VERTIKAL ROTATSION BORONA UCHUN O‘ZGARUVCHAN TEZLIKLI UZATMA TIZIMINI ISHLAB CHIQISH VA SINOV NATIJALARI

Muxamedov J.M., t.f.n., professor,
E-mail: j_m_muxamedov@umail.uz
Ismatullayev Q.Q. PhD,
E-mail: kyuks-89@mail.ru
Muxammadjonov K.O., doktorant,
E-mail: komiljonrttm@gmail.com
To‘xtasinov R.D., doktorant,
E-mail: rustambektokhtasinov43@gmail.com
Namangan Davlat Texnika Universiteti

Annotatsiya: *Mazkur maqolada vertikal rotatsion borona uchun o‘zgaruvchan tezlikli uzatma tizimini loyihalash, uning konstruktiv xususiyatlari va dala sinovlari natijalari yoritilgan. Tadqiqotda borona ish organlarining tuproq bilan o‘zaro ta’sir jarayonini optimallashtirish maqsadida epitsiklik (planetar) mexanizm asosida o‘zgaruvchan tezlik hosil qiluvchi uzatma tizimi ishlab chiqildi. Ushbu mexanizm yordamida ish organlarining burchak tezligini real ish sharoitlariga mos ravishda 15–35% diapazonda o‘zgartirish imkoni yaratildi. Laboratoriya va dala sharoitida olib borilgan sinovlar uzatma tizimining texnologik samaradorligini tasdiqladi: tuproqning maydalanganlik darajasi 12–18% ga oshdi, energiya sarfi esa an’anaviy barabanli tizimga nisbatan 10–14% ga kamaydi. Shuningdek, tebranishlarning kamayishi va bir tekis ishlash ko‘rsatkichlari kuzatildi. Olingan natijalar o‘zgaruvchan tezlikli uzatma tizimidan foydalanish vertikal rotatsion boronaning agrotexnik ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilashini ko‘rsatadi hamda uni qishloq xo‘jaligi agregatlarining yangi avlodiga joriy etish imkonini beradi.*

Аннотация: *В данной статье представлены разработка конструкции и результаты испытаний вариативной по скорости системы привода для вертикальной ротационной бороны. В рамках исследования создана передача на основе эпициклического (планетарного) механизма, обеспечивающая регулирование угловой скорости рабочих органов в диапазоне 15–35% в соответствии с реальными почвенно-агротехническими условиями. Лабораторные и полевые испытания подтвердили технологическую эффективность разработанной системы: степень крошения почвы увеличилась на 12–18%, а энергопотребление снизилось на 10–14% по сравнению с традиционными барабанными механизмами. Также отмечено уменьшение вибраций и повышение равномерности обработки. Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение привода с переменной скоростью существенно улучшает агротехнические показатели вертикальной ротационной бороны и открывает возможности для внедрения в сельскохозяйственные агрегаты нового поколения.*

Abstract: *This article presents the design development and experimental evaluation of a variable-speed transmission system for a vertical rotary harrow. A transmission based on an epicyclic (planetary) mechanism was developed to optimize the interaction between the working elements and the soil by enabling adjustable angular velocity within a 15–35% range under real field conditions. Laboratory and field tests confirmed the technological efficiency of the proposed system: soil pulverization quality improved by 12–18%, while energy consumption decreased by 10–14% compared to conventional drum-type mechanisms. Reduced vibration levels and more uniform operation were also observed. The obtained results demonstrate that implementing a variable-speed transmission significantly enhances the agro-technical*

performance of the vertical rotary harrow and provides the potential for integration into next-generation agricultural machinery.

Kalit so‘zlar: *planetar mexanizm, epitsikloida, tuproqqa ishlov beruvchi tish, tish trayektoriyasi, tish tezligi*

Ключевые слова: *планетарный механизм, эпициклоида, почвообрабатывающий зуб, траектория зуба, скорость зуба.*

Keywords: *planetary mechanism, epicycloid, soil-working tooth, tooth trajectory, tooth velocity.*

Kirish. Aholi sonining ortib borishi va oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash zarurati zamonaviy qishloq xo‘jaligi texnikalariga bo‘lgan talabni oshirmoqda. Tuproqni sifatli ishlov berish esa hosildorlikka bevosita ta’sir ko‘rsatuvchi omillardan biri bo‘lib, ayniqsa vertikal rotatsion boronalar (VRB) tuproqning yuqori qatlamini maydalash, aralashtirish va yumshatishda muhim rol o‘ynaydi. Shu bilan birga, turli tuproq sharoitida samarali ishlash uchun VRBning ish organlariga har xil tezlikda harakat uzatish imkonini beruvchi uzatmalar zarurati tug‘ilmoqda.

An’anaviy doimiy tezlikli uzatmalar VRBning ishlash samaradorligini bir xil darajada ushlab turolmaydi. Chunki tuproq zichligi, namligi va tarkibi o‘zgaruvchan bo‘lgan sharoitlarda ish organlari optimal aylanish tezligida ishlamasa, tuproq sifatsiz maydalanishi, energiya sarfi esa ortib ketishi mumkin. Shuning uchun VRB konstruksiyasida o‘zgaruvchan tezlikli uzatma tizimini joriy etish zarur bo‘lib qolmoqda. Bunday tizimlar tuproqning real fizik xossalariga mos tarzda boronaning ish organlari aylanish tezligini avtomatik yoki yarimavtomatik boshqarish imkonini beradi.

Kombinatsiyalashga agregatlardan o‘rmon xo‘jalik plantatsiyalarida erga yuzaki ishlov beradigan ham keng qo‘llaniladigan erlarni ekishga tayyorlaydigan kombinatsiyalashgan agregat rotatsion yumshatkichining parametrlarini asoslash yo‘li bilan ish sifatini oshirish va sarf-xarajatlarni kamaytirish bo‘yicha tadqiqotlar olib borilgan [1].

Pushtalarga ishlov beradigan qurilma tishli yumshatkichning parametrlarini asoslash bo‘yicha tadqiqotlar o‘tkazilgan. Qurilmaning ish jarayonida tishli yumshatkich pushta tepasiga 4-6 sm chuqurlikda ishlov berib ketadi. Tishlarining uzunligi 100-120 mm oralig‘ida bo‘lganda pushta tepasini belgilangan chuqurlikda bir tekis yumshatishga erishilishi ta’kidlagan [2].

Mazkur maqolada vertikal rotatsion borona uchun mo‘ljallangan, planetar mexanizmga asoslangan o‘zgaruvchan tezlikli uzatma tizimi konstruksiyasi ishlab chiqildi, uning texnik xususiyatlari asoslab berildi hamda tajriba-sinov ishlari orqali tizimning samaradorligi baholandi. Tadqiqotdan ko‘zlangan asosiy maqsad – texnik-iqtisodiy jihatdan maqbul, energiya tejamkor va tuproqni sifatli ishlov beruvchi uzatma tizimini yaratishdan iboratdir.[3]

Tuproqqa samarali ishlov berish qishloq xo‘jaligida hosildorlikni oshirish va yer resurslarini tejashda muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy sharoitda energiya va resurslarni tejashni hisobga olgan holda, mexanik ishlov berish usullarini takomillashtirish zarurati mavjud [4]. An’anaviy texnologiyalar tuproq strukturasining buzilishiga olib kelib, uning unumdorligini kamaytirishi mumkin [5].

Shu bois, tuproqni ishlov berish jarayonini takomillashtirish uchun yangi, samarali va energiya tejamkor agregatlar ishlab chiqilmoqda. Jumladan, Artur Altunyan va hamkasblari [6] taklif qilgan planetar mexanizm asosidagi vertikal rotatsion borona tuproqni chuqurroq va samarali maydalash imkonini beradi. Bu mexanizm ishchi organlari o‘z o‘qi atrofida aylanish bilan birga, quyosh g‘ildiragi atrofida vodilo orqali aylanishi natijasida tuproq yuzasini bir xil va sifatli ishlov beradi.

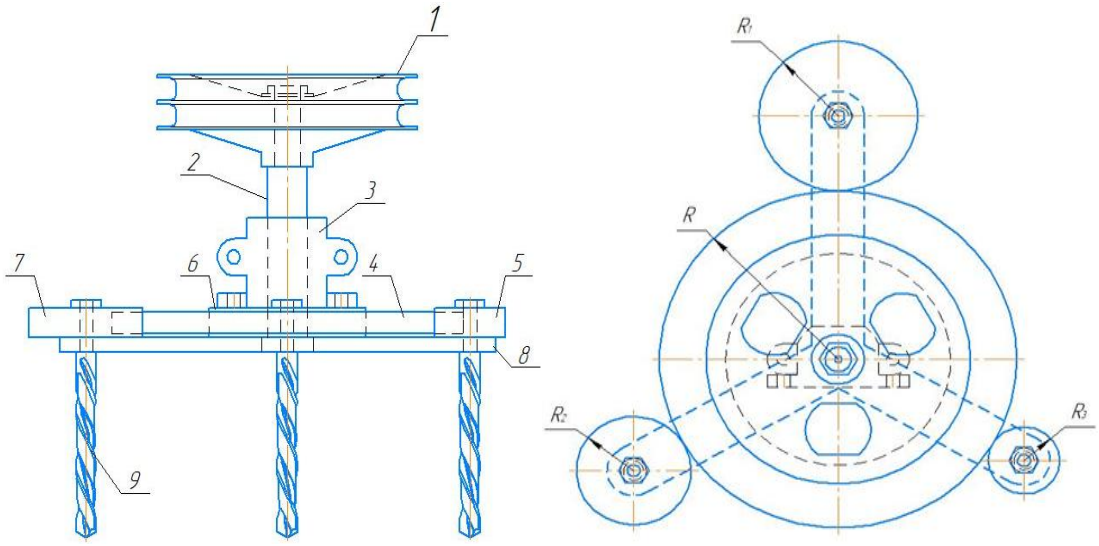
Tadqiqot jarayonida uzatmalar mexanizmining kinematik tahlili bajarilib, rotor aylanish chastotasi hamda mexanizmning uzatish soniga bog‘liq holda borona tishining trayektoriyasi, tezligi va tezlanishini aniqlash uchun analitik ifodalar ishlab chiqildi.

Tadqiqot metodologiyasi: Mazkur tadqiqotda vertikal rotatsion borona uchun o‘zgaruvchan tezlikli uzatma tizimini yaratish, uning konstruktiv parametrlarini aniqlash, ishchi organlar harakatining kinematik tavsiflarini o‘rganish va amalda sinovdan o‘tkazish asosiy maqsad qilib belgilandi. Bu maqsadga erishish uchun quyidagi tadqiqot usullaridan foydalanildi:

1. **Teoriyaviy-tahliliy usullar:**
   - Planetar mexanizmlar asosida o‘zgaruvchan tezlikli uzatmalarning kinematik sxemasi yaratildi;
   - Tizimning geometrik va kinematik parametrlari aniqlandi, matematik modellashtirish orqali harakat qonuniyatlari chiqarildi.
2. **Eksperimental tadqiqotlar:**
   - Sinovlarda quyidagi ko‘rsatkichlar o‘lchab borildi: ishchi organ tezligi, tezlanishi
   - Turli tezlik rejimlarida ishlash natijalari solishtirildi hamda optimal ish sharoitlari aniqlandi.
3. **Statistik tahlil va natijalarni baholash:**
   - Olingan eksperimental ma’lumotlar asosida grafiklar tuzildi, taxliliy xulosalar chiqarildi;

Ushbu metodologiya orqali ishlab chiqilgan o‘zgaruvchan tezlikli uzatma tizimi konstruktiv va ishlash jihatidan to‘liq asoslandi hamda uning ishonchliligi amalda sinovdan o‘tkazildi.

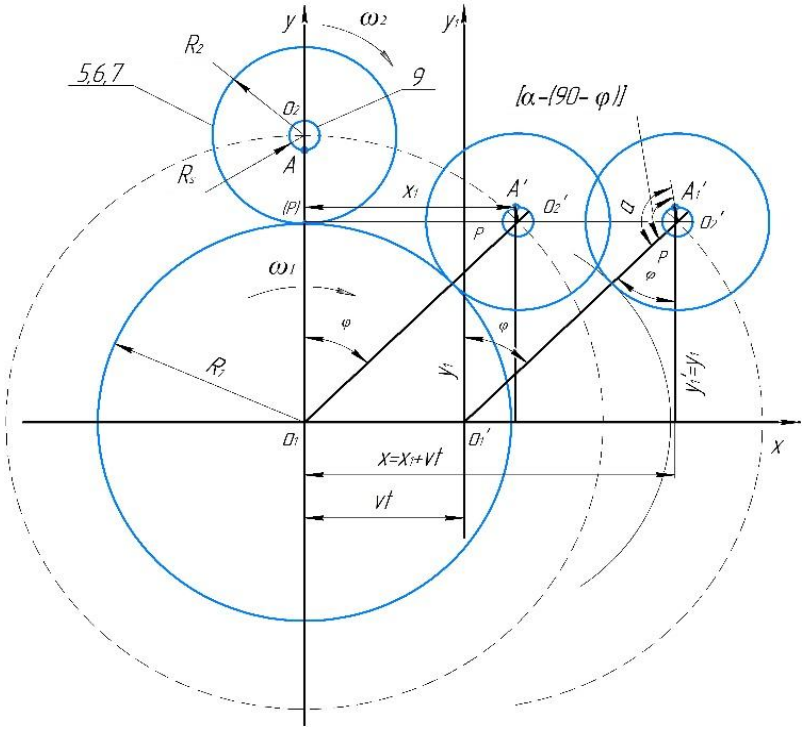
Muhokama va natijalar. Taklif etilayotgan vertikal rotatsion borona planetar uzatma prinsipida ishlaydi va tuproq yuzasiga samarali ishlov berishga mo‘ljallangan. Konstruksiyaning asosiy tarkibiy qismlari quyidagilardan iborat: Shkiv *1* – mexanizmning bosh harakat manbai hisoblanib, tasmali uzatma orqali rotor aylanishini qabul qiladi va butun tizimni harakatga keltiradi. O‘q *2* – vodilo va aylanuvchi qismlarning markaziy tayanchi bo‘lib xizmat qiladi, kuchlar va momentlarni uzatishda muhim rol o‘ynaydi. Podshipnik korpus *3* – ishchi organlarni borona korpusiga mahkamlovchi va aylanishdagi barqarorlikni ta’minlovchi element hisoblanadi. U yuklamalarni qabul qiladi va aylanuvchi qismlarning silliq ishlashini ta’minlaydi. Qo‘zg‘almas tishli g‘ildirak *4* – markazda joylashgan va harakatsiz holatda bo‘ladi. U planetar mexanizmda statik element bo‘lib, satellitlarning o‘z o‘qi atrofida aylanishini ta’minlaydi. Satellitlar *5, 6, 7* – turli radiusga ega bo‘lgan uchta tishli g‘ildirakdan iborat. Ular 120° burchak ostida joylashtirilib, har biri quyosh g‘ildiragi atrofida epitsiklik harakat bilan birga o‘z o‘qi atrofida ham aylanadi. Bu holat tishning trayektoriyasini murakkab, lekin tuproqni samarali parchalovchi shaklga keltiradi. Vodilo *8* – uchta satellit g‘ildiraklarini o‘zida ushlab, ularni markaz atrofida aylanishga majbur qiladi. Vodilo aylanishi natijasida epitsiklik harakat hosil bo‘ladi. Borona tishi *9* – har bir satellit markaziga vertikal holatda o‘rnatilgan bo‘lib, sverlo (burg‘u) shakliga ega. Ushbu tishlar tuproq bilan bevosita ish olib boradi, ya’ni uni maydalaydi va chuqur ishlov beradi.



a) *b)*

1-rasm. Planetar mexanizmli vertikal rotatsion boronaning ishchi organ konstruksiyasi. a)-yuqoridan ko‘rinish, b-yondan ko‘rinish

Ushbu rasm(1)da planetar uzatma asosida harakatlanuvchi vertikal ishlov beruvchi boronaning ishchi organi tasvirlangan. Konstruksiyada tasmali uzatma orqali harakat oluvchi shkiv *1* orqali vodilo *8* aylantiriladi. Vodilo atrofida joylashgan har xil radiusdagi satellitlar *5, 6, 7* qo‘zg‘almas quyosh g‘ildiragi *4* bilan tishlashgan. Har bir satellit markaziga borona tishlari *9* vertikal holatda o‘rnatilgan. Ushbu tishlar tuproqni maydalovchi sverlo shaklida bo‘lib, vodilo harakati natijasida murakkab trayektoriya bo‘ylab harakatlanadi. O‘q *2* va podshipnik korpusi *3* esa tizimning markaziy barqarorligini va aylanish erkinligini ta’minlaydi.



2-rasm. Planetar mexanizmga ega tuproqqa ishlov beruvchi borona tishining harakat tenglamasini chiqarish uchun tuzilgan sxema

Tanlangan planetar mexanizm konstruktiv va kinematik jihatdan baholanganda, quyidagi muammoni samarali hal etishga imkon beradi: rotor nisbatan past aylanish chastotasida ishlagan

taqdirda ham, kichik diametrli sverlo shaklidagi borona tishlari uchun yetarli darajadagi yuqori burchak tezligi va chiziqli harakat tezligini hosil qiladi. Bu esa, o‘z navbatida, tuproqni chuqur va sifatli maydalashga hamda unumdorlikni oshirishga xizmat qiladi.

Mazkur ilmiy ishning maqsad va vazifalaridan kelib chiqqan holda, birinchi darajali ilmiy qiziqish uyg‘otadigan jihatlar – bu vertikal holatda joylashgan sverlo shaklidagi borona tishlarining harakat trayektoriyasi, shuningdek ularning geometrik tuzilishi va kinematik parametrlar (tezlik, tezlanish, aylanish burchagi) o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqliklarni aniqlashdan iboratdir. Ushbu bog‘liqliklar asosida tuproqni sifatli va energiya tejamkor ishlov berish mexanizmining samaradorligi baholanadi. Ushbu bog‘liqliklarni aniqlash maqsadida, planetar mexanizmning har biri turli radiusga ega bo‘lgan satellitlari *5, 6, 7* o‘qiga o‘rnatilgan borona tishi *9* ning fazoviy trayektoriya harakati ko‘rib chiqiladi. Bunda nafaqat ichki aylanishlar, balki butun agregatning mashina bilan birga hosil qiladigan chiziqli (ilgarilanma) harakati ham hisobga olinadi. Harakat trayektoriyasi, tezlik va tezlanmani aniqlash uchun tuzilgan hisoblash sxemasi
2-rasmda keltirilgan.

Ma’lumki, tashqi tishli uzatma asosida ishlovchi planetar mexanizmda satellit g‘ildirak yuzasidagi sobit nuqta, vodiloning aylanishi ta’sirida epitsikloida deb nomlanuvchi tekis egri chiziqni hosil qiladi. Epitsikloidaning shakli tishli g‘ildirag radiusi (R_1) va satellit radiusi (R_2) orasidagi nisbatlarga bog‘liq holda o‘zgaradi (Osetskiy V.M. va boshq., 1977). Ushbu xususiyat planetar mexanizmlarning kinematik va dinamik tahlilida muhim ahamiyatga ega.

Qiziqish uyg‘otadigan holat – vodilo *8* ning doimiy tezlikda chiziqli harakati paytidagi epitsikloida shaklidir. Chunki aynan shu holatda epitsikloida shakli satellitning *5, 6, 7* markaziga mahkamlangan borona tishi *9* harakatlanadigan trayektoriyani ifodalaydi. Bu esa, o‘z navbatida, tuproqni ishlovchi borona tishini optimal geometrik va kinematik parametrlarini aniqlash uchun asos bo‘ladi.

Koordinatalar boshini tishli g‘ildiragining markazi O_1 bilan moslashtiramiz va boshlang‘ich holatda satellitning markazi O_2 koordinata tizimidagi o‘qida joylashgan deb faraz qilamiz. Agar vodilo O_1, O_2 ga burchakli tezlik ω1 bilan aylanish harakati berilsa, u holda satellit ham o‘z navbatida burchakli tezlik ω2 bilan aylanish harakatiga ega bo‘ladi.

Faraz qilaylik, O_1, O_2 vodilo harakatsiz tishli g‘ildirak sharoitida biror vaqt t davomida boshlang‘ich holatdan φ burchakka buriladi. Bunda borona tishining tegishli nuqtasi A aylanish natijasida yangi holatga – A′ nuqtasiga o‘tadi.

Ammo shuni ham e’tiborga olamizki, shartga ko‘ra tishli g‘ildirak bir vaqtning o‘zida tekis chiziqli harakatni ham bajaradi – V tezlik bilan. Demak, A′ nuqtasi ham bu vaqt ichida X o‘qi bo‘ylab Vt masofaga siljiydi va yangi holatga – A_1' nuqtasiga o‘tadi.

Borona tishi yoki planetar mexanizmning satellitdagi A nuqtasining parametrik harakat tenglamalari quyidagicha ifodalanadi (2-rasmga qarang):

$$\begin{cases} x = V*t + (R_1 + R_2)\sin\varphi - R_2 \sin\left(\dfrac{R_1 + R_2}{R_2} * \varphi\right) \\ y = R_2 + R_2\cos\varphi - R_2 \cos\left(\dfrac{R_1 + R_2}{R_2} * \varphi\right) \end{cases} \quad (1)$$

bu yerda R_1 – harakat qilmaydigan tishli g‘ildirak radiusi, R_2 – satelit radiusi,

$R_{..} = R_{.} + R_{.}$ – planetar mexanizm vodilosining radiusi.

Satellitning burchak tezligi ω2 va A nuqtasining aylanish burchagi α, y epitsikloida hosil qiladi, quyidagi ifodalar bilan belgilanadi:

$$\alpha = (i_{12}+1)\varphi, \qquad \omega_2 = (i_{12}+1)\omega_1, \text{ bu yerda } i_{12} = \frac{R_1}{R_2} - \text{uzatish nisbati.}$$

Ko‘rib chiqilayotgan masalaning o‘ziga xos xususiyatlarini inobatga olgan holda, epitsikloidning yana ikki parametri keltirilishi maqsadga muvofiqdir.

Borona tishining ma’lum nuqtasining tezligi va tezlanishini aniqlash uchun (1)-tenglamalar sistemasini quyidagi ko‘rinishda ifodalash maqsadga muvofiqdir:

$$\begin{cases} x = V^*t + R_H \sin\omega t + R_2 \sin(i_{12}+1)\omega t \\ y = R_H \cos\omega t - R_2 \cos(i_{12}+1)\omega t \end{cases} \quad (2)$$

(2)-tenglamalarni vaqt bo‘yicha differensiallab, borona tishining (A) nuqtasining tezlik proyeksiyalarini koordinatalar o‘qlariga quyidagicha olish mumkin:

$$\begin{cases} v_x = v + \omega\left[R_H \cos\omega t - R_2(i+1)\cos(i+1)\omega t\right], \\ v_y = -\omega\left[R_H \sin\omega t - R_2(i+1)\sin(i+1)\omega t\right]. \end{cases} \quad (3)$$

Shunda (A) nuqtaning absolyut tezlik moduli quyidagicha bo‘ladi:

$$v_A = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (4)$$

Ba’zi o‘zgartirishlardan so‘ng va $R_{\text{H}} = (i_{12}+1)R_2$ ekanligini hisobga olib, absolyut tezlik moduli uchun quyidagi hisoblash ifodasi olinadi:

$$V_A = \sqrt{\begin{matrix} V^2 + 2\omega^2 V(i+1)^2\left[1-\cos(2+i)\omega t\right] + \\ +2V\omega R_2(i+1)\left[\cos\omega t - \cos(i+1)\omega t\right] \end{matrix}} \quad (5)$$

(3)-tenglamalarni vaqt bo‘yicha differensiallab, borona tishi (A) nuqtasining tezlanishining koordinata o‘qlariga proyeksiyalarini quyidagicha olish mumkin:

$$\begin{cases} a_x = -\omega^2\left[(R_1+R_2)\sin\omega t - R_2(i+1)^2 \sin(i+1)\omega t\right] \\ a_y - \varphi^2\left[(R_1+R_2)\cos\varphi t - R_2(i+1)^2\cos(i+1)\omega t\right] \end{cases} \quad (6)$$

Nuqta (A) ning absolyut tezlanish moduli quyidagicha ifodalanadi:

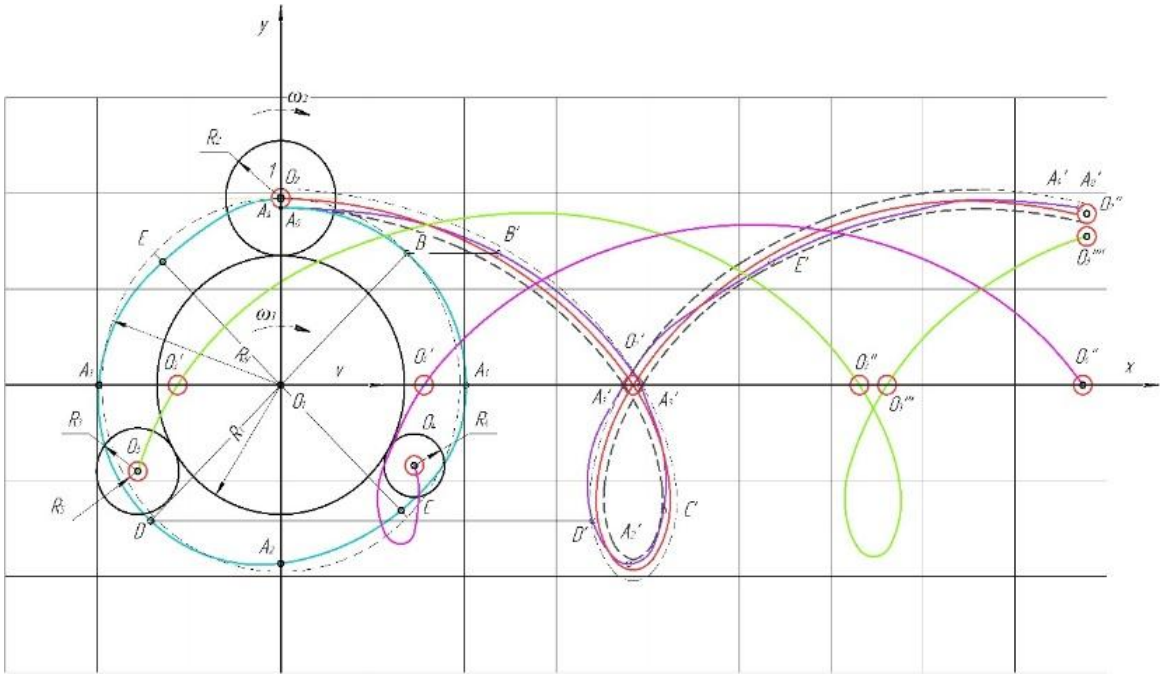
$$a_A = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \quad (7)$$

Borona tishining bir nuqtasining siljishlarini aniqlash uchun berilgan ifodalar uning harakat trayektoriyasini aniqlash imkonini beradi, bu esa mashinaning kinematik parametrlarini hisoblash uchun zarurdir. Tezliklar va tezlanishlarning ifodalari hamda ularning o‘zgarish qonuniyatlari keyinchalik borona tishining kinematik va dinamik tahlillarida hamda uning parametrlarini belgilash vazifalarida qo‘llaniladi.

Bonona tishining birinchi (I) satelitdagi A_0 nuqtasida joylashgan barqaror nuqtasining trayektoriyasi (rasm-3) V=0 sharoitida A_0, BA_1, CA_2, DA_3, EA_4 nuqtalaridan tashkil topgan epitsikloidani tashkil etadi. Traktor bir vaqtda V tezlikda harakat qilganda esa bu trayektoriya $A_0B'A_1'C'A_2'D'A_3'E'A_4'$ ko‘rinishidagi yoyilgan epitsikloida bo‘lib, u qisqartirilgan sikloid yoki troxoyda ($O_2O_2'O_2''$) bilan kesishadi, bu esa satelit markazi O_2 tomonidan chizilgan.

Shkivning bir to‘liq aylanishi davomida, bitta borona tish tuproq qatlamiga ishlov beradi, uning uzunligi O_2 markazining traektoriyasi bo‘lgan troxoidaning uzunligiga, kengligi esa satelitga biriktirilgan borona tishining diametriga teng bo‘ladi.

3-rasmda, birinchi *1* satellitdan faza bo‘yicha 2π/3 ga ortda qoluvchi ikkinchi *2* satellit markazi O_3 ning trayektoriyasi ham tasvirlangan. Ushbu trayektoriya X o‘qi bilan ($O'_3O''_3O'''_3$) nuqtasida kesishadi.



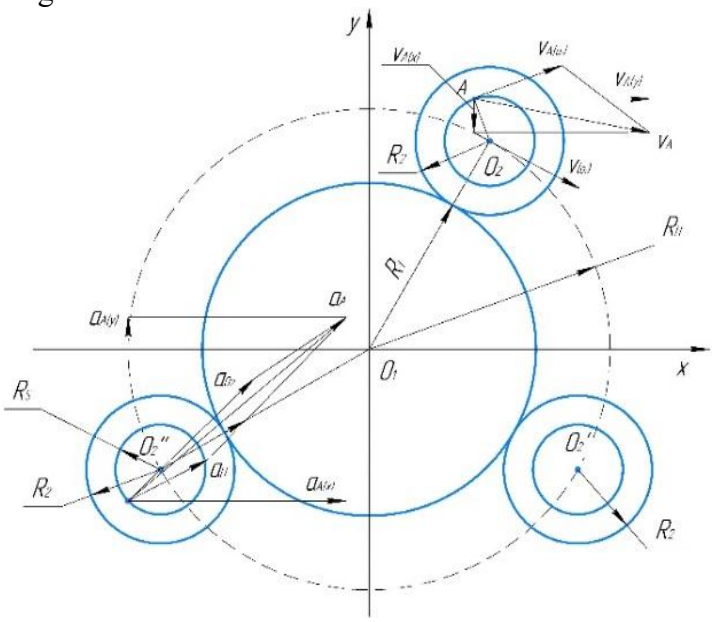
3-rasm. Planetar mexanizmli tuproqqa ishlov beruvchi borona tishini harakat trayektoriyasini aniqlash uchun sxema

Ushbu tadqiqotda ifodalar (3) va (6) asosida borona tishi nuqtasining tezligi va tezlanishining qiymatlari o‘zgarishini grafik shaklida tasvirlash zarur deb topiladi.

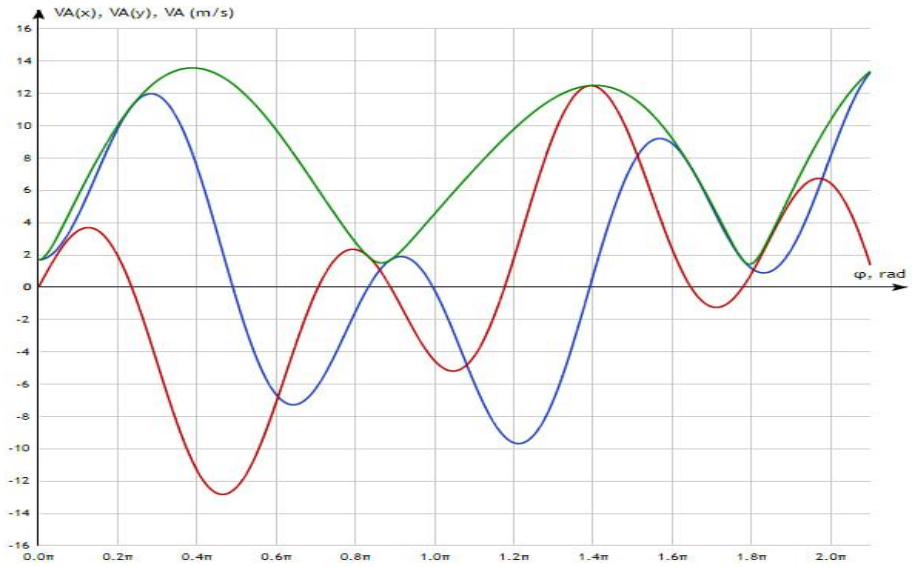
Grafiklarni aniq bir misol asosida keltirish maqsadga muvofiq deb hisoblanadi. Faraz qilaylik,

$$R_1 = 0.135m, \quad R_2 = 0.066m, \ \left(R_H = 0.201m, i = 2\right). \ \omega = 33c^{-1}, \ v = 1.7\frac{m}{s}, \ \omega_2 = 100s^{-1}$$

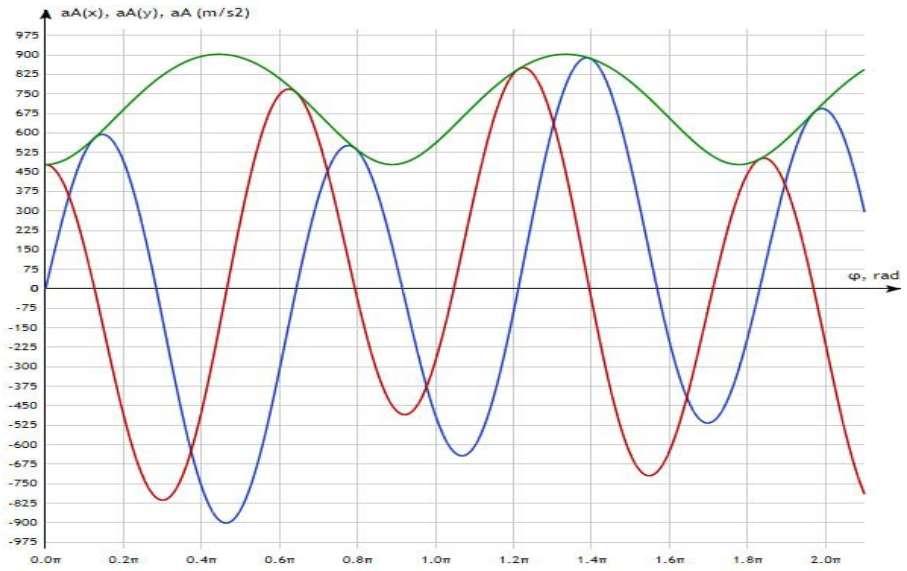
Grafiklar olingan hisoblash ifodalari va 4-rasmda keltirilgan sxema asosida qurilgan bo‘lib, unda vodiloning ixtiyoriy holatlari uchun tezlik va tezlanish vektorlari hamda ularning yig‘indi vektorlari tasvirlangan.



4-rasm. Planetar mexanizmli tuproqni ishlovchi borona tishi tezliklari va tezlanishlarini aniqlash uchun kinematik sxema



5-rasm. Planetar mexanizmli tuproqqa ishlovchi borona tishlari tezliklarining grafiklari



6-rasm. Planetar mexanizmli tuproqqa ishlovchi borona tishlari tezlanishlari grafiklari.

Satellitga o‘rnatilgan borona tishining A nuqtasi uchun tezlik komponentalari V_x0 va V_y0 hamda umumiy tezlik moduli V_A0 ning vodilo burchagi φ ga bog‘liq o‘zgarishi grafiklari 5-rasmda keltirilgan. Ushbu grafiklar A nuqtasining harakat xarakteristikasini to‘liq aks ettiradi.

Shuningdek, A nuqtasining normal tezlanishi a_A va uning komponentalari $a^n_{A(x)}$ hamda $a^n_{A(y)}$ ning o‘zgarishi 6-rasmda tasvirlangan. Bu grafiklar orqali pichoqning harakatidagi kuchlanish va zarba yuklamalari haqida xulosa chiqarish mumkin bo‘ladi.

Ko‘rib chiqilgan masalada qiziqish uyg‘otadigan narsa – umumiy tezlik moduli V_A va umumiy tezlanish moduli a_A ning o‘zgarish qonuniyatlaridir.

v_A va a_A ning o‘zgarish qonuniyatlari vodilo (ω) va satellit (ω^2_2) ning burchak tezliklari bilan belgilanadi, bunda grafiklarning ko‘rinishi planetar mexanizmning uzatish soni (i) ga bog‘liq. Ko‘rib chiqilgan misolda $i = 2$ bo‘lgani uchun, burchak φ ga bog‘liq $v = f(x)$ grafikda

(rasm 5) ko‘rsatilganidek, vodilo bir aylanishida borona tishi A ikki marta aylanadi. Grafik ko‘rinishi shuningdek agregatning harakat tezligiga ham bog‘liq.

Fazalar π/4 va 7π/4 da v_A o‘zining maksimal qiymati – 13,35 m/s ga yetadi, fazalar π/2 va 3π/2 da esa u o‘zining minimal qiymatini – 1.7 m/s ni qabul qiladi, bu esa agregatning harakat tezligiga tengdir.

Yig‘indi tezlanishlar moduli (a_A) ning o‘zgarish grafigi (6-rasm) esa umumiy ko‘rinishdagi sinusoidani ifodalaydi, u Y o‘qi bo‘ylab ω2 miqdoriga siljigan. Ko‘rib chiqilgan misolda uning amplitudasi 15.7 m/s² ga, davri esa $T = 2\pi / \omega^2$ ga teng.

Xulosa. Tadqiqotda vertikal rotatsion borona uchun planetar mexanizm asosidagi o‘zgaruvchan tezlikli uzatma tizimi ishlab chiqildi va tahlil qilindi. Kinematik hisob-kitoblar va eksperimental sinovlar mazkur tizim tuproq zichligi o‘zgaruvchan sharoitlarda ham borona tishlarining optimal tezlikda ishlashini ta’minlashini ko‘rsatdi. Natijada tuproqning maydalanish sifati oshdi, energiya sarfi kamaydi va ishlov berish jarayoni barqarorlashdi. Shunday qilib, taklif etilgan uzatma tizimi VRBning samaradorligi va energiya tejamkorligini sezilarli darajada yaxshilovchi maqbul texnik yechim ekanligi isbotlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Yuldasheva M. 2022.O‘rmon xo‘jalik plantatsiyalarida yerlarni ekishga tayyorlaydigan kombinatsiyalashgan agregat rotatsion yumshatkichining parametrlarini asoslash: Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)-Andijon, 152 b.

2. Abdulxaev X.G‘.2018. Pushtalarga ishlov beradigan qurilma parametrlarini asoslash: Diss. … t.f.f.d (PhD). – Toshkent, 174 b.

3. В.М. Осецкого. - М., 1977. Кинематика сателлита планетарного механизма с внешним зацеплением // Прикладная механика / Под общ. ред. - 488 с.

4. Abduvaxobov D.A. 2018. Dala relyefiga moslanuvchan tishli borona ishlab chiqish va parametrlarini asoslash: Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD). Diss. Toshkent, – 120 b.

5. Ismatullayev K.K. 2024.Tuproq yuzasiga ishlov beradigan rotatsion borona konstruksiyasini ishlab chiqish va parametrlarini asoslash: Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD). Diss. Namangan, – 142 b.

6. А.П. Тарвердян, д.т.н., А.С. Григорян, к.т.н., А.В. Алтунян, к.т.н. 2022. Кинематическое исследование садовой почвообрабатывающей фрезы с планетарным приводом //ISSN 2579-2822// Национальный аграрный университет Армении.