

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF AGRICULTURAL SCIENCES

ISSN 2224-526X

Volume 5, Number 35 (2016), 123 – 127

G. Z. Gaifullin, M. A. Amantayev, S. O. Nukeshev, V. Slavov

Kostanay state university A. Baitursynov, Kostanay, Kazakhstan,
Kazakh agrotechnical university named under Saken Seifullin, Astana, Kazakhstan,
Chemical-technological and metallurgical university, Sofia, Bulgaria

**KINEMATICS OF THE POWERED
AND INCLINED ROTARY TILLAGE TOOL**

Abstract. In this article are presented the results of the research of the powered and inclined rotary tillage tool kinematics. There is obtained the equation for determining the direction of the absolute velocity of the tillage tool.

Key words: rotary tillage tool, power driving, kinematic coefficient, angle of inclination.

УДК 631.313

Г. З. Гайфуллин, М. А. Амантаев, С. О. Нукешев, В. Славов

Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова, Костанай, Казахстан
Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан
Химико-технологический и металлургический университет, София, Болгария

**КИНЕМАТИКА АФРОНТАЛЬНОГО РОТАЦИОННОГО
РАБОЧЕГО ОРГАНА С АКТИВНЫМ ПРИВОДОМ**

Ключевые слова: ротационный рабочий орган, активный привод, кинематический коэффициент, угол атаки.

Аннотация. Представлены результаты исследований кинематики афронтальных ротационных рабочих органов с активным приводом. Получено уравнение, позволяющее определять направление абсолютной скорости движения рабочего органа.

Введение. Одним из перспективных направлений развития почвообрабатывающей техники, улучшения качества обработки почвы и снижения энергозатрат на ее выполнение является применение орудий с рабочими органами с активным приводом. Они позволяют снизить буксование движителей трактора и их отрицательное воздействие на почву, расширить интервал влажности почвы, в котором обеспечивается требуемое качество обработки [1, 2]. При этом, кинематические параметры рабочего органа во многом определяют энергетику и качество выполнения технологической операции обработки почвы.

Исследованию кинематики ротационных рабочих органов почвообрабатывающих машин посвящены работы многих ученых, в частности, Нартова П.С. [3], Канарева Ф.М. [4], Матяшина Ю.И. [5], Guo H. и Burkhardt T.H. [6] и других. Однако, кинематика афронтальных ротационных рабочих органов с активным приводом пока остается малоизученной.

Материалы и методы. Исследование кинематики движения афронтального ротационного рабочего органа с активным приводом выполнено в неподвижной прямоугольной системе координат $OXYZ$. Основная неподвижная прямоугольная система координат $OXYZ$ выбрана таким образом, чтобы ось OX совпала с направлением поступательного движения рабочего органа, а ось OZ

была вертикальна поверхности поля и прошла через нижнюю точку касания O рабочего органа с дном борозды. Ось OY лежит в поперечной плоскости параллельно поверхности поля. Начало системы координат точка O совпадает с нижней точкой касания рабочего органа с дном борозды. Плоскость вращения рабочего органа отклонена от направления поступательного движения на угол α . Вспомогательная система координат $OX'Y'Z$ получена путем поворотов основной системы $OXYZ$ вокруг осей OZ на угол α , рисунок 1.

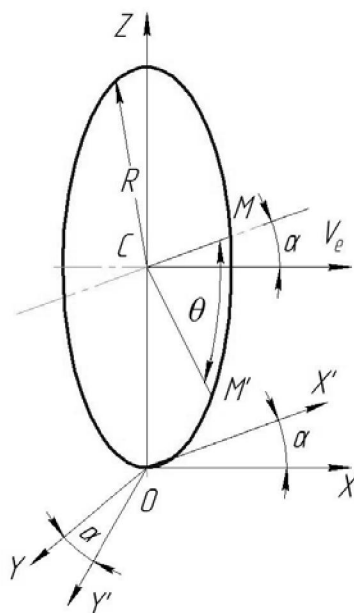


Рисунок 1 – Расчетная схема ротационного рабочего органа

Во время работы любая точка лезвия фронтального ротационного рабочего органа совершает криволинейное движение, траектория которого в координатной форме описывается системой общеизвестных уравнений, которая имеет вид [4, 7]:

$$\begin{cases} X = \theta \cdot R / (\eta \cdot \cos \alpha) + R \cdot \cos \theta \cdot \cos \alpha; \\ Y = R \cdot \cos \theta \cdot \sin \alpha; \\ Z = R \cdot (1 - \sin \theta). \end{cases} \quad (1)$$

где R – радиус ротационного рабочего органа; θ – угол поворота радиус-вектора OM рабочего органа от горизонтальной плоскости; α – угол атаки рабочего органа; η – коэффициент кинематического режима работы рабочего органа.

Коэффициент кинематического режима работы:

$$\eta = \frac{V_o}{V_e \cdot \cos \alpha}, \quad (2)$$

где V_o – окружная скорость движения точки M рабочего органа; V_e – поступательная скорость рабочего органа.

В зависимости от величины η различают следующие режимы работы:

- $\eta < 1$, рабочий орган движется со скольжением (бесприводный режим);
- $\eta > 1$, рабочий орган движется с буксованием (приводный режим);
- $\eta = 1$, рабочий орган движется без скольжения и буксования (приводный режим).

Определим характер движения точки лезвия ротационного рабочего органа в горизонтальной плоскости, для этого найдем угол γ между векторами поступательной скорости движения V_e (осью OX) и абсолютной скоростью V_a (касательная к траектории) в плоскости XOY в период нахождения точки M в почве, рисунок 2.

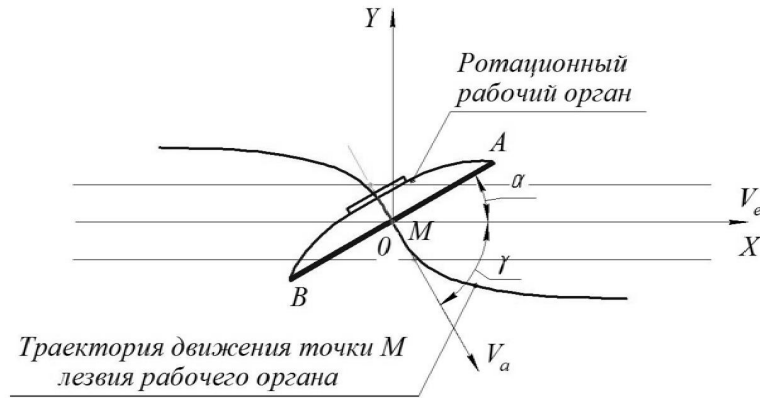


Рисунок 2 – Схема определения угла γ в плоскости XOY

Величина угла γ находится как

$$\gamma = \arctg \frac{dY}{dX}, \text{ град.} \tag{3}$$

где dY и dX дифференциалы функций Y и X .

Из уравнения (1) найдем dY и dX

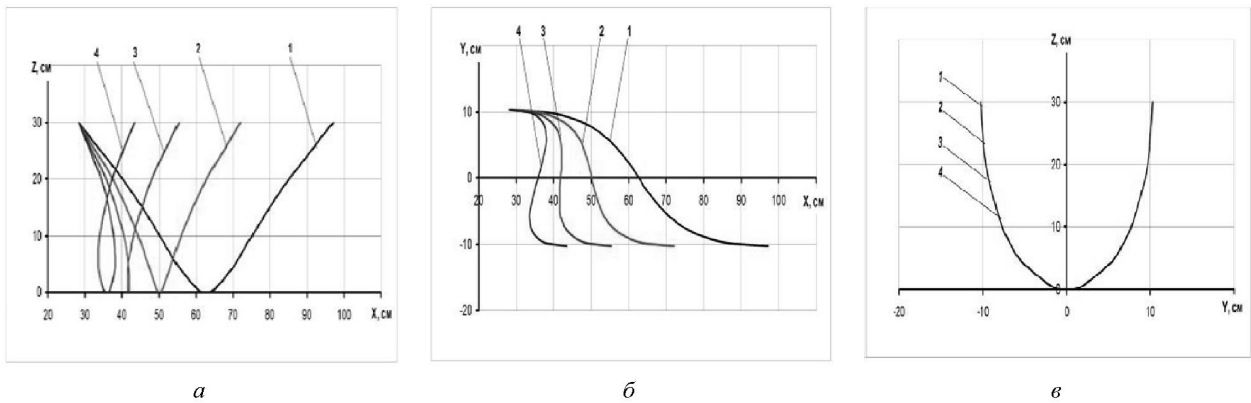
$$\begin{cases} dY = -R \cdot \sin \theta \cdot \sin \alpha; \\ dX = \frac{R}{\eta \cdot \cos \alpha} - R \cdot \sin \theta \cdot \cos \alpha. \end{cases} \tag{4}$$

Подставив выражения (4) в (3) получим

$$\gamma = \arctg \frac{-\sin \theta \cdot \sin \alpha}{\frac{1}{\eta \cdot \cos \alpha} - \sin \theta \cdot \cos \alpha}, \text{ град.} \tag{5}$$

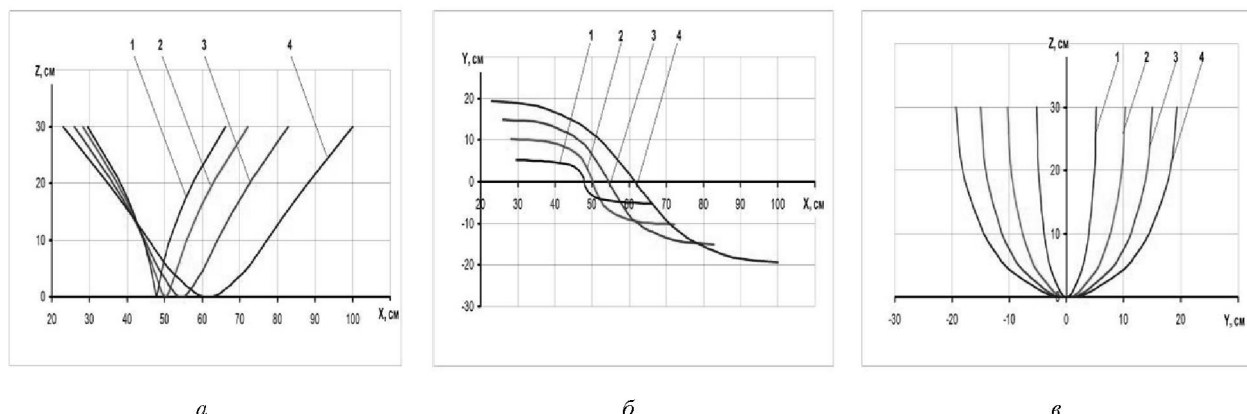
Результаты исследований и их обсуждение

На основе уравнения (1) построены проекции траектории движения точки M лезвия ротационного рабочего органа за пол оборота на координатные плоскости в зависимости от коэффициента η и угла α (рисунки 3 и 4). Из них видно что, с увеличением кинематического коэффициента η длина траектории уменьшается, а ширина захвата рабочего органа остается без изменения. Рост угла атаки α вызывает увеличение длины траектории и ширину захвата B рабочего органа.



1 – $\eta = 0,8$; 2 – $\eta = 1,0$; 3 – $\eta = 1,2$; 4 – $\eta = 1,4$.

Рисунок 3 – Зависимости проекции траектории движения точки лезвия ротационного рабочего органа в плоскостях XOZ (а), XOY (б) и YOZ (в) от коэффициента η



а

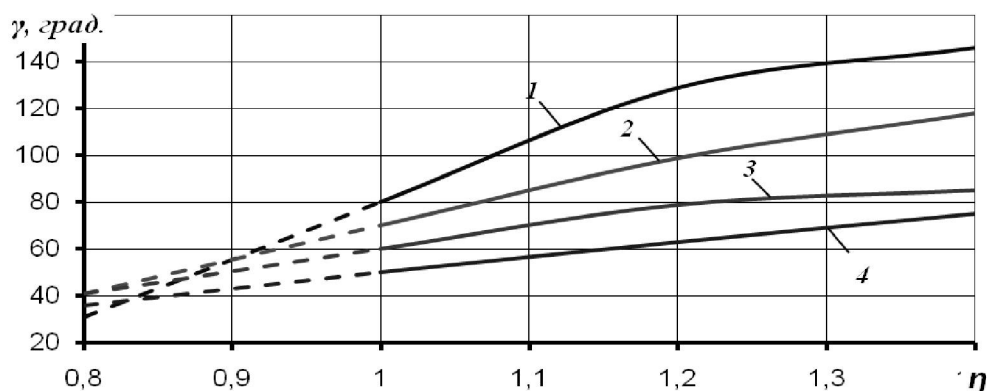
б

в

1 – $\alpha = 10$ град., 2 – $\alpha = 20$ град., 3 – $\alpha = 30$ град., 4 – $\alpha = 40$ град.

Рисунок 4 – Зависимости проекции траектории движения точки лезвия ротационного рабочего органа в плоскостях XOZ (а), XOY (б) и YOZ (в) от угла атаки α

На основе уравнения (5) построен график изменения угла γ в зависимости от коэффициента η и угла атаки α (рисунок 5). Из рисунка видно, что увеличение как коэффициента кинематического режима работы η , так и угла атаки α приводит к росту угла γ .



1 – $\alpha = 10$ град., 2 – $\alpha = 20$ град., 3 – $\alpha = 30$ град., 4 – $\alpha = 40$ град.

— — — — — , – бесприводный режим; ————— – приводный режим.

Рисунок 5 – Зависимости угла γ от коэффициента η и угла атаки α при $\theta = 90$ град.

Заключение. Таким образом, получено уравнение, позволяющее определять величину угла γ между векторами поступательной скорости движения V_e и абсолютной скоростью V_a в период нахождения точки M лезвия ротационного рабочего органа в почве в зависимости от его коэффициента кинематического режима работы η и угла атаки α .

Угол γ характеризует отклонение абсолютной скорости рабочего органа от направления поступательного движения орудия. Знание данного угла обеспечивает обоснованный выбор параметров ротационного рабочего органа, работающих с активным приводом.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Perdok U.D. Soil-tool interactions and field performance of implements / Perdok U.D., Kouwenhoven J.K. // Soil and Tillage Research. – 1994. – Vol. 30. – P. 283-326.
 [2] Соловейчик А.А. Теория и расчет мобильных агрегатов с активными рабочими органами, совмещающими функции движителей (монография) / Соловейчик А.А., Шевцов В.Г., Орлов Н.М. // ГНУ ВИМ Россельхозакадемия. – М., 2009. – 183 с.
 [3] Нартов П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия / Нартов П.С. – Воронеж: Изд. Воронежского университета, 1972. – 181 с.

- [4] Канарев Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия / Канарев Ф.М. – М.: Машиностроение, 1983.
- [5] Матяшин Ю.И. Ротационные почвообрабатывающие машины (теория, расчет, эксплуатация) / Матяшин Ю.И., Матяшин Н.Ю. // – Казань: Татарское книжное изд-во, 2008. – 203 с.
- [6] Guo H. Disk trajectory simulation of a powered disk tiller / Guo H., Burkhardt T.H., Wilkinson R.H., Hoki M., Tanoue T. // Agricultural Engineering Proceedings of the 11th International congress on Agricultural engineering. – 1989. – P. 1547-1553.
- [7] Гайфуллин Г.З. Механико-технологические основы разработки и совершенствования рабочих органов машин для почвозащитного земледелия / Гайфуллин Г.З.: Докт. дис. – Челябинск, 2003. – 358 с.

REFERENCES

- [1] Perdok U.D. Soil-tool interactions and field performance of implements / Perdok U.D., Kouwenhoven J.K. // Soil and Tillage Research. 1994. Vol. 30. P. 283-326.
- [2] Solovejchik A.A. Teorija i raschet mobil'nyh agregatov s aktivnymi rabochimi organami, sovmeshhajushhimi funkci dvizhitelej (monografija) / Solovejchik A.A., Shevcov V.G., Orlov N.M. // GNU VIM Rossel'hoz akademija. M., 2009. 183 s.
- [3] Nartov P.S. Diskovye pochvoobrabatyvajushhie orudija / Nartov P.S. Voronezh: Izd. Voronezhskogo universiteta, 1972. 181 s.
- [4] Kanarev F.M. Rotacionnye pochvoobrabatyvajushhie mashiny i orudija / Kanarev F.M. M.: Mashinostroenie, 1983.
- [5] Matjashin Ju.I. Rotacionnye pochvoobrabatyvajushhie mashiny (teorija, raschet, jekspluatacija) / Matjashin Ju.I., Matjashin N.Ju. Kazan': Tatarskoe knizhnoe izd-vo, 2008. 203 s.
- [6] Guo H. Disk trajectory simulation of a powered disk tiller / Guo H., Burkhardt T.H., Wilkinson R.H., Hoki M., Tanoue T. // Agricultural Engineering Proceedings of the 11th International congress on Agricultural engineering. 1989. R. 1547-1553.
- [7] Gajfullin G.Z. Mehaniko-tehnologicheskie osnovy razrabotki i sovsheinstvovaniya rabochih organov mashin dlja pochvozashhitnogo zemledelija / Gajfullin G.Z.: Dokt. dis.Cheljabinsk, 2003. 358 s.

Гайфуллин Г.З., Амантаев М.А., Нукашев С.О., Славов В.

ҚОЗҒАЛЫС БАҒЫТЫНА БҰРЫШТАП ОРНАЛАСТЫРЫЛҒАН ПӘРМЕНДІ ЖЕТЕКТІ АЙНАЛМАЛЫ ЖҰМЫСШЫ БӨЛІКТІҢ КИНЕМАТИКАСЫ

Аннотация. Мақалада қозғалыс бағытына бұрыштап орналастырылған пәрменді жетекті жұмысшы бөліктің кинематикасын зерттеу нәтижелері көрсетілген. Жұмысшы бөліктің абсолюттік жылдамдығының бағытын анықтайтын теңдеу алынған.

Түйін сөздер: айналмалы жұмысшы бөлік, пәрменді жетек, кинематикалық коэффициент, өңдеу бұрышы.