

Амантаев М.А., доктор философии (PhD), **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0002-4838-9487>
НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай,
ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, amantaevmaxat.kz@mail.ru
Золотухин Е.А., доктор философии (PhD), <https://orcid.org/0009-0008-1305-5138>
НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай,
ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, zolutukhine17@mail.ru
Кравченко Р.И., доктор философии (PhD), <https://orcid.org/0009-0007-7456-9901>
НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай,
ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, ruslan.kravchenko_15@mail.ru
Аверьянов Ю.И., д.т.н., профессор
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Челябинск, проспект Ленина, 76, 454080 Россия, averianovyi@susu.ru
Төлеміс Т.С., докторант ОП 8D08701 – Аграрная техника и технология, <https://orcid.org/0009-0000-3576-7533>
НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай,
ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, tursynay17@mail.ru
Ибраимов К.Т., докторант ОП 8D08701 – Аграрная техника и технология, <https://orcid.org/0009-0008-3954-6496>
НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай,
ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, ibraimov_kuka@mail.ru
Табулденов А.Н., докторант ОП 8D08701 – Аграрная техника и технология, <https://orcid.org/0009-0000-8530-2355>
НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай,
ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, inzhenertsesna@gmail.com
Оспанов М.Б., магистрант ОП 7M08701 – Аграрная техника и технология
НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай,
ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, medetospanov@internet.ru

Amantayev M.A., PhD, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-4838-9487>
NJSC "Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University", Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000,
Kazakhstan, amantaevmaxat.kz@mail.ru
Zolotukhin Ye.A., PhD, <https://orcid.org/0009-0008-1305-5138>
NJSC "Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University", Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000,
Kazakhstan, zolutukhine17@mail.ru
Kravchenko R.I., PhD, <https://orcid.org/0009-0007-7456-9901>
NJSC "Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University", Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000,
Kazakhstan, ruslan.kravchenko_15@mail.ru
Averyanov Y.I., Doctor of Technical Sciences, Professor
FSAEИHE "South Ural State University (national research university)", Chelyabinsk, 76, Lenin prospect,
454080, Russia, averianovyi@susu.ru
Tolemis T.S., Ph.D. student, <https://orcid.org/0009-0000-3576-7533>
NJSC "Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University", Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000,
Kazakhstan, tursynay17@mail.ru
Ibraimov K.T., Ph.D. student, <https://orcid.org/0009-0000-3576-7533>
NJSC "Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University", Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000,
Kazakhstan, ibraimov_kuka@mail.ru
Tabuldenov A.N., Ph.D. student, <https://orcid.org/0009-0000-8530-2355>
NJSC "Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University", Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000,
Kazakhstan, inzhenertsesna@gmail.com
Ospanov M.B., master's student
NJSC "Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University", Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000,
Kazakhstan, medetospanov@internet.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ БОРОЗДООБРАЗОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ РОТАЦИОННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ RESEARCH OF FURROW FORMATION AND DEVELOPMENT OF INNOVATIVE ROTARY WORKING BODIES FOR SURFACE TILLAGE

Аннотация

Обработка почвы ротационными рабочими органами сопровождается образованием борозд, имеющих различные формы и параметры в зависимости от вида рабочих органов, а также их параметров и режимов работы, от которых зависит качество обработки почвы и энергоёмкость процесса. В этой связи перспективным является почвообрабатывающие машины с активным приводом ротационных рабочих органов. Данная статья посвящена исследованию процесса бороздообразования разрабатываемыми инновационными ротационными рабочими органами с активным приводом для поверхностной обработки почвы. Цель работы – разработка инновационных ротационных рабочих органов с активным приводом на основе исследования закономерностей процесса бороздообразования. Проведен анализ исследований процесса бороздообразования ротационными рабочими органами, широко используемыми для поверхностной обработки почвы в Северном Казахстане. Рассмотрены технологические процессы работы указанными рабочими органами с выявлением их преимуществ и недостатков по критерию качественного выполнения технологического процесса. Для повышения качества обработки почвы предложены инновационные ротационные рабочие органы с активным приводом. Экспериментальные исследования бороздообразования разрабатываемыми рабочими органами проводились в почвенном канале. Угол атаки составлял 90 град. Кинематический коэффициент изменялся от 0,6 до 1,4. Результаты экспериментов обрабатывались методом математической статистики. Полученные по результатам исследования данные позволяют решить задачу по обоснованию и выбору параметров и режимов их работы, которые обеспечат образование оптимальных борозд. Последнее позволяет улучшить выровненность дна борозды и степень подрезания сорняков, и, тем самым, улучшить качество обработки почвы, а также снизить затраты энергии на обработку почвы.

ANNOTATION

Soil cultivation with rotary working tools results in furrows with varying shapes and parameters, depending on the type, parameters, and operational modes of these tools, which influence both soil cultivation quality and energy consumption. This highlights the potential of soil-cultivating machines equipped with actively driven rotary tools. This article focuses on studying the furrow formation process using innovative actively driven rotary tools developed for shallow soil cultivation. The objective of this study is to design innovative actively driven rotary tools based on an analysis of the furrow formation process. A review of existing research on furrow formation with rotary tools commonly used for shallow soil cultivation in Northern Kazakhstan was conducted, evaluating the technological processes of these tools and identifying their advantages and limitations in terms of achieving high-quality soil processing. To enhance soil cultivation quality, innovative actively driven rotary tools are proposed. Experimental studies on furrow formation using these newly developed tools were conducted in a soil channel. The attack angle was set at 90 degrees, and the kinematic coefficient ranged from 0.6 to 1.4. The experimental results were analyzed using statistical methods. The findings provide a foundation for justifying and selecting parameters and operational modes that ensure optimal furrow formation, improving furrow bottom evenness, enhancing weed undercutting, and ultimately improving soil cultivation quality while reducing energy costs.

Ключевые слова: бороздообразование, ротационные рабочие органы, поверхностная обработка почвы, угол атаки, активный привод.

Key words: furrowing, rotary working bodies, surface tillage, angle of attack, active gear.

Введение. Сельское хозяйство занимает важную роль в РК. Основной отраслью растениеводства в Казахстане является производство зерновых культур. Общая площадь посевных площадей зерновых культур составляет более 15 млн. га. В этой связи, эффективная обработка почвы играет важную роль в получении высоких урожаев. Орудия с ротационными рабочими органами широко используются в земледелии в рамках современных агротехнологий возделывания зерновых культур. К таким орудиям относятся дисковые агрегаты, дискаторы, кольцевые бороны, фрезы и другие машины, применяемые для обработки верхнего слоя почвы. Одним из ключевых аспектов этого технологического процесса является обеспечение оптимальных условий для роста и развития

корневой системы сельскохозяйственных культур. Указанное требует правильного формирования борозд и контроля их параметров [1].

Сельскохозяйственные машины с активным приводом ротационных рабочих органов для поверхностной обработки почвы являются перспективными в современном земледелии. Обработка почвы указанными рабочими органами сопровождается образованием борозд, имеющих различные формы и параметры в зависимости от вида рабочих органов, а также их параметров и режимов работы, от которых зависит энергоемкость процесса и качество обработки почвы. В связи с этим, актуальными становятся исследования процесса формирования борозд с использованием инновационных ротационных рабочих органов с активным приводом, учитывающие их параметры, режимы работы и особенности почвенных характеристик. Эти исследования играют важную роль в развитии агроинженерной науки.

Цель работы – разработка инновационных ротационных рабочих органов с активным приводом на основе исследования закономерностей процесса бороздообразования.

Материалы и методы исследований. Был проведен анализ исследований по процессу бороздообразования ротационными рабочими органами, используемыми для поверхностной обработки почвы в Северном Казахстане. В ходе анализа рассмотрены технологические процессы работы указанными рабочими органами, выявлены их преимущества и недостатки с точки зрения качества выполнения технологических операций.

Агротехнические требования к процессу поверхностной обработки почвы включают следующие: глубина обработки — 8 ± 1 см, выровненная и ветроустойчивая поверхность поля после обработки, отсутствие увеличения количества эрозионно-опасных частиц в верхнем слое (0-5 см), сохранение стерни после обработки на уровне не менее 60%, полное подрезание сорняков (не менее 100%), гребнистость поверхности не более 4 см, а высота гребней на дне борозды не более 2 см.

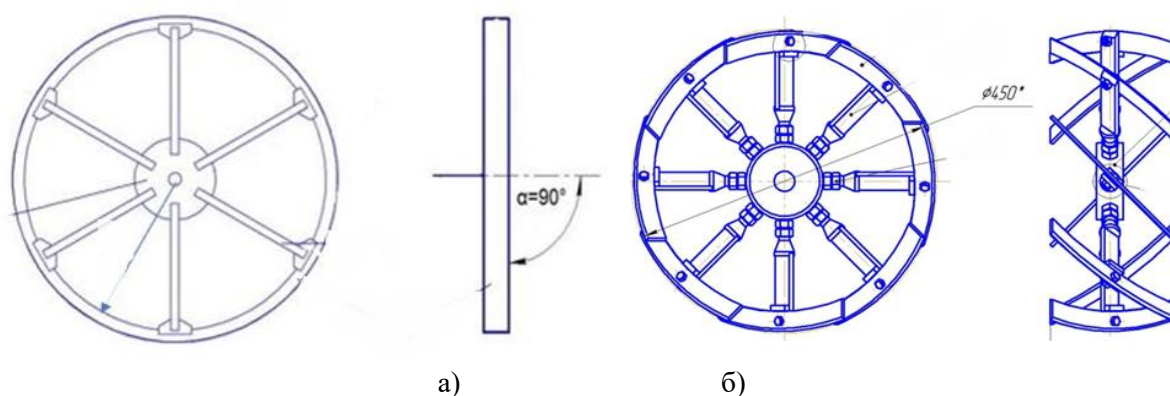
На основании агротехнических требований к поверхностной обработке почвы был проведен анализ исследований процесса формирования борозд ротационными рабочими органами.

Для повышения качества обработки почвы путем улучшения выровненности дна борозды и степени подрезания сорняков предложены инновационные ротационные рабочие органы с активным приводом.

Ротационный кольцевой рабочий орган состоит из ступицы с закрепленным на ней посредством спиц цилиндрическим кольцевым ободом, рисунок 1а.

Следующий рабочий орган – ротационный ножевой рабочий орган содежит ступицу, к которой крепятся спицы с режущими ножевыми элементами эллиптической формы, рисунок 1б.

Плоскость вращения обоих типов рабочего органа отклонена от направления поступательного движения на угол атаки $\alpha=90$ град., т.е. ось вращения ориентирована по направлению поступательного движения агрегата. Указанное является их отличительной особенностью.



а – кольцевой рабочий орган; б – ножевой рабочий орган

Рисунок 1 – Инновационные ротационные рабочие органы с активным приводом

Технологический процесс обработки почвы указанными ротационными рабочими органами выполняется следующим образом. Рабочие органы вращаются принудительно с активным приводом вокруг оси с угловой скоростью ω против часовой стрелки и перемещаются с поступательной скоростью. При этом, заглубляясь в почву на заданную глубину обработки, осуществляют ее рыление, одновременно подрезая сорняки с выносом их на поверхность поля и выравнивая поверхности поля.

сгуживанию почвы на рабочей поверхности дисков, поскольку при углах атаки больше 20-40 град. происходит формирование почвенного образования.

Г.Н. Синеоков и И.М. Панов установили влияние диаметра D диска, высоты гребня c на дне борозды и угла атаки β на расстояния l между дисковыми рабочими органами в батарее. Ими предложена формула для определения величины высоты гребня на дне борозды для батареи дисковых рабочих органов:

$$c = \frac{D}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{D^2 - l^2 \operatorname{ctg}^2 \beta}, \quad (1)$$

где β – угол атаки дисков, град; D – диаметр дисков, мм; c – высота гребней dna борозды, мм; l – расстояние между смежными дисками в батарее, мм.

Г.Н. Синеоковым предложено выражение, позволяющее определять расстояние l между дисками в батарее:

$$l = \left[2 \sqrt{\frac{c}{\cos \alpha} \left(D - \frac{c}{\cos \alpha} \right) + e} \right] \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (2)$$

где α – угол наклона дисков, град; e – расстояние между осями вращения дисков, мм; β – угол атаки, град; c – высота гребня, см.

Однако, указанные формулы не могут быть применены при обосновании параметров ротационных рабочих органов с активным приводом, поскольку они не учитывают режим вращения рабочего органа.

Исследованиями J.P. Hettiaratchi, C.A. Reaves, W.R. Gill изучена геометрия поперечного сечения борозды при взаимодействии с почвой дисковых рабочих органов [14,15]. По результатам проведенных исследований им получено поперечное сечение борозды, формируемое дисковым рабочим органом, имеющим атаки диска 45 град. и угол наклона ε от вертикальной оси, при глубине обработки 150 мм, рисунок 3.

Сформированная рабочим органом борозда, в поперечном сечении имеет форму части эллипса с большой полуосью $a = 250$ мм и малой $b = 171$ мм. Ими также рассмотрено влияние угла наклона диска ε от вертикали на ширину формируемой борозды. Установлено, что с ростом угла наклона диска ε от вертикали происходит увеличение площади поперечного сечения борозды, следовательно, ширины борозды, формируемой дисковым рабочим органом.

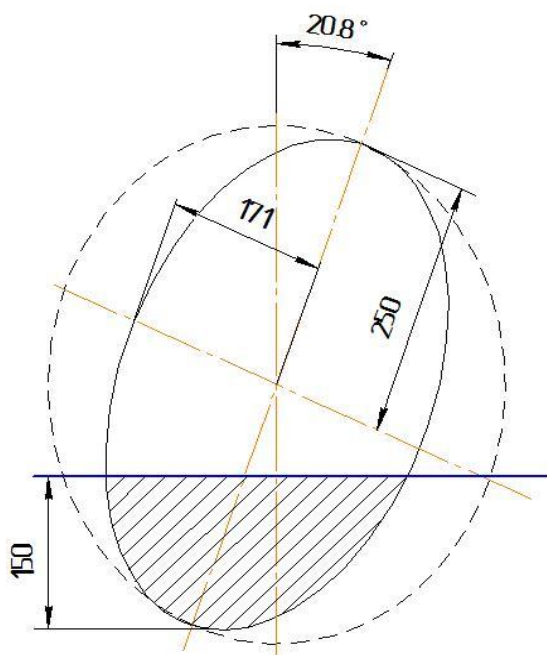


Рисунок 3 – Профиль dna борозды, формируемый дисковым рабочим органом

Теоретическими и экспериментальными исследованиями фрезерных орудий с активным приводом и борозд, формируемых их ротационными рабочими органами, занимались Г. Бернацкий, Н.Б. Бок, П.М. Василенко, И.М. Гринчук, А.Д. Далин, Ф.М. Канарев, А.С. Кушнарев, А.И. Лещанкин, Ф. С. Любимов, П.И. Макаров, Ю.И. Матяшин, И.М. Панов, Г.Н. Синеоков, Е.П. Яцук и др. [1, 16]. Ими установлено, что во время работы ротационными рабочими органами фрез, формируются гребни на дне борозды. Указанное связано с тем, что петли смежных циклоид концов Г-образных ножей пересекаются на определенной высоте от линии нижних точек циклоид, рисунок 4. Таким образом, формируемое дно борозды имеет желобообразную форму.

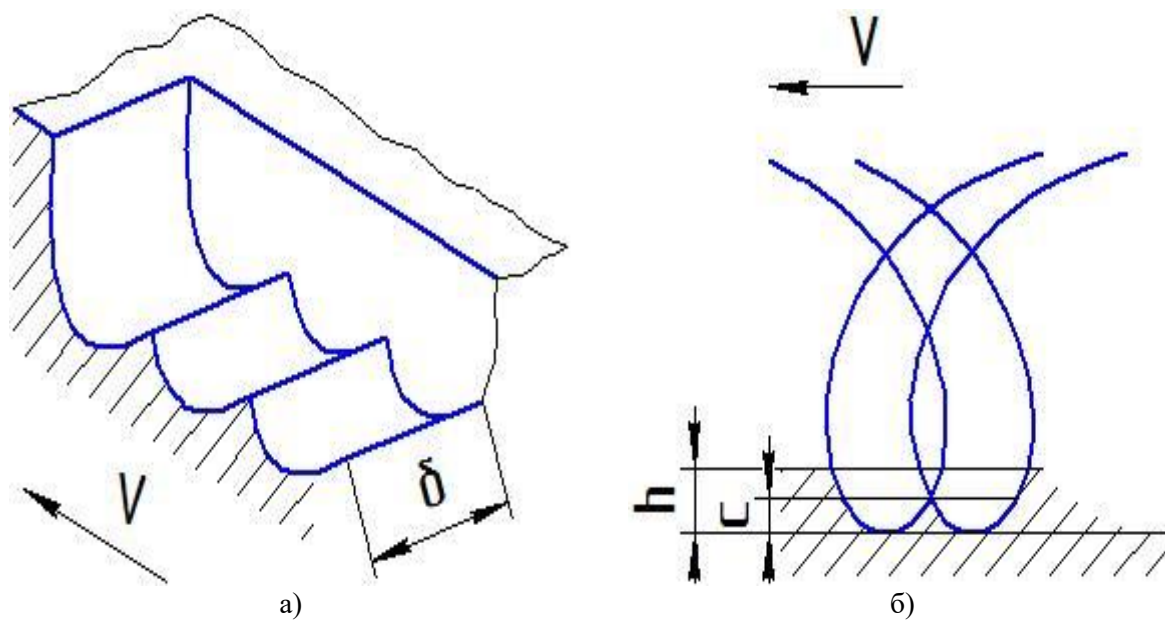
Желоб борозды имеет определенную длину δ , равную ширине захвата Г-образного ножа рабочего органа фрезы. Желоб располагается перпендикулярно направлению поступательного движения.

Высота гребня дна борозды определяется по следующей формуле:

$$c = R \left[1 - \cos \left(\frac{\pi}{z \cdot (\lambda \pm 1)} \right) \right], \quad (3)$$

где R – радиус барабана, мм; z – количество ножей на барабанае, шт; λ – кинематический параметр.

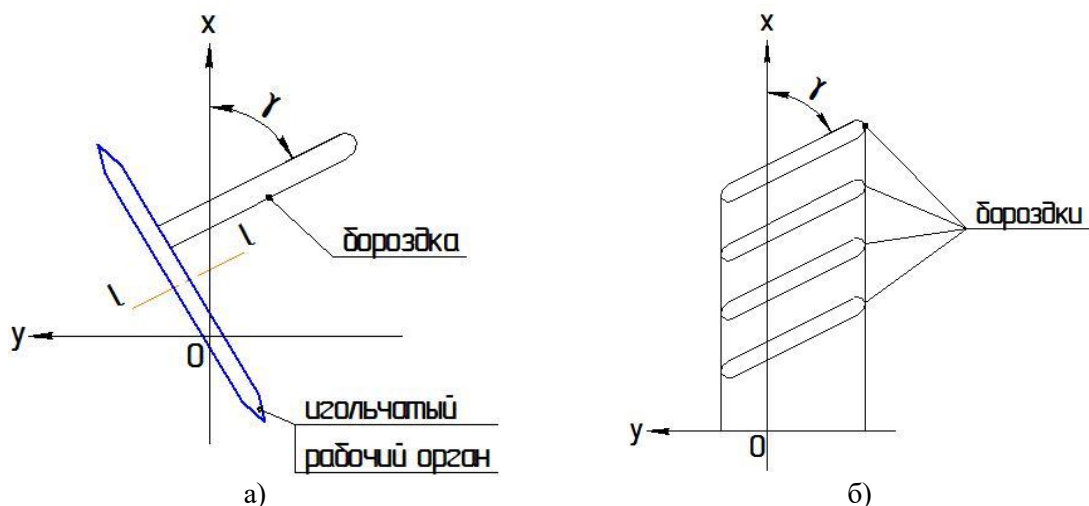
Однако, данная формула не учитывает угол атаки рабочих органов, следовательно, невозможно обосновать параметры подобных ротационных рабочих органов, в т.ч. с активным приводом.



а – общий вид; б – вид сбоку

Рисунок 4 – Гребнеобразование на дне борозды, формируемой фрезами

Игольчатый дисковый рабочий орган, установленный под острым углом атаки, образует борозду, которую имеет угол отклонения от направления поступательного движения орудия. Такая борозда имеет определенную длину и отклонена от направления поступательного движения на угол γ , рисунок 5а.



а – вид сверху, б – общий вид
Рисунок 4 – Бороздообразование игльчатым рабочим органом

А.А. Конищевым предложена аналитическое выражение для определения угла γ , характеризующий угол между направлениями поступательного движения центра диска и каждой иглы в почве, рисунок 5б:

$$\gamma = \arctg \left[\frac{\sin 2\beta \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{R-i}{R}\right)^2}}{2\mu \cdot \arccos \frac{R-i}{R}} \right], \quad (4)$$

где R – радиус диска, мм; i – глубина погружения иглы в почву, см; β – угол атаки, град; μ – коэффициент скольжения.

Однако, данная формула также не может быть применена при обосновании параметров ротационных рабочих органов с активным приводом, поскольку они не учитывают режим вращения рабочего органа.

Теоретическими исследованиями П.П. Карпуши и Н.В. Даценко установлено, что поперечное сечение бороздок, образованных каждой иглой, имеет трапециевидную форму [1, 17].

Исследованию дисковых рабочих органов с активным приводом посвящены работы М.У. Sohne, М. Hoki, Т.Н. Burkhardt, R.H. Wilkinson, M.V. Salokhe, M.S. Islam, M.J. Hann, J. Giessibl, А.П. Шехурдина, В.И. Медведева, А.П. Акимова, Ю. Ф. Казакова, Петров М.А. и других [6, 18-20]. Ими установлено, что такие рабочие органы, так же, как и дисковые рабочие органы с пассивным вращением образуют желобообразное дно борозды.

Траектория движения точки рабочего органа ротационного типа, установленного под острым углом атаки к направлению поступательного движения, описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} X = \frac{\theta \cdot R}{\lambda} + R \cdot \cos \beta \cdot \cos \theta; \\ Y = R \cdot \sin \beta \cdot \cos \theta; \\ Z = R(1 - \sin \theta), \end{cases} \quad (5)$$

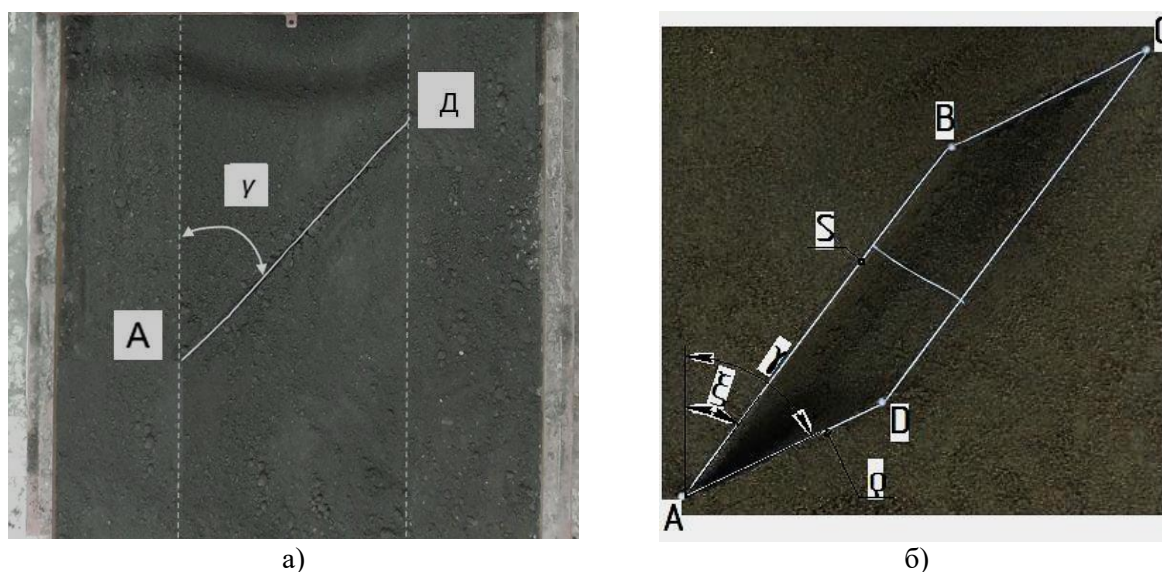
где X, Y, Z – координаты точки M рабочего органа в системе координат $OXYZ$; R – радиус рабочего органа, мм; θ – угол поворота радиус-вектора CM от горизонтальной плоскости, рад; β – угол атаки рабочего органа, град; λ – кинематический коэффициент, характеризующий режим работы.

При этом,

$$\lambda = \frac{V_0}{V}, \quad (6)$$

где V_0 – окружная скорость, рад/с; V – поступательная скорость движения, м/с;

Обсуждение. На рисунке 6 приведены виды сверху на борозды, образованные исследуемыми рабочими органами.



а) – кольцевой рабочий орган; б) – ножевой рабочий орган
Рисунок 6 – Борозды, сформированные исследуемыми рабочими органами

Кольцевой рабочий орган образует непрерывную борозду, параллельную направлению движения. При этом, линия АД является траекторией точки лезвия. Она отклоняется от направления движения на угол γ . Ножевой рабочий орган формирует борозду по форме параллелограмма ABCD. Линии AD и BC являются траекториями передней и задней точками лезвия ножа соответственно. Они также отклоняются на угол γ . Установлено, что значение данного угла увеличивается с ростом кинематического коэффициента.

Заключение. Сельскохозяйственные машины с активным приводом ротационных рабочих органов для поверхностной обработки почвы являются перспективными в современном земледелии. Однако, анализ исследований бороздообразования ротационными рабочими органами показал, что они не в полной мере раскрывают процесс бороздообразования инновационными ротационными рабочими органами с активным приводом. На основе имеющихся знаний невозможно выбрать параметры и режимы работы новых рабочих органов, обеспечивающих качественное выполнение технологического процесса поверхностной обработки почвы с минимальными затратами энергии. В этой связи, исследования процесса бороздообразования инновационными ротационными рабочими органами с активным приводом с использованием разработанной методики позволяют решить задачу по обоснованию и выбору параметров и режимов их работы, которые обеспечат образование оптимальных борозд. Последнее позволяет улучшить выровненность дна борозды и степень подрезания сорняков, и, тем самым, улучшить качество обработки почвы, а также снизить затраты энергии на обработку почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Shmidt, A.N. Justification of the operating modes of the needle disk of a new design: 4 [Текст] / A.N. Shmidt, A.A. Kem, M.S. Chekusov, M.S. Kuzmin, A.S. Soyunov // Тракторы и сельхозмашины. – 2020. – Vol. 87 – № 4. – P. 70–75.
- 2 Кравченко, Р.И. Обоснование параметров батарей орудия для поверхностной обработки почвы с активным приводом ротационных рабочих органов, режущие лезвия которых выполнены по эллиптической линии [Текст]: дис. ...доктора философии (PhD) / Р.И. Кравченко. – КГУ им.А.Байтурсынова, 2019 – 130с.
- 3 Upadhyay, G. Comparative assessment of energy requirement and tillage effectiveness of combined (active passive) and conventional offset disc harrows [Текст] / G. Upadhyay, H. Raheman // Biosystems Engineering. – 2020. – V.198. – С.266-279.
- 4 Amantayev, M. A. Investigation of the furrow formation by the disc tillage tools [Текст] / M. Amantayev, G. Gaifullin, R. Kravchenko, V. Kushnir, S. Nurushev // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2018. – Vol. 24, №4. – С. 704-709.

5 Zhang, H. Targeting optimal power consumption: Optimizing operational parameters for orchard furrowing and fertilizing machine [Текст] / H. Zhang, F. Shuai, Ch. Zixu, H. Xim, S. Linlin, S. Jingwei // Heliyon. – 2024. – Vol. 10, № 6. – С. e28068.

6 Петров, М.А. Обоснование параметров и разработка тягово-приводного орудия с комбинированными дисково-игольчатыми рабочими органами: дис. ... канд.тех. наук [Текст]: 05.20.01 / Петров Михаил Александрович. Оренбург., 2021. –169 с.

7 Setu, T. Effect of furrow irrigation systems and irrigation levels on maize agronomy and water use efficiency in Arba Minch, Southern, Ethiopia [Текст] / T. Setu, T. Legese, G. Teklie, B. Gebeyhu // Heliyon. – 2023. –Vol. 9, № 7. – С. e17833

8 Амантаев, М.А. Траектория движения кольцевого рабочего органа с активным приводом и продольной осью вращения для поверхностной обработки почвы [Текст] / М.А. Амантаев, Г.З. Гайфуллин, Т.С. Төлеміс, Р.И. Кравченко // Многопрофильный научный журнал «3i» intellect, idea, innovation – интеллект, идея, инновация. – 2022. – №3. – С.62-71

9 Кравченко, Р.И. Особенности функционирования ротационных рабочих органов с острым углом атаки к направлению движения [Текст] / Р.И. Кравченко, М.А. Амантаев, Е.А.Золотухин, Т.С. Төлеміс, А.Н. Табулденов // Многопрофильный научный журнал «3i» intellect, idea, innovation – интеллект, идея, инновация. – 2022. – №4. – С.149-157

10 Кравченк, Р.И. Топырақтың беткі қабатын өндеуге арналған белсенді жетекті бар айналмалы жұмысшы бөлікпен қарықша қалыптасуын зерттеу [Текст] / Р.И. Кравченко, М.А. Амантаев, Е.А. Золотухин, Т.С. Төлеміс // «3i» intellect, idea, innovation - интеллект, идея, инновация» көпсалалы ғылыми журналы. – 2023. – №3. – С. 71-77

11 Амантаев, М.А. Исследование процесса бороздообразования ротационными рабочими органами с активным приводом [Текст] / М.А. Амантаев, Р.И.Кравченко, Е.А.Золотухин, Т.С. Төлеміс, А.Н. Табулденов// Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2024. – Т. 18. N1. – С. 68-73.

12 Mudarisov, S.G. Modelling the technological process of tillage[Текст] / S.G. Mudarisov, I.I. Gabitov, Ya.P. Lobachevsky // Soil & Tillage Research. – 2019. – Vol. 190. – С. 70-77.

13 Жук, А.Ф. Размещение сферических дисков фронтальных борон [Текст] / А.Ф. Жук, К.А. Сохт // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2018. – N12(4). – С. 53-56

14 Upadhyay, G. Specific draft estimation model for offset disc harrows [Текст] // G. Upadhyay, H. Rahman // Soil & Tillage Research. – 2019. – Vol. 191. С. 75-84.

15 Nalavade, P.P., Development of a powered disc harrow for on-farm crop residue management [Текст] / P.P. Nalavade, P. Soni, V.M. Salokhe, T. Niyamapa // International Agricultural Engineering Journal. – 2013. – 20(1). – С.49-60

16 Ахалая, Б.Х. Комбинированный агрегат с универсальным рабочим органом для поверхностной обработки почвы [Текст] / Б.Х. Ахалая, С.И. Старовойтов Ю.С. Ценч // Техника и оборудование для села. – 2020. – N8(278). – С 8-11

17 Леонтьев, В.В. Лабораторная установка для исследования процессов бороздообразования [Текст] / Е.И. Морозова // Научно-технический вестник Поволжья.– 2017. –№ 3 – С. 209-213

18 Nalavade, P. P. Performance of free rolling and powered tillage discs [Текст] / P. Nalavade, Nalavade, V.M. Salokhe, T. Niyamapa and P. Soni // Soil and tillage research. – 2010. – 87-93. – С. 87-93

19 Panov, A. Comparative tests of ridging cultivators with active and passive working tools [Текст] / A. Panov, D. Bazarov, M. Mosyakov, S. Semichev, V. Plyaka, N. Lylin, M. Mekhedov // E3S Web Conf. – 2021. – Vol. 264. – С. 04017.

20 Patel, An Approach for Power Generation with Reduced Fuel Consumption Using PTO Driven Generator [Текст] / Patel, Manish & Raheman, Hifjur // Current World Environment. – 2016. – 11. – С. 544-553.

REFERENCES

1 Shmidt, A.N. Justification of the operating modes of the needle disk of a new design: 4 [Текст] / A.N. Shmidt, A.A. Kem, M.S. Chekusov, M.S. Kuzmin, A.S. Soyunov // Traktory i sel'hozmashiny. –2020. – Vol. 87 – № 4. – P. 70–75.

2 Kravchenko, R.I. Obosnovanie parametrov batarej orudija dlja poverhnostnoj obrabotki pochvy s aktivnym privodom rotacionnyh rabochih organov, rezhushhie lezvija kotoryh vypolneny po jellipticheskoj linii [Текст]: дис. ...доктора философии (PhD) / R.I. Kravchenko. – KGU im.A.Bajtursynova, 2019 – 130с.

3 Upadhyay, G. Comparative assessment of energy requirement and tillage effectiveness of combined (active passive) and conventional offset disc harrows [Текст] / G. Upadhyay, H. Raheman // Biosystems

Engineering. – 2020. – V.198. – C.266-279.

4 Amantayev, M. A. Investigation of the furrow formation by the disc tillage tools [Tekst] / M. Amantayev, G. Gaifullin, R. Kravchenko, V. Kushnir, S. Nurushev // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2018. – Vol. 24, №4. – C. 704-709.

5 Zhang, H. Targeting optimal power consumption: Optimizing operational parameters for orchard furrowing and fertilizing machine [Tekst] / H. Zhang, F. Shuai, Ch. Zixu, H. Xim, S. Linlin, S. Jingwei // Heliyon. – 2024. – Vol. 10, № 6. – C. e28068.

6 Petrov, M.A. Obosnovanie parametrov i razrabotka tjagovo-privodnogo orudija s kombinirovannymi diskovo-igol'chatymi rabochimi organami: dis. ... kand.teh. nauk [Tekst]: 05.20.01 / Petrov Mihail Aleksandrovich. Orenburg., 2021. –169 s.

7 Setu, T. Effect of furrow irrigation systems and irrigation levels on maize agronomy and water use efficiency in Arba Minch, Southern, Ethiopia [Tekst] / T. Setu, T. Legese, G. Teklie, B. Gebeyhu // Heliyon. – 2023. –Vol. 9, № 7. – C. e17833

8 Amantaev, M.A. Traektorija dvizhenija kol'cevogo rabocheho organa s aktivnym privodom i prodol'noj os'ju vrashhenija dlja poverhnostnoj obrabotki pochvy [Tekst] / M.A. Amantaev, G.Z. Gajfullin, T.S. Tolemis, R.I. Kravchenko // Mnogoprofil'nyj nauchnyj zhurnal «3i» intellect, idea, innovation – intellekt, ideja, innovacija. – 2022. – №3. – S.62-71

9 Kravchenko, R.I. Osobennosti funkcionirovanija rotacionnyh rabochih organov s ostrym uglom ataki k napravleniju dvizhenija [Tekst] / R.I. Kravchenko, M.A. Amantaev, E.A.Zolotuhin, T.S. Tolemis, A.N. Tabuldenov // Mnogoprofil'nyj nauchnyj zhurnal «3i» intellect, idea, innovation – intellekt, ideja, innovacija. – 2022. – №4. – S.149-157

10 Kravchenko, R.I. Топырақтың беткі қабаттың өңдеуге арналған белсенді зетекгі бар айналымы жұмысшы бөлікпен қарқынды қалыптасуын зерттеу [Tekst] / R.I. Kravchenko, M.A. Amantaev, E.A. Zolotuhin, T.S. Tolemis // «3i» intellect, idea, innovation - intellekt, ideja, innovacija» көпсалалы ғылыми журналы. – 2023. – №3. – C. 71-77

11 Amantaev, M.A. Issledovanie processa borozdoobrazovanija rotacionnymi rabochimi organami s aktivnym privodom [Tekst] / M.A. Amantaev, R.I.Kravchenko, E.A.Zolotuhin, T.S. Tolemis, A.N. Tabuldenov// Sel'skohozjajstvennyje mashiny i tehnologii. – 2024. – T. 18. N1. – S. 68-73.

12 Mudarisov, S.G. Modelling the technological process of tillage [Tekst] / S.G. Mudarisov, I.I. Gabitov, Ya.P. Lobachevsky // Soil & Tillage Research. – 2019. – Vol. 190. – C. 70-77.

13 Zhuk, A.F. Razmeshhenie sfericheskikh diskov frontal'nyh boron [Tekst] / A.F. Zhuk, K.A. Soht // Sel'skohozjajstvennyje mashiny i tehnologii. – 2018. – N12(4). – S. 53-56

14 Upadhyay, G. Specific draft estimation model for offset disc harrows [Tekst] // G. Upadhyay, H. Rahman // Soil & Tillage Research. – 2019. – Vol. 191. C. 75-84.

15 Nalavade, P.P., Development of a powered disc harrow for on-farm crop residue management [Tekst] / P.P. Nalavade, P. Soni, V.M. Salokhe, T. Niyamapa // International Agricultural Engineering Journal. – 2013. – 20(1). – C.49-60

16 Ahalaja, B.H. Kombinirovannyj agregat s universal'nym rabochim organom dlja poverhnostnoj obrabotki pochvy [Tekst] / B.H. Ahalaja, S.I. Starovojtov Ju.S. Cench // Tehnika i oborudovanie dlja sela. – 2020. – N8(278). – S 8-11

17 Leont'ev, V.V. Laboratornaja ustanovka dlja issledovanija processov borozdoobrazovanija [Tekst] / E.I. Morozova // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja. – 2017. – № 3 – S. 209-213

18 Nalavade, P. P. Performance of free rolling and powered tillage discs [Tekst] / P. Nalavade, V.M. Salokhe, T. Niyamapa and P. Soni // Soil and tillage research. – 2010. – 87-93. – C. 87-93

19 Panov, A. Comparative tests of ridging cultivators with active and passive working tools [Tekst] / A. Panov, D. Bazarov, M. Mosyakov, S. Semichev, V. Plyaka, N. Lylin, M. Mekhedov // E3S Web Conf. – 2021. – Vol. 264. – C. 04017.

20 Patel, An Approach for Power Generation with Reduced Fuel Consumption Using PTO Driven Generator [Tekst] / Patel, Manish & Raheman, Hifjur // Current World Environment. – 2016. – 11. – C. 544-553.

ТҮЙІН

Топырақты ротациялық жұмыс органдарымен өңдеу әртүрлі формадағы және параметрлердегі жыралардың пайда болуына әкеледі, бұл жұмыс органдарының түрі, олардың параметрлері және жұмыс режимдеріне байланысты, ал олар өз кезегінде топырақ өңдеудің сапасы мен процестің энергия сыйымдылығына әсер етеді. Осыған байланысты ротациялық жұмыс органдарының белсенді жетегі

бар топырақ өңдеу машиналары болашағы зор болып табылады. Бұл мақала топырақты беткі өңдеуге арналған белсенді жетегі бар инновациялық ротациялық жұмыс органдарын әзірлеу барысындағы жыралар қалыптасу процесін зерттеуге арналған. Зерттеудің мақсаты – жыралардың қалыптасу заңдылықтарын зерттеу негізінде белсенді жетегі бар инновациялық ротациялық жұмыс органдарын әзірлеу. Солтүстік Қазақстанда топырақты беткі өңдеуде кеңінен қолданылатын ротациялық жұмыс органдарының жыралар қалыптасу процесін зерттеу жұмыстарының талдауы жүргізілді. Бұл жұмыс органдарының технологиялық процестері қарастырылып, технологиялық процестің сапалы орындалуы критерийі бойынша олардың артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды. Топырақ өңдеу сапасын арттыру үшін белсенді жетегі бар инновациялық ротациялық жұмыс органдары ұсынылды. Жаңадан әзірленген жұмыс органдарымен жыралар қалыптасу бойынша эксперименттік зерттеулер топырақ арнасында жүргізілді. Шабуыл бұрышы 90 градусқа тең болды, ал кинематикалық коэффициент 0,6-дан 1,4-ке дейін өзгертілді. Эксперимент нәтижелері математикалық статистика әдісімен өңделді. Зерттеу нәтижелері бойынша алынған деректер оңтайлы жыралар қалыптастыруды қамтамасыз ететін параметрлер мен жұмыс режимдерін негіздеу және таңдау міндетін шешуге мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде жыра түбінің тегістігін және арамшөптерді кесу дәрежесін жақсартып, топырақ өңдеу сапасын арттырады және топырақ өңдеу кезіндегі энергия шығындарын азайтады.