad (18.2)$$

bu yerda: H — ipyuritgichning harakat qulochi. Eng xavfli bo‘lgan bir karrali tolim i butun songa teng bo‘lganida sodir bo‘ladi. Bunda eng chetki o‘ramning burilish nuqtasi oldingi qoplamga mansub o‘ramning burilish nuqtasi bilan ustma-ust tushadi. Tarqoqlantirish qurilmasini loyihalashda tolim va tasma hosil bo‘lishi yo‘qolishi va joylama shakli buzilmasligini ta‘minlaydigan yotqizish burchagi β_0 ning minimal o‘zgarish chegaralarini bilish kerak bo‘ladi. (18.1) formula-dan ko‘rinadiki, diametr d ning d_0 dan d_1 gacha o‘zgarishida i soni:

$$i_{\max} = \frac{2H}{\pi d_0 \operatorname{tg} \beta_0} \text{ dan to } i_{\min} = \frac{2H}{\pi d_1 \operatorname{tg} \beta_0} \text{ gacha kamayadi. Bu kamayish}$$

jarayonida i bir necha marta butun son qiymatini oladi (kritik sonlar).

Agar $i = i_{xp}$ bo‘lgan tolimlanish onida $\operatorname{tg} \beta_0$ ni K_1 marta kichraytirilsa, i soni K_1 marta kattalashadi:

$$i = \frac{2HK_1}{\pi d \operatorname{tg} \beta_0} = K_1 i_{xp}.$$

O‘ramlarning yangi soni $K_1 i_{xp}$ dan o‘ramning nobutun qismiga katta bo‘lishi kerak. Shuning uchun

$$K_1 i_{xp} = i_{xp} + \frac{B}{C}.$$

Endi $\frac{B}{C} + \frac{\varepsilon}{360}$ ekanligi uchun $K_1 i_{xp} = i_{xp} + \frac{\varepsilon}{360}$ bo'lishidan koefitsiyent K_1 ni topamiz:

$$K_1 = 1 + \frac{\varepsilon}{360 i_{xp}} = \frac{i_{xp} + \varepsilon / 360}{i_{xp}}, \quad (18.3)$$

bu yerda ε — yonboshdagi eng chetki o'ram burilish nuqtasining oldingi qatlamidagi chetki o'ram burilish nuqtasiga nisbatan burchak siljishi, B/C o'ramning kasr qismi.

Yotqizish burchagini xiyla o'zgartirmaslik va joylamaning berilgan shaklini buzmaslik uchun i_{xp} ni bir o'ramdan ozroqqa kattalashtirish va ε burchakni 11° — 349° oraliqda olish, K_1 ni esa

$K_1 = \frac{i_{xp} + (0,031 - 0,969)}{i_{xp}}$ kattalikda olish kerak bo'ladi. Endi K_1 ni bilgan holda $\text{tg}\beta$ ning eng kichik chekka qiymatini topamiz.

$$(\text{tg}\beta)_{\min} = \frac{\text{tg}\beta_0}{K_1} = \frac{i_{xp} \text{tg}\beta_0}{i_{xp} + (0,031 - 0,969)}.$$

Agar $\text{tg}\beta_0$ ning nominal qiymatini K_2 marta orttirsak, i_{xp} sonini esa bunda birdan ozroq kichraytirsak, unda

$$i = \frac{2H}{\pi d K_2 \text{tg}\beta_0} = \frac{i_{xp}}{K_2} - \frac{B}{C} = i_{xp} - \frac{\varepsilon}{360}. \quad (18.4)$$

ε ga 11° — 349° oraliqdagi qiymat berib, quyidagini olamiz:

$$K_2 = \frac{i_{xp}}{i_{xp} - (0,031 - 0,969)};$$

$$(\text{tg}\beta)_{\max} = K_2 \text{tg}\beta_0 = \frac{i_{xp} \text{tg}\beta_0}{i_{xp} - (0,031 - 0,969)}.$$

Olingan bog'lanishlarni tekshirish ko'rsatadiki, K_1 va K_2 koefitsiyentlarning qiymatlari i_{xp} va ε larga bog'liq, $\text{tg}\beta$ ning o'zgarish chegaralari bundan tashqari yotqizish burchagining hisobiy (nominal) kattaligiga bog'liq. Shuning uchun tarqoqlantiruvchi mexanizmni loyihalashda K_1 va K_2 larni i_{xp} ning nominal qiymati uchun aniqlash kerak. K_1 va K_2 qancha katta bo'lsa, tarqoqlantiruvchi mexanizm ish sikli davomida yotqizish burchagi shuncha ko'proq o'zgaradi. K_1 va K_2 koefitsiyentlar qiymatini olishda $K_{1\max}$ ga yaqinroq qilib tanlash kerak. Masalan, $i_{xp} = 4$ bo'lganida $K_1 = K_2 = 1,24$ deb olish mumkin.

18.4. Ipyuritgichning borib-kelish sonini o'zgartirish chegaralarini aniqlash

Tarqoqlantirishda ipyotqizish burchagi β ning o'zgarish chegaralarini aniqlagandan keyin ipyuritgichning sanami n_2 ni o'zgartirish chegaralarini topish qiyin emas. *Hisobdagi yotqizish burchagi* β_0 ga ipyuritgichning hisobdagi n_{20} soni to'g'ri keladi:

$$n_{20} = \frac{V_1 \sin \beta_0}{2H} = \frac{V_1 \operatorname{tg} \beta_0}{2H \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$$

bundan $(\operatorname{tg} \beta)_{\min}$ — minimal yotqizish burchagiga minimal son to'g'ri keladi:

$$n_{2\min} = \frac{V_1 (\operatorname{tg} \beta)_{\min}}{2H \sqrt{1 + (\operatorname{tg} \beta)_{\min}^2}} = \frac{V_1 i_{xp} \operatorname{tg} \beta_0}{2H \sqrt{i_{xp}^2 \operatorname{tg}^2 \beta_0 + (i_{xp} + 0,031 - 0,969)^2}}$$

Xuddi shunga o'xshash $(\operatorname{tg} \beta)_{\max}$ — maksimal yotqizish burchagiga maksimal son to'g'ri keladi:

$$n_{2\max} = \frac{V_1 (\operatorname{tg} \beta)_{\max}}{2H \sqrt{1 + (\operatorname{tg} \beta)_{\max}^2}} = \frac{V_1 i_{xp} \operatorname{tg} \beta_0}{2H \sqrt{i_{xp}^2 \operatorname{tg}^2 \beta_0 + (i_{xp} - 0,031 - 0,969)^2}}.$$

Shunday qilib yotqizish burchagining tarqoqlashtirishdagi o'zgarishlar chegaralari $\beta_{\min}$ va $\beta_{\max}$ bo'lganda ipyuritish soni o'zgarish chegaralari $n_{2\min}$ va $n_{2\max}$ bo'ladi, ya'ni:

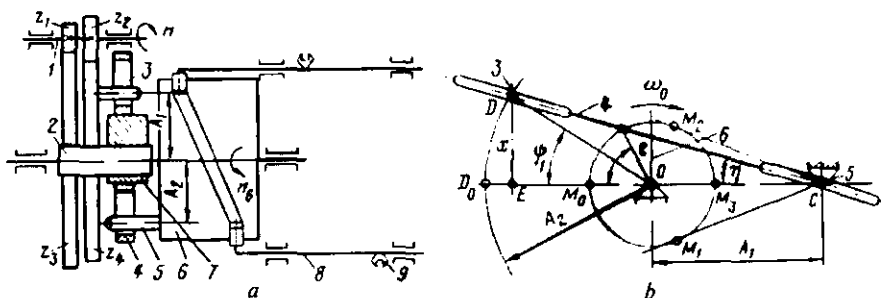
$$n_{2\min} \leq n_{20} \leq n_{2\max}$$

18.5. Tarqoqlantirish mexanizmini loyihalash uslubi

Tarqoqlantirish qurilmasini loyihalashda berilgan ko'rsatgichlarga quyidagilar kiradi:

- j — tarqoqlantirish davrasi;
- v_1 — ipning o'ralish tezligi;
- β_0 — ipning hisobdagi yotqizish burchagi;
- H — yotqizish uzunligi;
- d_0 — joylamaning boshlang'ich diametri — tutak diametri;
- d_1 — tarqoqlantiruvchi qurilma loyihalanayotgan mashinada o'raladigan joylamaning eng katta diametri.

Loyihalashda avvalo tarqoqlantiruvchi qurilma konstruktiv turini o'rash mexanizmi ishlatiladigan mashina turi, ipning turi va yo'g'onligi

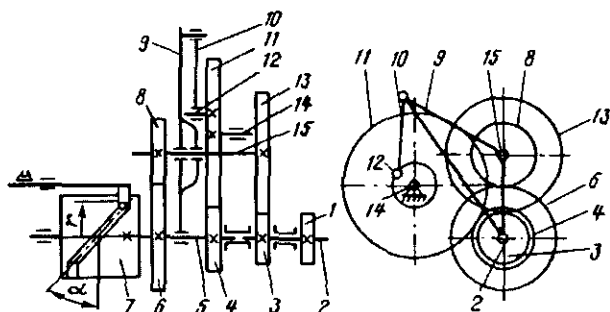


18.1- rasm. Ekssentrikli tarqoqlantirish qurilmasi sxemasi.

kabi konstruktiv va texnologik shart-sharoitlardan kelib chiqib tanlanadi. Hozigi paytda tarqoqlantiruvchi mexanizmlarning quyidagi konstruktiv turlari qo'llaniladi.

1. *Ekssentrikli qurilmalar* (18.1- rasm). O'tkazilgan tadqiqot va foydalanish tajribasining ko'rsatishicha bu tur qurilmalar yotqizish burchagi β_0 ni birdan $\beta_{\max} = \text{const}$ qiymatga ko'tarish va uni ipyuritgichning j borib-kelishi davomida ushlab turishga imkon bermaydi.

2. *O'rov mushtagi differensial uzatmali krivoship-shatun tarqoqlantiruvchi qurilmalar* (18.2- rasm). Mazkur qurilmaning asosiy kamchiligi ancha og'ir bo'lgan chervyakli (qo'shqaroqli) valda ilgari lanma-qaytma harakat mavjudligidir. Bu esa har qaytish vaqtida ancha inersion va zarbaviy yuklanishlarga va bu o'z navbatida juftliklarining jadal yeyilishiga olib keladi.



18.2- rasm. Differensial uzatmali krivoship-shatunli tarqoqlantirish qurilmasi sxemasi.

3. *Mushtakli tarqoqlantiruvchi qurilma* (18.3-rasm). Bu mexanizmining xususiyati mushtak va gilzaning ishqalantiruvchi yuzalarini to'xtovsiz yog'lab turish zaruratidir.

Tarqoqlantiruvchi qurilmani konstruktiv turi tanlangandan keyin quyidagilar topiladi:

1. *Ipyuritgichning hisobdagi texnologik tezligi* $v_2 = v_1 \sin \beta_0$.

2. *Ipyuritgichning hisobdagi borib-kelish soni*:

$$n_{20} = \frac{V_1 \sin \beta_0}{2H}.$$

3. *Ipyuritgichning borib-kelish vaqti*

$$\tau = \frac{1}{n_{20}} = \frac{2H}{V_1 \sin \beta_0}.$$

4. *Tarqoqlantirish davrasi uzunligi*:

$$t_T = \frac{j\tau}{2} = \frac{Hj}{V_1 \sin \beta_0}.$$

5. *Ipyuritgichning $\beta_0 = \text{const}$ va $d_0 < d < d_1$ bo'lganda bir borib-kelishida o'raladigan ip o'ramlari soni*

$$i = \frac{2H}{\pi d \lg \beta_0}.$$

6. *Ipyuritgichning bir borib-kelishida o'raladigan iplar sonining chegaraviy qiymatlari*:

$$i = \frac{2H}{\pi d_0 \lg \beta_0}.$$

7. *Kritik sonlar i_{xp} larning $i_{\min} - i_{\max}$ oraliqda yotgan chegaraviy qiymatlari*:

$$i_{kp \min} \leq i_{kp} \leq i_{kp \max}.$$

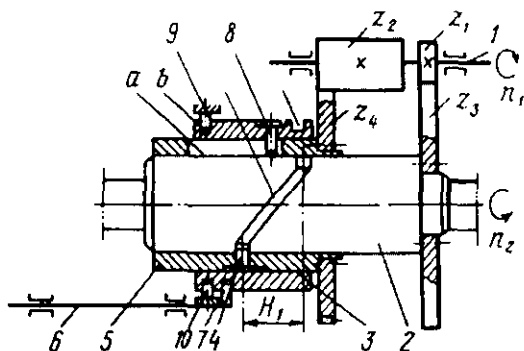
8. *Koeffitsiyent K ning qiymatlari*:

a) *yotish burchagi kamayishida*:

$$K_1 = \frac{(i_{kp \max} + 0,031 - 0,969)}{i_{kp \max}},$$

b) *yotish burchagi ortishida*:

$$K_2 = \frac{i_{kp \max}}{i_{kp \max} - 0,031 - 0,969}.$$



18.3-rasm. Mushtakli tarqoqlantiruvchi qurilma sxemasi.

9. Yotish burchagining chegaraviy qiymatlarida:

a) maksimal qiymat:

$$(\operatorname{tg} \beta)_{\max} = K_2 \operatorname{tg} \beta_0 = \frac{i_{\text{kp max}} \operatorname{tg} \beta_0}{i_{\text{kp max}} - 0,031 - 0,969};$$

b) minimal qiymat:

$$(\operatorname{tg} \beta)_{\min} = \frac{\operatorname{tg} \beta_0}{K_1} = \frac{i_{\text{kp max}} \operatorname{tg} \beta_0}{i_{\text{kp max}} + 0,031 - 0,969}.$$

10. $(\operatorname{tg} \beta)_{\min}$ va $(\operatorname{tg} \beta)_{\max}$ larni olishga imkon beradigan n_2 sonining qiymatlari $n_{2\min}$ va $n_{2\max}$ lar.

Xulosa

Mazkur oxirgi bob tarqoqlantirish mexanizmlarini loyihalash masalalariga bag'ishlangan bo'lib, unda biz tarqoqlantirish mexanizmlari asosiy ko'rsatkichlarini aniqlash, tarqoqlantirishda o'zgartiriladigan parametrlar, tarqoqlashtirish mexanizmi ish davrasini aniqlash, tarqoqlantirish ish davrasida ip yotish burchagining o'zgartirish chegaralarini aniqlash, ipyetaklagichning borib-kelishlar sonini o'zgartirish chegaralarini aniqlash, yotqizish burchagini o'zgartirishning usullari va tarqoqlantirish mexanizmini loyihalashning uslubi bilan tanishdik. Ushbu ma'lumot tarqoqlantirish qurilmalari va shunday qurilmali o'rash mexanizmlarini loyihalash ishlarida ishlatiladi.

Nazorat savollari

1. Tarqoqlantirish mexanizmlarini loyihalash tartibi qanday?
2. Tarqoqlantirish mexanizmlari asosiy ko'rsatgichlari qanday aniqlanadi?
3. Tarqoqlantirishda qaysi parametrlar o'zgartiriladi?
4. Yotqizish burchagini o'zgartirishning qanday usullari bor?
5. Tarqoqlantirish mexanizmi ish davrasi qanday aniqlanadi?
6. Tarqoqlantirish davrasida ipning yotish burchagini o'zgartirish chegaralari qanday aniqlanadi?
7. Ipyuritgichning borib-kelish sanamini o'zgartirish chegaralari qanday aniqlanadi?
8. Tarqoqlantirish mexanizmini loyihalash uslubi qanday?

ILOVA

Yangi pedagogik texnologiyalar va informatsion texnologiyalarni qo'llash bo'yicha tavsiyalar

„To'qimachilik materiallarini o'rash nazariyasi“ fanining xususiyatlari, o'quv rejasida tutgan o'rni va talabalar o'zlashtirishi lozim bo'lgan ma'lumotlarning amaliy ahamiyatlarini hisobga olgan holda fanni kreativ o'qitish texnologiyasidan foydalanish samarali bo'ladi deb hisoblash mumkin [18, 19, 20]. Bunda talabalarda ijodkorlik hislatlarini uyg'otish va ulardagi ijodiy imkoniyatlarni rag'batlantirishni uzluksiz amalga oshirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Bu borada avvalo mutaxassislik o'quv rejasida ko'zda tutilgan ta'lim jarayonining butunligi va xususan „To'qimachilik materiallarini o'rash nazariyasi“ fanining boshqa aloqador fanlar bilan uzviy ketma-ketligi va o'zaro bog'lanishini ta'minlash asosida, birinchi tomondan, ilmiy ijodiyot metodologiyasi, axborot texnologiyasi, mahsulot sifati va raqobatbardoshligini boshqarish hamda tanlov fanlaridan to'qimachilik materiallarini o'rash nazariyasi, tadqiqot uslub vositalari fanlarning vertikal bo'yicha umumlashuvi yuz berishini ta'minlash lozim bo'ladi. Ikkinchi tomondan, mutaxassislik o'quv rejasini „To'qimachilik materiallarini o'rash nazariyasi“ fani mansub bo'lgan fanlar blokidagi „To'qimachilik va yengil sanoat mashina va apparatlarini loyihalashning ilmiy asoslari“, „Mashina va apparatlarni avtomatik loyihalash tizimlari“ fanlari bilan gorizonta bo'yicha moslashishiga erishish lozim bo'ladi. Bunda eng samarali usul sifatida talabalarning ko'rilayotgan masalani tavsiflovchi analitik bog'lanishni keltirib chiqarish jarayonini diqqat bilan kuzatish va olingan ifodaning fizik ma'nosini chuqur tahlil qilishi asosida undan texnologik jarayonlarni boshqarish hamda mexanizm va ishchi organlarini loyihalashda foydalana bilish malakasini hosil qilishlari tavsiya qilinadi.

Fanni o'qitishda, xususan, amaliy mashg'ulotlar va mustaqil ish bajarishda „MAPLE 8“ dasturidan foydalanish tavsiya qilinadi [21]. Mazkur darslikda keltirilgan har qanday analitik ifoda bo'yicha masalaning berilganlari aniq qilingandan keyin talab qilingan aniqlik bilan hisoblarni bajarish imkonini beradi. Zarur hollarda mazkur dasturdagi „HELP“ ma'lumot tizimidan ham foydalanish mumkin.

ADABIYOTLAR

1. *Karimov I.A.* O'zbekiston iqtisodiy islohotlarni chuqurlashtirish yo'lida. T., „O'zbekiston“, 1995-y.
2. *Попов Э.А., Усенко А.В.* Основы проектирования кинематических схем машин прядильного производства. Москва: МГТУ им. А.И.Косыгина, 2002, 109 с.
3. *Прошков А.Ф.* Исследование и проектирование мотальных механизмов. Москва: Машгиз, 1963, 315 с.
4. *Прошков А.Ф.* Механизмы раскладки нити. Москва: „Легпромбытиздат“, 1986, 248 с.
5. *Ефремов Е.Д., Ефремов Б.Д.* Основы теории наматывания нити на паковку. Москва: „Легкая и пищевая промышленность“, 1982, 144 с.
6. *Гордеев В.А., Волков П.В.* Ткачество. Москва: „Легкая и пищевая промышленность“, 1986, 584 с.
7. *Бородин А.И., Бородин В.А.* Подготовка основной пряжи к ткачеству. Москва: „Легкая индустрия“, 1978, 224 с.
- ✓ 8. *Симон Л., Хюбнер М.* Технология подготовки пряжи к ткачеству и трикотажному производству. Москва: „Легпромбытиздат“, 1983, 272 с.
9. *Светик Ф.Ф.* Проектирование механизмов раскладки нити. Москва: „Машиностроение“, 1984, 216 с.
10. *Макаров А.И.* и др. Расчет и конструирование машин прядильного производства. Москва: Машиностроение, 1985, 464 с.
- ✓ 11. *Малышев А.П.* Веретено. М.: ГНТИЛП, 1950.
- ✓ 12. *Косцов А.А.* Машины крутильно-ниточного производства. — М.: Легкая промышленность, 1981.
13. *Балясов П.Д.* Лабораторный практикум по прядению хлопка и химических волокон. — М.: Легкая индустрия, 1967.
- ✓ 14. *Rashidov T.R.* Politexnika lug'ati. — T.: O'zSE bosh redaksiyasi, 1989.
- ✓ 15. *Salimov O.U.* va boshq. Ruscha—O'zbekcha politexnika atamalar lug'ati. — T.: O'zR „Fan“ nashriyoti.
- ✓ 16. *Tursunov A.M.* va boshq. To'qimachilik va tikuvchilikdan ruscha-o'zbekcha atamalar lug'ati.
- ✓ 17. Ruscha—O'zbekcha lug'at. 1 va 2-tomlar. T.: O'zSE bosh redaksiyasi, 1983—84.
18. *Hamidov A.* Yangi pedagogik texnologiyalar. — T.: TDTU, 2004, 108 b.
19. *Farberman B.L.* va boshq. Oliy o'quv yurtlarida o'qitishning zamonaviy usullari. — T.: 2002.
20. *Azizxo'jaeva N.N.* Pedagogik texnologiya va pedagogik maxorat. — T.: TDPU, 2003.
21. *Сдвижков О.А.* Математика на компьютере MAPLE 8. — М.: СОЛОН-Пресс, 2003, 176 с.
22. *Abduxodjaev M., Axmedxodjaev X.T.* O'ralish nuqsonlarining asosiy turlari va sabablari. // „Nauka, obrazovaniya, texnika“ №1(1), 2009.

23. *Abduvohidov M., Axmedxodjaev X.T.* O'rash jismi struktura elementlari haqida. // „Innovatsion loyihalar va texnologiyalarni ishlab chiqarishga tadbiq etish muammolari“ ilmiy konferensiya materiallari. Jizzax, 2009, 161-162.
24. *Абдувохидов М.* К вопросу об определению структурных составляющих тела намотки. // Естественные и технические науки, № 2, 2010.
25. *Abduvoxidov M.* O'rash jismi va ipyetaklagich harakatlarining turlari haqida. // „Yuqori malakali mutaxassislar tayyorlashda fan va texnologuya yutuqlaridan foydalanish“ respublika anjumani materiallari. Namangan, 2010.
26. *Abduvoxidov M.* O'rash masofasi va uning O'rash jarayoniga ta'siri. // „Yuqori malakali mutaxassislar tayyorlashda fan va texnologuya yutuqlaridan foydalanish“ respublika anjumani materiallari. Namangan, 2010.
27. *Abduvohidov M., Axmedxodjayev X.T.* Ip o'ramlarining shakl va strukturalariga qo'yiladigan talablar. // „Yuqori malakali mutaxassislar tayyorlashda fan va texnologuya yutuqlaridan foydalanish“ respublika anjumani materiallari. Namangan, 2010.
28. *Abduvoxidov M.* O'rash jismi strukturasini belgilovchi omillar haqida. // „Innovatsion loyihalar va texnologiyalarni ishlab chiqarishga tadbiq etish muammolari“ ilmiy konferensiya materiallari. Jizzax, 2009, 163-164.

MUNDARIJA

1. KIRISH	3
2. JOYLAMALARNI SHAKLLANTIRISHNING UMUMIY MASALALARI	5
2.1. Asosiy tushuncha va atamalar	5
2.2. O'rash, qayta o'rash va qaytarma o'rash	7
2.3. To'qimachilik joylamalarining shakl va strukturalariga qo'yiladigan talablar	8
2.4. To'qimachilik joylamalarining shakl barqarorligi va ipbardorlar-ning turlari	9
2.5. To'qimachilik joylamalarini harakatlantirish va ipni chuvab olish usullari	11
2.5.1. O'q orqali xarakatlantirish	11
2.5.2. Urinmaviy harakatlantirish	11
2.5.3. Joylamalardan ip chuvab olish usullari	12
2.6. To'qimachilik joylamalarining shakl turlari	13
2.7. O'rashda o'rash jismi ipyetaklagich nisbiy harakatlarining turlari	16
2.8. Joylama shakllantirish usullari	17
2.9. O'rashning fizik-mexanik ko'rsatkichlari	20
2.10. Ip yotqizish mexanizmlarining turlari	20
2.10.1. Ip yotqizish mexanizmlarining tasnifi	21
2.10.2. Ip yotqizish mexanizmlariga qo'yiladigan talablar	21
2.10.3. Yotqizish mexanizmlari konstruksiyalari	22
3. O'RASHNING DIFFERENSIAL TENGLAMALARI	30
3.1. O'rash tenglamalari haqida	30
3.2. O'rashning differensial ko'rinishdagi umumiy tenglamasi	30
3.3. Silindrik o'ralishda o'rashning differensial tenglamalari	33
3.4. Konussimon o'ralishda o'rashning differensial tenglamalari	35
3.5. Sferoid o'ralishda o'rashning differensial tenglamalari	39
3.6. Ixtiyoriy shakldagi jismga joylamani berilgan shaklda o'rashda o'rash tenglamalari	43
3.6.1. Ip o'zgarmas tezlikda berilishda o'rashning umumiy tenglamalari	43
3.6.2. Ip o'zgaruvchan tezlikda berilishda o'rashning umumiy tenglamalari	63
4. O'RASHNING VEKTOR TENGLAMALARI	72
4.1. Asosiy tushunchalar	72
4.2. O'rashning vektor ko'rinishdagi umumiy tenglamasi	76
4.3. Silindrik o'ralishda o'rashning vektor tenglamalari	79

4.4. Konussimon o'ralishda o'rashning vektor tenglamalari	83
4.5. Aylanaviy yasovchili yuzalarga o'rashning vektor tenglamalari	87
5. O'RASHNING KINEMATIK KO'RSATKICHLARI	90
5.1. O'rash nuqtasining o'rash chizig'i bo'ylab harakat tezligi va tezlanishi	90
5.2. O'rash nuqtasining o'ram chizig'i bo'ylab harakati	91
5.3. O'rash tezligi va tezlanishi	93
5.4. Vaqt birligida o'raladigan o'ramlar sonini topish	94
5.5. O'rash jismi turli sohalarida o'rash nuqtasining boshlang'ich tezligini aniqlash	96
5.6. Bitta nimqavat o'ralish vaqtini aniqlash	98
5.7. Yotqizish masofasining o'rash nuqtasi kinematik ko'rsatkichlariga ta'siri	99
5.8. Ipyetaklagich terslanishidagi o'rash nuqtasining kinematik ko'rsatkichlarini aniqlash	102
5.9. Ipyetaklagichning harakatlanish qonunini aniqlash	108
5.10. Joylamaning o'ralish vaqtini aniqlash	109
6. O'RASHNING GEOMETRIK KO'RSATKICHLARI	112
6.1. O'rash chizig'i parametrik tenglamalari va o'rash kengligi	112
6.2. O'ram chizig'i parametrik tenglamalari	113
6.3. Ipyetaklagichda ipning og'malanish burchagi	114
6.4. O'ramning ko'tarilish burchagi	115
6.5. O'ramlarning kesishuv nuqtalari	117
6.6. O'ramlarning kesishuv burchagi	120
6.7. O'ramlarning siljish burchagi	121
6.8. O'ramlarning qadami	122
6.9. Qavatak va qavatchadagi ip uzunligi	123
6.10. Bir o'ramning uzunligi	124
7. JOYLAMANING USTIVORLIGI VA MUVOZANATVORLIGI	127
7.1. Joylamaning ustivorligi va uning asosiy shartlari	127
7.2. Joylama yuzasidagi ip o'ramining muvozanati	130
7.3. Geodezik yo'nalishdan og'ish burchagini topish	135
7.3.1. Umumiy hol	135
7.3.2. Silindrik o'rash	136
7.3.3. Ipyetaklagichning to'xtalishi	139
7.3.4. Konussimon va halqali o'rash	141
7.4. Chetki o'ramlarning muvozanat shartlari	143
7.4.1. Halqali mashinalarda chetki o'ramlarning muvozanat shartlari	143
7.4.2. Halqasiz mashinalarda chetki o'ramlarning muvozanat shartlari	145
7.5. O'ramlar muvozanat shartlarining o'rash mexanizmlarini loyihalash va sozlashda ishlatilishi	146

8. O'RASH JISMI KUCHLANGANLIK HOLATI VA ZICHLIGI	150
8.1. O'rash jismi kuchlanganlik holati	150
8.2. O'rash zichligi va unga o'rash ko'rsatkichlarining ta'siri	151
8.3. Yotiq kesishuvli o'rash joylamalarining zichligi va ichki bosimi	151
8.4. Qiya kesishuvli o'rash joylamalarining zichligi	156
8.5. Qiya kesishuvli o'rash joylamalaridagi ichki bosim	157
8.5.1. Oddiy qiya kesishuvli o'rash joylamasidagi ichki bosim	158
8.5.2. Pretsizion qiya kesishuvli o'rash joylamasidagi ichki bosim	160
8.6. Parallel o'rash joylamalaridagi ichki bosim va zichlik hamda uning radial taqsimoti	163
8.7. Yotiq va qiya kesishuvli joylamalarida o'rash zichligining radial va o'q yo'nalishlarida taqsimoti	166
8.8. Kesishuvli joylamalarda o'rash zichligining o'q yo'nalishidagi taqsimoti	168
9. IPNING O'RASH TARANGLIGI VA UNI BOSHQARISH	173
9.1. O'rashda ipning tarangligining ahamiyati va unga ta'sir qiluvchi omillar	173
9.2. Ipning ishqalanish koeffitsiyentiga asosiy omillarning ta'sir xususiyatlari	174
9.3. Iptaranglagichlar va ularning ishlash prinsiplari	176
9.3.1. Bevosita taranglagichlar	176
9.3.2. Bilvosita taranglagichlar	177
10. O'RASH JISMLARINING STRUKTURASI	180
10.1. Joylama strukturasini belgilovchi eng asosiy omillar haqida	180
10.2. Oddiy yotiq kesishuvli o'ralish joylamasi strukturasini	182
10.3. Oddiy qiya kesishuvli o'ralish joylamasi strukturasini	182
10.4. Oddiy qiya va yotiq o'ralish joylamalari struktura ko'rsatkichlarini aniqlash	183
10.5. Pretsizion yotiq kesishuvli o'ralish joylamasi strukturasini	187
10.6. Pretsizion qiya kesishuvli o'ralish joylamasi strukturasini	187
10.7. Pretsizion o'ralish joylamalari ko'rsatkichlarini aniqlash	189
10.7.1. Jips daqiq o'ralish joylamalari struktura xususiyatlari	193
10.7.2. Oraliqli pretsizion o'ralish joylamalari struktura xususiyatlari	195
11. O'RALISH NUQSONLARI VA ULARNI YO'QOTISH HAMDA OLDINI OLISH USULLARI	198
11.1. O'ralish nuqsonlarining asosiy turlari	198
11.2. O'ralish nuqsonlarining asosiy sabablari	198
11.3. Ipyetaklagichning terslanish jarayoni	200
11.3.1. Ipyetaklagichning to'xtalishsiz terslanishi	200

11.3.2. Ipyetaklagichning to'xtalishli terslanishi	201
11.4. O'ralish shakl nuqsonlari va ularning oldini olish	204
11.4.1. O'ralish shakl kamchiliklari va ularning sabablari	204
11.4.2. Terslanish jarayonida shakli nuqsonlar paydo bo'lishi va ularning oldini olish	205
11.4.3. Shakli nuqsonlarning paydo bo'lishi va ularni yo'qotishda o'rash masofasining ahamiyati	207
11.4.4. O'rash chizig'ining amaldagi uzunligini aniqlash	210
11.4.5. Ipyotqizgich harakat qonunini tuzatish	211
11.4.6. Joylamalar chetlarini yumshatish usullari. Nafas va tarqoqlantirish mexanizmlari	212
11.5. O'ralish struktura kamchiliklari va ularning paydo bo'lish sharoitlari ..	213
11.5.1. Qoplovli, uyasimon, tasmasimon va tolimsimon o'ralishlar ..	214
11.5.2. Pretsizion o'ralishda tasma va tolim hosil bo'lish shartlari	214
11.5.4. Oddiy o'rashda nuqson hosil bo'lish xususiyatlari	217
11.6. O'ralish struktura kamchiliklarini yo'qotish va oldini olish usullari	219
11.6.1. Tolimning miqdoriy ko'rsatkichlari	219
11.6.2. Tolimsimon o'ralishning oldini olish usullari	221
12. JOYLAMALARNI BERILGAN KO'RSATKICHLAR BILAN O'RASH	224
12.1. O'rashning sifat ko'rsatkichlari va ularning berilishi	224
12.2. Joylamalarni berilgan zichlik va qalinlikda shakllantirishning umumiy masalalari	226
12.3. Konussimon joylamani berilgan struktura va shakl bilan shakllantirish	230
12.4. Silindrik joylamalarni berilgan struktura va shakl bilan o'rash	233
12.5. Sferik asosli konussimon bobinaning strukturaviy hisobi	235
12.6. Bobina asosini yumaloqlashtirish	241
13. KONSTRUKTIV VA TEKNOLOGIK OMILLARNING IPYETAKLAGICH KINEMATIKASIGA TA'SIRI	245
13.1. Kinematik tirqish va bo'g'inlar deformatsiyalarining ipyetaklagich kinematikasiga ta'siri	245
13.2. Mushtak va o'qchaning kuch bilan tutashuvining ipyetaklagich kinematik rejimi bilan o'zaro ta'siri	248
14. O'RASH MEKANIZMLARINING KINEMATIK VA DINAMIK TAHLILI	251
14.1. Inersiyasiz yotqizish mexanizmlarining kinematik tahlili	251
14.2. Pnevnomexanik yigiruv mashina ipyotqizish mexanizmining kinematik tahlili	254
14.3. Silindrik mushtchali ipyotqizish mexanizmlarining kinematik tahlili	258

14.4. Ipyetaklagich shtangasi ko'p tayanchli o'rash mexanizmlardagi kuchlarni tekshirish	265
15. TARQOQLASH QURILMALI YOTQIZISH MEXANIZMLARINING KINEMATIK HISOBI	268
15.1. Tarqoqlash qurilmalarining turlari va ularning qo'llanilishi	268
15.2. Sentrofugal-ipkashlik mashinasi yotqizish mexanizmi tarqoqlash qurilmasining kinematik hisobi	268
15.3. Kuchtutashuvli yotqizish mexanizmi tarqoqlash qurilmasi kinematik hisobi	270
15.4. Differensial tarqoqlash qurilmasining kinematik hisobi	272
15.5. Ekssentrikli tarqoqlash qurilmasining kinematik hisobi	275
16. HALQAYIGIRUV MASHINALARI O'RASH MEXANIZMLARI ULARNI VA LOYIHALASH	280
16.1. Halqayigiruv mashinalarida konik va silindrik o'ralishlar	280
16.2. Halqayigiruv mashinalari o'rash mexanizmlarining turlari	281
16.2.1. Dastakli-zanjirli o'rash mexanizmlari	284
16.2.2. Taxtachalarga harakat uzatmasi zanjirli mexanizmlar	287
16.2.3. Xalqa taxtachalari qo'zg'almas va urchuq to'sini harakatlanuvchan mexanizmlar	288
16.2.4. Zaxira o'ralishli mexanizmlar	289
16.3. Zaxira o'ralish mexanizmli o'rash mexanizmi. Halqayigiruv mashinalarining o'rash mexanizmlarini loyihalash	289
16.3.1. Shakllanayotgan joylama ko'rsatgichlari. Uzatish sxemasini tanlash	290
16.3.2. Kinematik sxemaning matematik tavsifi tahlili	291
16.3.3. Joylamalarni konik tutaklarga o'rash shartidan kelib chiqib mexanizmning maqbul parametrlarini xisoblash	294
16.3.4. Konik tutaklarga o'ralishda mexanizm ko'rsatgichlarini aniqlashning grafoanalitik usuli	297
16.3.5. Konik tutaklarga o'ralishda halqa taxtachalari elastik bog'lanishli o'rash mexanizmini loyihalash	299
17. PILIKLASH MASHINALARINING O'RASH MEXANIZMLARI VA ULARNI LOYIHALASH	301
17.1. Pilik o'rashdagi asosiy kinematik bog'lanishlar	301
17.2. Differensial va g'altaklarga uzatma	303
17.3. Piliklash mashinasining kinematik sxemasini loyihalash	310
17.4. Tezliklar variatori uchun konoidlarni shakllash	313
18. TARQOQLANTIRISH MEXANIZMLARINI LOYIHALASH	317
18.1. Tarqoqlantirish mexanizmlari asosiy ko'rsatgichlarini aniqlash	317

18.2. Tarqoqlantirish mexanizmi ish davrasini aniqlash	317
18.3. Tarqoqlantirish davrasida ipning yotish burchagining o'zgartirish chegaralarini aniqlash	318
18.4. Ipyuritgichning borib-kelish sonini o'zgartirish chegaralarini aniqlash	321
18.5. Tarqoqlantirish mexanizmini loyihalash uslubi	321
<i>Ilova</i>	326
<i>Adabiyotlar</i>	327

ABDUVOHIDOV MUBASHIRXON
AXMEDXODJAYEV HAMID TURSUNOVICH

TO‘QIMACHILIK MATERIALLARINI O‘RASH NAZARIYSI

Oliy o‘quv uyrlari uchun darslik

*„Yoris nashtiyot“
Toshkent — 2010*

Muharrir *N. G‘oipov*
Musahhih *K. Akromova*
Kompyuterda sahifalovchi *M. Sagdullayeva*

Original-maketdan bosishga ruxsat etildi 23.11.2010. Bichimi 60×84¹/₁₆.
Kegli 10,5 shponli. Tayms garn. Ofset bosma usulida bosildi.
Bosma t. 21,0. Nashr t. 19,0. 500 nusxada bosildi. Buyurtma №396.

„Yoris nashtiyot“, Toshkent, Shiroq ko‘chasi, 100.

«Niso poligraf» ShK da chop etildi. 100182, Toshkent, H. Boyqaro-41.

37.230.3

A 15

Abduvohidov M.

To'qimachilik materiallarini o'rash nasariyasi: [Text]

M. Abduvohidov, X.T.Axmedxodjaev; B.M. O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta-maxsus ta'lim vazirligi,— Toshkent, „Voriz-Nashriyoti“, 2010. — 336 bet.

I. Axmedxodjaev X.T.

ББК. 37.230я721