DOI: 10.65322/j.srd.05192026.60

# VERTIKAL ROTATSION BORONA UZATMA TIZIMINING KONSTRUKSIYASINI ISHLAB CHIQISH VA ISHLASH KO‘RSATKICHLARINI TAJRIBAVIY BAHOLASH

***Muxamedov J.M.,*** *t.f.n., professor,*
*E-mail: j_m_muxamedov@umail.uz,*
***To‘xtasinov R.D.,*** *PhD,*
*E-mail: rustambektokhtasinov43@gmail.com,*
*Namangan Davlat Texnika Universiteti*

***Annotatsiya:*** *Maqolada planetar mexanizmli vertikal rotatsion borona konstruksiyasi, uning kinematik tahlili va agrotexnik samaradorligi o‘rganilgan. Uzatish soni va traktor tezligini hisobga olgan holda borona tishining harakat trayektoriyasi, tezligi va tezlanishini aniqlovchi analitik ifodalar ishlab chiqilgan. Taklif etilgan konstruksiyaning tuproqni sifatli maydalash va energiya tejamkorligini oshirish imkoniyatlari baholanib, yangi tuproqqa ishlov berish agregatlarini yaratish bo‘yicha ilmiy-amaliy xulosalar keltirilgan.*

***Аннотация:*** *В статье рассматриваются конструкция вертикальной ротационной бороны с планетарным механизмом, её кинематический анализ и агротехническая эффективность. С учётом передаточного отношения и скорости движения трактора получены аналитические выражения для определения траектории движения, скорости и ускорения зуба бороны. Оценены возможности предложенной конструкции по повышению качества измельчения почвы и энергоэффективности, сформулированы научно-практические выводы для разработки новых почвообрабатывающих агрегатов.*

***Annotatsiya:*** *This article examines the design, kinematic analysis, and agrotechnical efficiency of a vertical rotary harrow equipped with a planetary mechanism. Analytical expressions have been derived to determine the motion trajectory, velocity, and acceleration of the harrow tooth, taking into account the transmission ratio and tractor travel speed. The proposed design is evaluated in terms of soil pulverization quality and energy efficiency, and scientific and practical conclusions are presented for the development of new tillage machines.*

***Kalit so‘zlar:*** *vertikal rotatsion borona, planetar mexanizm, uzatma tizimi, kinematik tahlil, ishchi organ, harakat trayektoriyasi, uzatish soni, burchak tezligi, traktor tezligi, tuproqqa ishlov berish, tuproqni maydalash, agrotexnik samaradorlik.*

***Ключевые слова:*** *вертикальная ротационная борона, планетарный механизм, приводная система, кинематический анализ, рабочий орган, траектория движения, передаточное отношение, угловая скорость, скорость движения трактора, обработка почвы, измельчение почвы, агротехническая эффективность.*

***Keywords:*** *vertical rotary harrow, planetary mechanism, drive system, kinematic analysis, working element, motion trajectory, transmission ratio, angular velocity, tractor travel speed, tillage, soil pulverization, agrotechnical efficiency.*

**Kirish.** Qishloq xo‘jaligida tuproqqa ekish oldidan ishlov berish ekinlardan yuqori hosil yetishtirishni ta’minlashda muhim texnologik bosqich sanaladi. An’anaviy ishlov berish texnikalarida tuproq qatlamlarining sifatsiz aralashuvi, energiya sarfining yuqoriligi va ishchi organlar harakatining chegaralanganligi kabi kamchiliklar mavjud. Shu bois, yuqori samaradorlikka ega, harakat trayektoriyasi optimallashtirilgan yangi mexanizmlar ishlab chiqishga ehtiyoj ortib bormoqda.

**Adabiyotlar tahlili:** Yerga yuzaki ishlov berish, tuproqni yumshatish va maydalash sifatini oshirish hamda xarajatlarni kamaytirish maqsadida kombinatsiyalashgan agregatlar va tishli boronalarning konstruksiyasi hamda parametrlarini asoslash bo‘yicha tadqiqotlar olib

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.60

borilgan [1–5]. Ularda ishchi tishlarning o‘lchamlari, o‘tkirlanish burchagi va joylashuvining ishlov berish sifatiga ta’siri o‘rganilgan. Biroq, yirik kesaklarni maydalash samaradorligini oshirish dolzarbligicha qolmoqda.

Hozirgi vaqtda gorizontal va vertikal ishchi organli rotatsion mashinalar tuproqqa ishlov berishda qo‘llanilib, energiya sarfini kamaytirish va tuproqni maydalash sifatini yaxshilash imkonini bermoqda [6, 8]. Mineral o‘g‘itlarni tuproq yuzasiga chiqarish maqsadida borona tishlariga parmasimon harakat berish uchun planetar mexanizmdan foydalanish taklif etilgan va ixtiroga patent olingan [7].

Planetar mexanizmli vertikal o‘qli mashinalarda ishchi organlar epitsikloidasimon trayektoriya bo‘yicha harakatlanadi. Ushbu trayektoriya tuproqni maydalash va yumshatish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi [8, 9].

Maqolada planetar mexanizmli vertikal rotatsion boronaning kinematik modeli ishlab chiqilib, tishlarning harakat trayektoriyasi, tezligi va tezlanishi aniqlanadi hamda konstruksiyaning tuproqqa ishlov berish samaradorligi baholanadi.

**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;

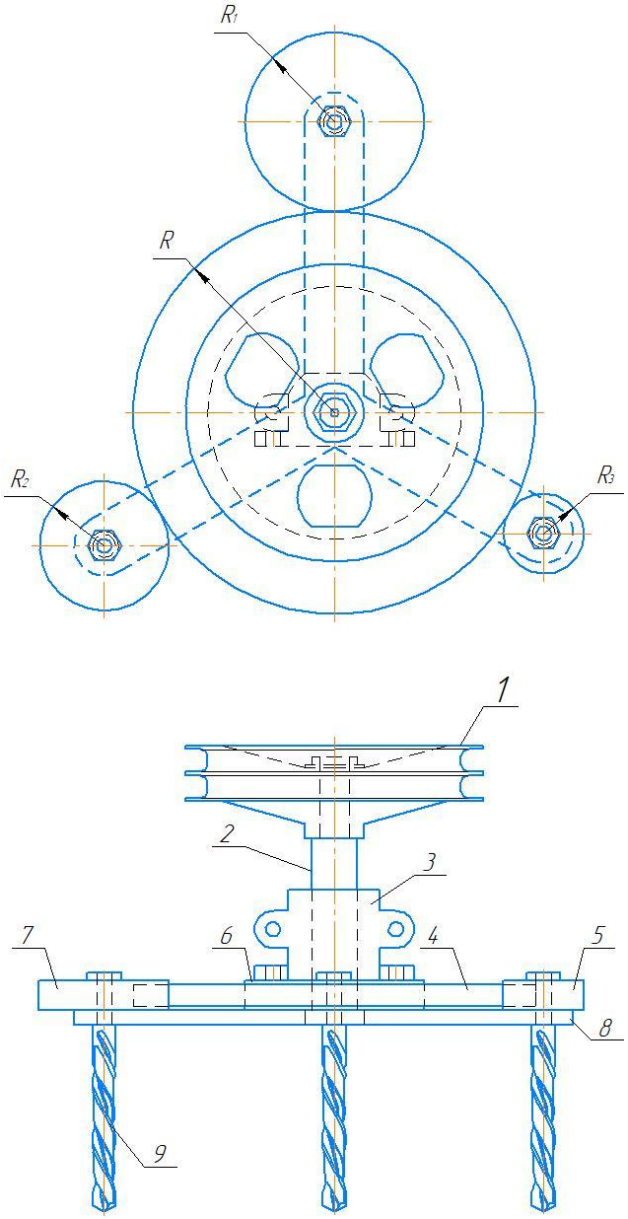
Ushbu metodologiya orqali ishlab chiqilgan o‘zgaruvchan tezlikli uzatma tizimi konstruktiv va ishlash jihatidan to‘liq asoslandi hamda uning ishonchliligi amalda sinovdan o‘tkazildi.

**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, sattelitlarning o‘z o‘qi atrofida aylanishini ta’minlaydi. Sattelitlar (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 sattelit g‘ildiraklarini o‘zida ushlab, ularni markaz atrofida aylanishga majbur qiladi. Vodilo aylanishi natijasida epitsiklik harakat hosil bo‘ladi. Borona tishi (9) – har bir sattelit

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.60

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.

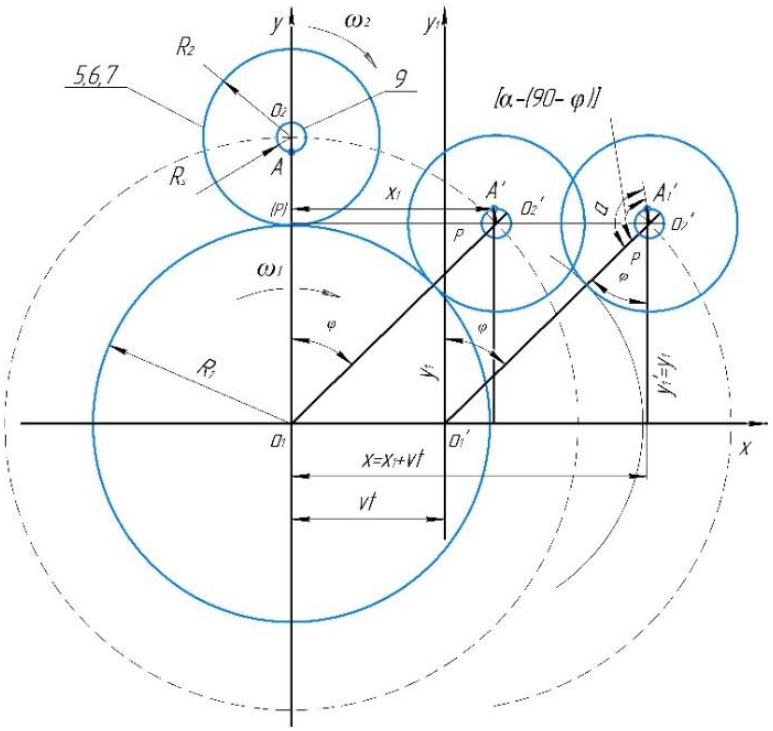
Ushbu rasm (1) da planetar uzatma asosida harakatlanuvchi vertikal ishlov beruvchi boronaning ishchi organi tasvirlangan. Konstruksiyada tasmali uzatma orqali harakat oluvchi shkiv (1) orqali vodilo (8) aylantiriladi. Vodilo atrofida joylashgan har xil radiusdagi sattelitlar (5, 6, 7) qo‘zg‘almas quyosh g‘ildiragi (4) bilan tishlashgan.




**1-rasm. Planetar mexanizmli vertikal rotatsion boronaning ishchi organ konstruksiyasi**

Har bir sattelit 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.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.60




**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 sattelitlari (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 sattelit 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 sattelit 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 sattelitning(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.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.60

Koordinatalar boshini tishli g‘ildiragining markazi ($O_1$) bilan moslashtiramiz va boshlang‘ich holatda sattelitning 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 sattelit 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 sattelitdagi A nuqtasining parametrik harakat tenglamalari quyidagicha ifodalanadi (2-rasmga qarang):

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

bu yerda $R_1$ – harakat qilmaydigan tishli g‘ildirag radiusi, $R_2$ – satelit radiusi, $R_H$=($R_1$+$R_2$) – planetar mexanizm vodilosining radiusi.

Sattelitning burchak tezligi ω2 va A nuqtasining aylanish burchagi α, y epitsikloida hosil qiladi, quyidagi ifodalar bilan belgilanadi: $\alpha = (i_{12}+1)\varphi$, $\omega_2 = (i_{12}+1)\omega_1$, bu yerda $i_{12} = \frac{R_1}{R_2}$ – 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:

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

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 $R_H = (i_{12}+1)R_2$, ekanligini hisobga olib, absolyut tezlik moduli uchun quyidagi hisoblash ifodasi olinadi:

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

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

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

Nuqta (A) ning absolyut tezlanish moduli quyidagicha ifodalanadi:

$$a_A = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}.$$

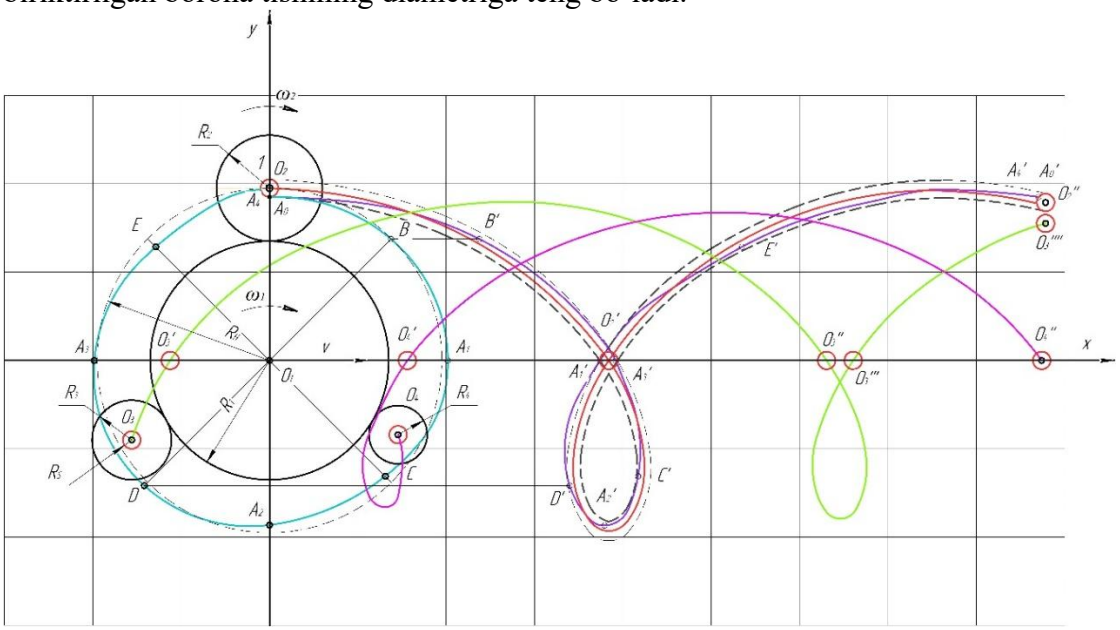
Borona tishining bir nuqtasining siljishlarini aniqlash uchun berilgan ifodalar uning harakat trayektoriyasini aniqlash imkonini beradi, bu esa mashinaning kinematik parametrlarini hisoblash uchun zarurdir. Tezliklar va tezlanishlarning ifodalari hamda ularning o‘zgarish qonuniyatlari

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.60

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

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

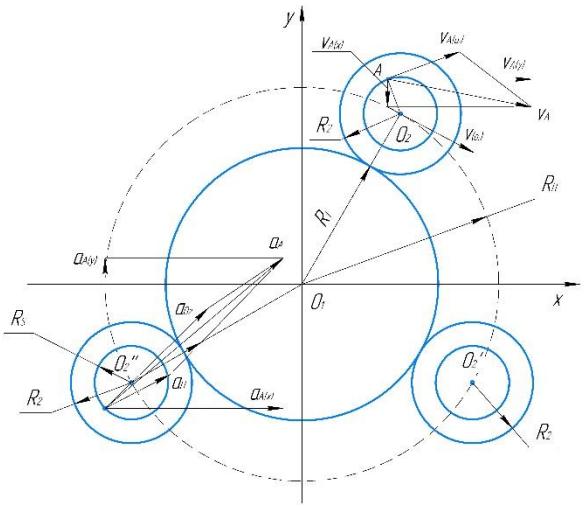
Ushbu tadqiqotda ifodalar (3) va (6) asosida borona tishi nuqtasining tezligi va tezlanishining qiymatlari o‘zgarishini grafik shaklida tasvirlash zarur deb topiladi.

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

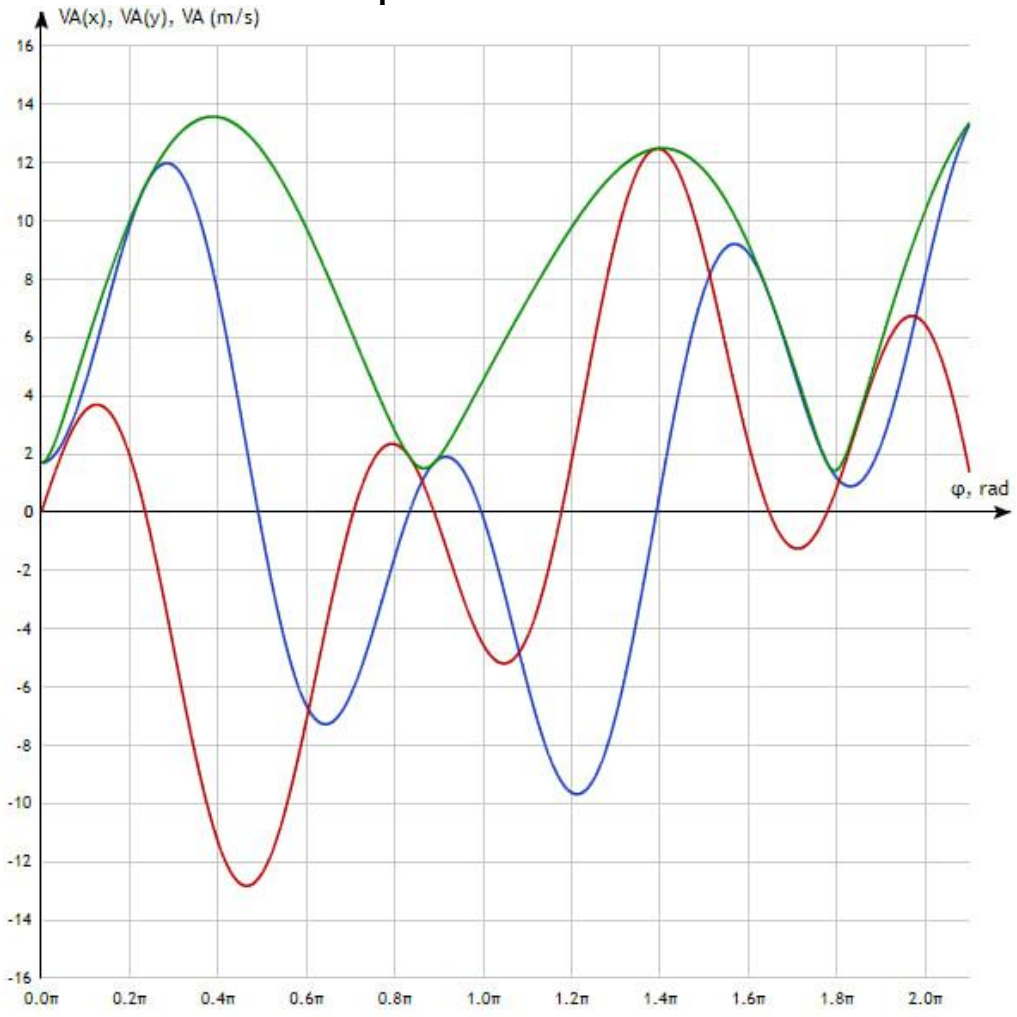
$$R_1 = 0.135m,\ R_2 = 0.066\,m,\quad (R_H = 0.201\,m, i = 2).\ \omega = 33\,c^{-1}, v = 1.7\frac{m}{s},$$
$$\omega_2 = 100\,s^{-1}.$$

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.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.60

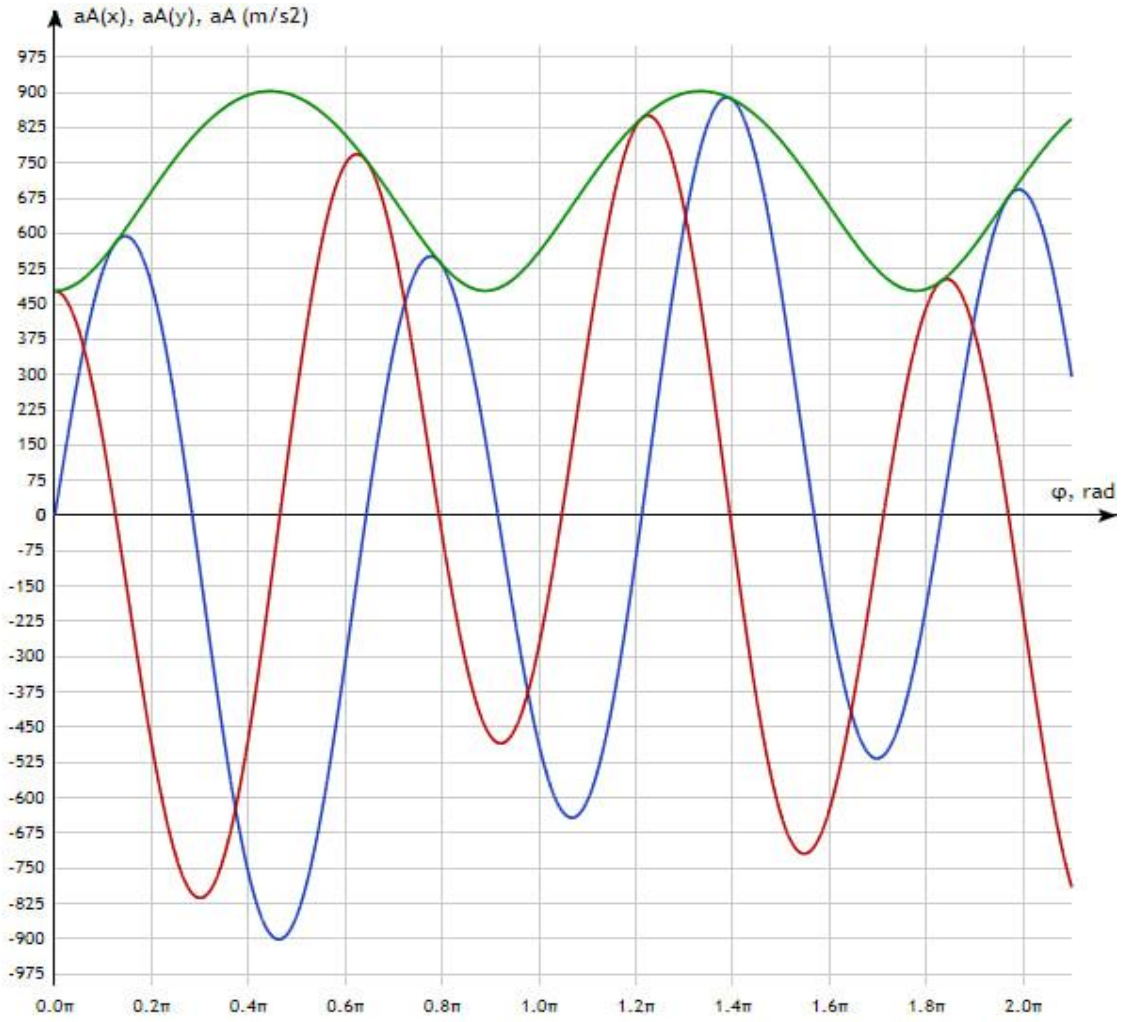



**4-rasm. Planetar mexanizmli tuproqni ishlovchi borona tishi tezliklari va tezlanishlarini aniqlash uchun kinematik sxema**




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

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.60




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

Sattelitga o‘rnatilgan borona tishining A nuqtasi uchun tezlik komponentalari $V_x$ va $V_y$ hamda umumiy tezlik moduli $V_A$ 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 ($\omega$) va sattelit ($\omega^2_2$) 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 $\varphi$ 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.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.60

Yig‘indi tezlanishlar moduli ($a_A$) ning o‘zgarish grafigi (6-rasm) esa umumiy ko‘rinishdagi sinusoidani ifodalaydi, u Y o‘qi bo‘ylab $\omega_2$ miqdoriga siljigan. Ko‘rib chiqilgan misolda uning amplitudasi 15.7 m/s² ga, davri esa $T = 2\pi/\omega^2$ ga teng.

**Xulosa va takliflar.** Agrotexnik va texnologik talablar asosida planetar mexanizmli tuproqni ishlov beruvchi borona tishining samarali ishlashini ta’minlash maqsadida, sattelitlar sonining optimal miqdorini aniqlash, ularning joylashish burchaklari va montaj uslubi, uzatish nisbatining fizik-mexanik talablarga muvofiqligi, shuningdek, mexanizmdagi dinamik muvozanatni ta’minlash va kinematik parametrlarni sintez qilish masalalari keyingi bosqichdagi tadqiqotlarda batafsil ko‘rib chiqiladi va tahlil etiladi.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

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

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

3. Xalilov M.M. Yerlarni ekishga tayyorlaydigan mashina tekislagich-yumshatkichining parametrlarini asoslash: Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD). Diss. ... avtoreferati. – Namangan, 2020. – 44 b

4. To‘xtaqo‘ziev A., Bababekov U. Ikki izli osma boronalash agregatini ishlab chiqish va parametrlarini asoslash: Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD). Diss.- Guliston – 2024. – 141 b.

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

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

7. Jo‘rayev A., Muxamedov J., Abduvaxobov D., Muxammadjonov K. Tuproqqa ishlov berish mashinasi: O‘zbekiston Respublikasi ixtiro patenti IAP 8023

8. Muxamedov, J., Abduvaxobov, D., Ismatullayev, K., Muxammadjonov, K., & Madraximova, M. (2024). Tuproq yuzasiga ishlov beruvchi mashina agregatini dinamik tahlili. *Строительство и образование*, *3*, 273-276.

9. Tarverdyan A.P., Grigoryan A.S., Altunyan A.V. Kinematicheskoye issledovaniye sadovoy pochvoobrabativayushey frezi s planetarnim privodom // Agronauka i texnologiya (Agriscience and Technology). – 2022. – № 3 (79). – C. 231–237. – DOI: 10.52276/25792822-2022.3-231.