

2. *Dentsov Mikhael Nikolaevich*, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Chair "Mechanization of Livestock and Electrification of Agriculture", Phone:(8-831) 466-07-13, 8-950-615-81-26, e-mail: maikl71988@mail.ru;

3. *Tyulnev Alexander Vladimirovich*, Postgraduate Student of the Chair "Mechanization of livestock and Electrification of Agriculture", Phone: 8-952-457-41-87, e-mail: taw220@mail.ru.

УДК 631.317

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИНТОВЫХ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВЕННЫХ ФРЕЗ

Ю.Ф. Казаков

*Чувашская государственная сельскохозяйственная академия
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. Наряду с неоспоримыми достоинствами ротационных почвообрабатывающих рабочих органов им присущ и ряд недостатков, основным из которых являются высокие удельные энергозатраты. В статье рассмотрены конструктивно-технологические направления уменьшения энергетических затрат почвенных фрез путем оснащения их винтовыми рабочими элементами переменной кривизны. Вогнутая форма поверхности рабочего элемента по ходу пласта превращается в выпуклую. При этом сжатие стружки в продольном направлении (вдоль параллели) сочетается с растяжением в поперечном направлении (вдоль меридиана). Предложено рабочую поверхность неплюсской лопасти формировать за счет непрерывного изменения угла наклона производящей, а также аксиальных шагов направляющих винтовых линий. В качестве производящей использован отрезок плоской кривой. Поверхность лопасти условно разделена на участки, отличающиеся характером воздействия на почву. Закономерность изменения кривизны поверхностей на этих секторах определяется функциональным назначением рабочих органов. Вдоль основного лезвия эллиптической квадрантной лопасти выделены участки врезания, крошения, рыхления, а вдоль радиального лезвия стойки – полосы подрезания и отрыва стружки со дна борозды, предназначенные преимущественно для поворота стружки, а также транспортировки разрыхленной почвы. Дано обоснование углов обхвата стружки, скорости и направления изменения радиального и аксиального шагов соосных винтовых линий. Представлены графики изменения винтовых параметров винтовых линий, полученных сечением винтовой поверхности лопасти круговыми соосными цилиндрами разных диаметров. Они применяются для конструирования почвообрабатывающих рабочих органов с учетом их целевого назначения: для сплошной обработки почвы, при этом вынос почвы из борозды ограничен, для нарезания борозд, в частности, используемого в качестве активного предплужника, для вскрытия борозды сеялок прямого посева, в качестве рабочего органа для нарезания гребней и междурядной обработки. Для характерных участков поверхности лопасти приведены следы пересечения плоскостями, перпендикулярными плоскости вращения малой полуоси. Утверждается, что оснащение ротационных почвообрабатывающих рабочих органов элементами в виде винтовых поверхностей с переменной шагом способствует расширению их функциональных возможностей. Это позволило снизить энергозатраты при нарезке гребней для посадки картофеля и при окулировке на 17-20 % по сравнению с орудием с пассивными дисковыми окучниками.

Ключевые слова: винтовые рабочие элементы; обоснование параметров; почвенные фрезы; угол обхвата пласта; удельные энергетические затраты.

Введение. Изучению ротационных почвообрабатывающих рабочих органов посвящено значительное количество научных работ различных авторов [8,9,10,12,13,15,17]. Установлено, что снижение энергозатрат при обработке почв ротационными рабочими органами может быть достигнуто растянутым во времени процессом входа в почву отдельных участков рабочего элемента (ножа или лопасти), уменьшением потерь мощности на отбрасывание стружек, малым углом резания в начале входа лопасти в пласт и плавным увеличением его величины по мере движения пласта по поверхности клина, изменением характера напряженно-деформированного состояния в стружке по мере воздействия на нее последующих участков лопасти [3, 4, 8, 11, 17]. Установлено, что векторы реакции смежных участков клина должны пересекаться на дневной поверхности почвы или близко к ней [5, 16]. Это возможно, если клин криволинейный, с переменной вогнутостью. Известно, что материал, предварительно подвергшийся сжатию, легче разрушается при растяжении [8]. Для реализации этого эффекта вогнутая форма поверхности рабочего органа по ходу пласта должна перейти в выпуклую. При этом желательнее сжатие в продольном направлении совмещать с растяжением в поперечном направлении [5]. Но в проанализированных научных работах отсутствуют методики обоснования параметров конструкции неплюсских рабочих элементов почвенных фрез, установления пределов изменения их технологических параметров.

Цель и задачи исследования. Целью статьи является обоснование конструктивно-технологических параметров винтовых рабочих элементов почвенных фрез.

Задача исследования:

– обоснование формы отдельных секторов неплюсской лопасти,

- обоснование диапазона изменения углов обхвата стружки (пласта);
- обоснование скорости и направления изменения радиального и аксиального шагов соосных винтовых линий.

Материалы и методы исследования. Эксперименты, проведенные в ВИСХОМе [2], показали, что при длине основания клина L , дважды превышающей высоту подъема пласта по клину, точка перехода от вогнутого к выпуклому участку на поверхности клина должна находиться на расстоянии $L_n = (0,55 \div 0,64) L$. Если рассматривать пласт, имеющий трещины, как систему слитных частиц, то для качественного крошения необходимо, чтобы последующие участки рабочей поверхности возбуждали в нем реакции, направленные под углом $\chi = 45^\circ - \varphi/2$, где φ – угол внутреннего трения почвы.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что рабочий элемент лопастного рабочего органа должен быть винтообразным. Проведенный нами анализ методов проектирования и способов изготовления поверхностей, характеризующихся переменной кривизной [7, 10, 12, 14], показал, что они в качестве профильной должны иметь кривую, описываемую полиномом вида [6, 11]:

$$b = b_{\max} \left[1 + C_2 \left(\frac{\varphi_k}{\varphi_{po}} \right)^2 + C_p \left(\frac{\varphi_k}{\varphi_{po}} \right)^p + C_q \left(\frac{\varphi_k}{\varphi_{po}} \right)^q + C_r \left(\frac{\varphi_k}{\varphi_{po}} \right)^r + C_s \left(\frac{\varphi_k}{\varphi_{po}} \right)^s \right]$$

Здесь φ_{po} – продолжительность взаимодействия лопасти со стружкой; φ_k – текущий угол, b , b_{\max} – текущая и наибольшая ординаты (рис.1).

Постоянные коэффициенты C_2 , C_p , C_q , C_r , C_s определяются через параметры p , q , r , s , выбираемые по закону арифметической прогрессии с разностью $(p-2)$. При больших p участки лопасти интенсивно действуют на стружку, при этом возрастает максимальная величина положительных ускорений, которая приводит к росту инерционной составляющей реакции почвы. Поэтому для быстроходных лопастных ротационных почвообрабатывающих рабочих органов следует выбирать $p = 6$ или 8 , а для тихоходных – $p = 12$ или 14 .

Криволинейная однополосная лопасть в виде боковой поверхности эллиптического конуса, обеспечивающая постепенное нарастание сжатия и плавное растяжение пласта, может быть получена как поверхность с тремя направляющими. Эти направляющие: две – соосные винтовые линии, а третья – ось винтовых линий или образующая кругового или эллиптического цилиндра, с которой пересекается или по которой скользит производящая – отрезок прямой.

Поверхность лопасти для формирования знакопеременного напряжения во взаимно перпендикулярных плоскостях может быть получена сочетанием трех однополосных лопастей. При этом углы наклона производящей и аксиальные шаги направляющих винтовых линий различны для каждой пары винтовых линий. Такая поверхность формируется при использовании в качестве производящей отрезка кривой, в частности, синусоиды, параболы второй или третьей степени, кривой Алымова [4, 14].

Разделим эту рабочую поверхность (лопасть) условно на секторы (участки), отличающиеся характером воздействия на почву. Закономерность изменения кривизны поверхностей на этих секторах определяется функциональным назначением рабочих органов.

Результаты исследования и их обсуждение. Рабочую поверхность, характеризующуюся чередованием вогнутого и выпуклого участков лопасти вдоль параллели и меридиану (рис. 1), разделим на следующие функциональные части:

1. вдоль параллели (основного лезвия) – участки врезания (AC_1), крошения (C_1D_1), рыхления (D_1E_1);
2. вдоль меридиана (вдоль лезвия стойки) – полоса 1 – подрезания и отрыва стружки со дна борозды, полоса 2 – преимущественно для поворота стружки, полоса 3 – транспортировки разрыхленной почвы.

На первом участке вдоль параллели рабочая поверхность лопасти должна задать исходную форму боковой поверхности стружки, например, в плоскости вращения малой полуоси квадрантной пластины эллипса. На следующем участке нарушится целостность пласта, в стружке появятся трещины, будет наблюдаться интенсивное отклонение стружки от плоскости вращения малой полуоси лопасти; на третьем участке продолжится дополнительное крошение стружки (пласта) при более интенсивном увеличении ее порозности.

На начальном участке вдоль меридиана происходит подрезание пласта снизу (вдоль циклоиды), формируется дно борозды. Второй участок сообщает пласту (стружке) импульс для его поворота вдоль оси, параллельной вектору поступательной скорости рабочего органа. Это характерно для рабочих органов, имеющих малое относительное заглубление. Его назначение – реализовать одновременное знакопеременное (во взаимно перпендикулярных плоскостях) воздействие на стружку с целью реализации эффекта Баушингера. Этот вариант рекомендуется для рабочих органов, работающих преимущественно с высоким относительным заглублением. Третий участок играет определяющую роль в регулировании полноты выноса почвы из борозды и может иметь различное конструктивное исполнение: отвальное, безотвальное, в частности, выполненное из прутков.

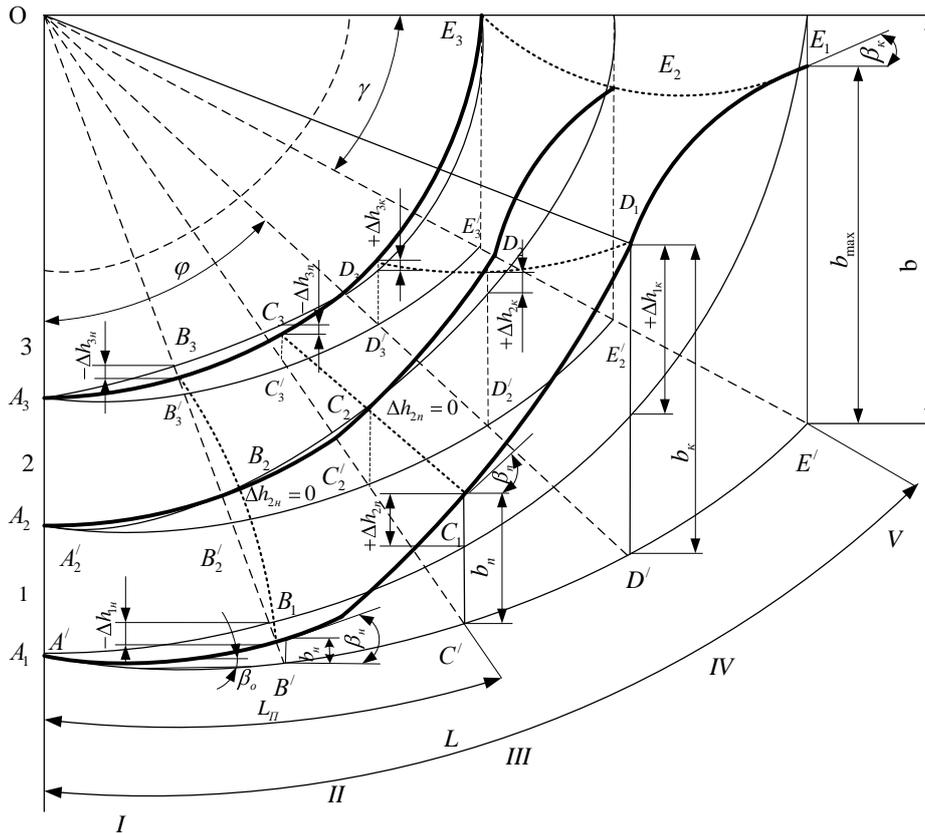


Рис. 1. Лопасть с переменной формой продольного и поперечного профилей

Функциональными параметрами продольного S -образного профиля являются (рис.1):

- винтовые параметры - углы наклона касательной на носке β_0 , (I зона) в начальной точке профиля β_n (зона II), в точке перегиба профиля β_n , (зона III), в конечной точке β_k (зона IV);
- отношение расстояния конечной точки профиля от плоскости вращения малой полуоси (b_k) к длине профиля (L) по горизонтали;
- отношение расстояния точки перегиба от начальной точки профиля L_n к длине профиля L ;
- отношение расстояния средней точки b_n (точки перегиба) профиля к высоте профиля b_{max} .

Параметр β_0 в значительной степени определяет энергоёмкость процесса рыхления. От него зависит также минимальный задний угол рыхлительного элемента и рабочего органа в целом. Задний угол, в свою очередь, определяет способность заглубления рабочего органа в почву и стабильность вертикальной стенки борозды.

Разница параметров $\beta_0 - \beta_n$ задает интенсивность крошения стружки почвы и влияет на конечную степень крошения.

Разница параметров $\beta_n - \beta_k$ определяет степень растяжения стружки под действием этого участка продольного профиля.

Параметр β_k предопределяет направление схода стружки с рабочей поверхности и в определенной мере задает форму конечного участка лопасти.

Названные соотношения зависят от агротехнических требований на ту или иную технологическую операцию от назначения рабочего органа, его ширины захвата и требуемой степени крошения стружки, разрыхления пласта.

К функциональным параметрам также относятся (рис. 2): $\Delta h_n/b_n$ - отношение разницы высот средней и крайних (нижней и верхней по глубине) полос в начальном сечении к ширине полосы лопасти, находящейся в почве; $\Delta h_n/b_n$ - отношение разницы высот средней и крайних полос центральной части лопасти к ширине полосы лопасти, находящейся в почве; $\Delta h_k/b_k$ - отношение разницы высот средней и крайних полос хвостовой части лопасти к ширине полосы лопасти, находящейся в почве.

Отношение $\Delta h_n/b_n$ определяется углом охвата ω стружки на начальном этапе внедрения лопасти в почву. Для получения ровной стенки борозды, например, для ротационного предплужника, бороздообразователя, желательна $-\Delta h_n/b_n=0$, а для междурядной обработки, когда требуется максимальная ширина зоны деформации, угол охвата должен составить $\omega=2\varphi$ (рис. 2в), где φ - угол трения.

Отношение $\Delta h_k/b_k$ диктуется агротехническими требованиями на выполнение различных операций, так как оно определяет возможность и полноту выноса почвы из борозды, направление и дальность полета отбрасываемой почвы.

Δh – разница расстояний точек плоской лопасти (на рис. 1 поверхность OA^1E_1O) и неплоской лопасти (поверхность OA_1E_1O , включающая в себя кривые $A_3B_3C_3D_3E_3$, $A_2B_2C_2D_2E_2$, $A_1B_1C_1D_1E_1$) от плоскости OA^1E^1 ;

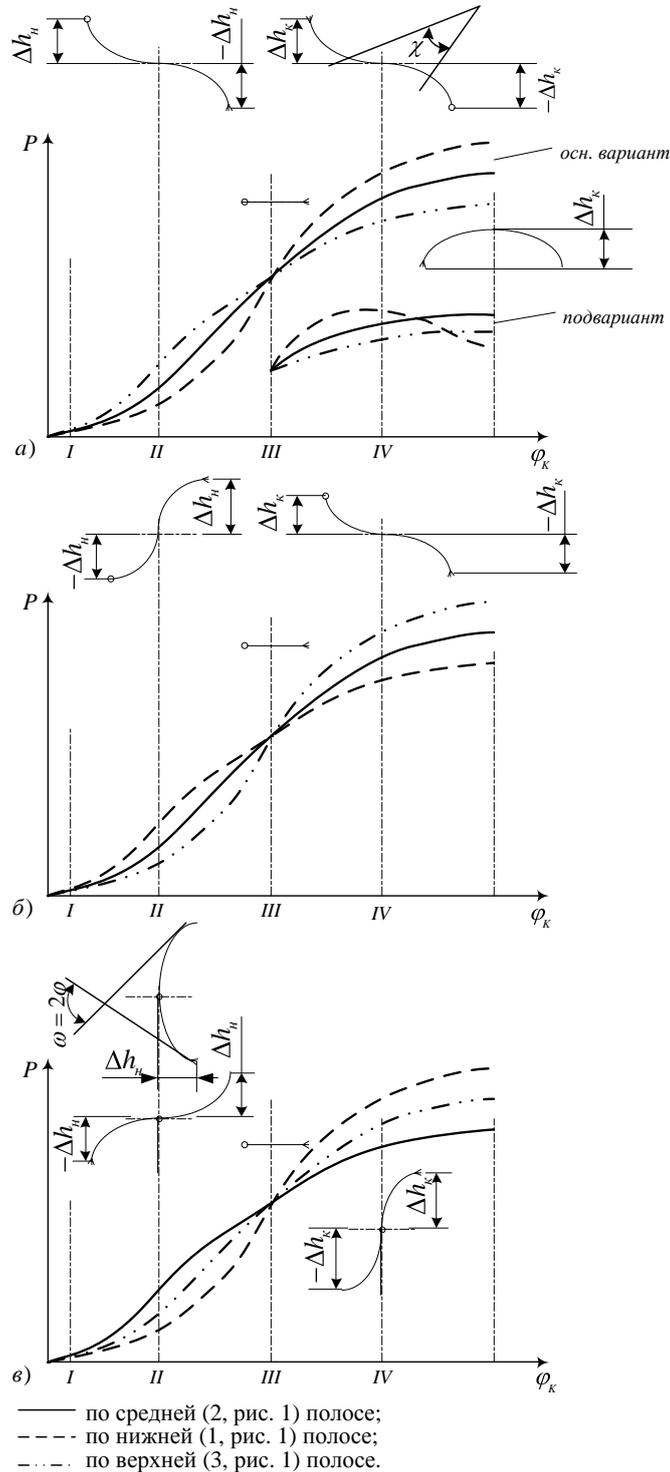


Рис. 2. Изменение винтового параметра неплоской лопасти в зависимости от положения

Δh_H , Δh_{II} , Δh_K - разница этих расстояний вдоль лучей OB^1 , OC^1 , OD^1 , представляющих среднюю зону носка лопасти, участок перегиба и среднюю часть конечной (хвостовой) зоны соответственно, то есть вдоль параллелей $A_1B_1C_1D_1E_1$, $A_2B_2C_2D_2E_2$, $A_3B_3C_3D_3E_3$.

У почвенных фрез с винтовыми рабочими элементами (рабочий орган для образования бороздок при прямом посеве, активный предплужник плуга, гребнеобразователь) для участков лопасти, расположенных по обе стороны от точки перегиба, $\Delta h/b=0,13-0,4$ [1, 2, 7].

Переменное напряженно-деформированное состояние в пласте создается последовательным

воздействием участков, имеющих переменную кривизну как по ходу, так и поперек хода стружки.

Изменением скорости движения производящей вдоль оси винта, а также угла наклона производящей к этой оси (последнее достигается соответствующим изменением винтовых параметров винтовых линий) задаем закономерности изменения знаков и скорости изменения кривизны как по параллели, так и по меридиану. Полученная поверхность представляет собой сектор закрытой винтовой поверхности постоянного или переменного шагов. При использовании в качестве третьей направляющей образующую соосного винтовым линиям цилиндра (кругового, эллиптического и др.) получим поверхность, представляющую собой открытую винтовую поверхность переменного или постоянного шага.

На рис. 2 приведены графики изменения винтовых параметров винтовых линий – границ полос многополосной лопасти, полученных сечением винтовой поверхности лопасти круговыми соосными цилиндрами разных диаметров. Они соответствуют случаям: рабочий орган для сплошной обработки почвы (рис. 2а), при этом вынос почвы из борозды ограничен; для образования борозд (активный предплужник, бороздовскрыватель) (рис. 2б), для нарезания гребней и междурядной обработки (рис. 2в). Для характерных участков лопасти приведены следы пересечения плоскостями, перпендикулярными плоскости вращения малой полуоси.

Графики возможных сочетаний изменения винтового параметра – отношения скоростей поступательного и вращательного движений образующей винтовой поверхности внутренней p_1 , (малого диаметра) и наружной p_2 (большого диаметра) винтовых линий представлены на рис. 3.

Преимущественно вынос из борозды будет достигнут при соотношении $p_1 > p_2$ (рис. 3, а). При соотношении $p_1 < p_2$ (рис. 3, б) лопасть будет отваливать пласт (стружку) с поворотом вокруг оси пласта, параллельной вектору поступательной скорости орудия. Если винтовой параметр внутренней винтовой линии незначительно превышает аналогичный показатель наружной винтовой линии, то можно добиться умеренного выноса почвы. Это рекомендуется для рабочих органов, нарезающих борозды в дернине с целью омоложения травостоя и активизации органических веществ для последующего высева в них семян трав и заделки минеральных удобрений [11, 16]. При проектировании гребнеобразователя, а также рабочего органа для междурядной обработки картофеля желательна реализация этого соотношения.

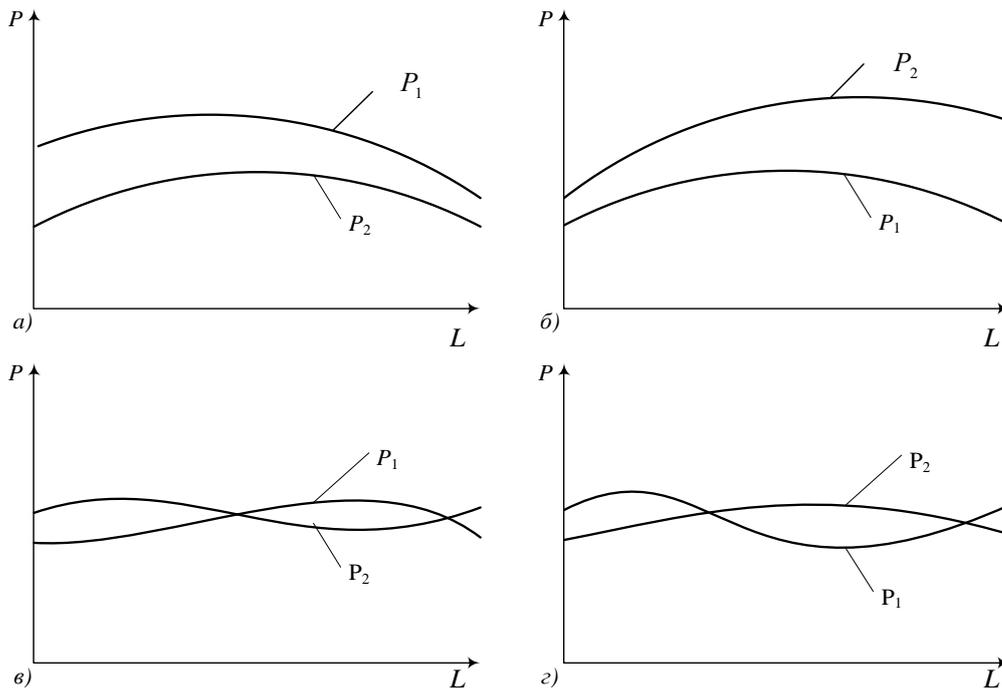


Рис. 3. Изменение параметров винтовых линий

Изменение соотношения $p_1 > p_2$ на $p_1 < p_2$ и обратно вдоль лопасти по ходу пласта (рис. 3, в; 3, г) призвано формировать знакопеременное напряженно-деформированное состояние в пласте, тем самым способствовать снижению энергосатрат на обработку почвы [4]. Изменение скорости движения производящей линии по оси винтовых линий или вдоль образующей цилиндра в случае открытой винтовой поверхности позволяет спроектировать лопасть, характеризующуюся переменной интенсивностью воздействия разных участков на почву, обеспечивающую укладку почвы на стенку нарезаемого гребня, не допуская заваливания окуливаемых растений.

Выводы

Таким образом, оснащение ротационных почвообрабатывающих рабочих органов рабочими элементами в виде винтовых поверхностей с переменным шагом способствует расширению их функциональных возможностей [11]. Использование таких рабочих органов позволило бы на 17-20 % снизить удельные

энергозатраты на нарезку гребней для посадки картофеля и окучивание их по сравнению с орудием с дисковыми окучками [16].

Литература

1. Ветохин, В. И. Обоснование формы и параметров рыхлительных рабочих органов с целью снижения энергозатрат на обработку почвы: дис. . . канд. техн. наук. / В. И. Ветохин – М, 1992. – 232 с.
2. Ветохин, В. И. Проектирование рыхлителей почвы на основе метода отображения рациональных деформаций пласта / В. И. Ветохин // Тракторы и сельхозмашины. – 1994. – № 1. – С. 24-29.
3. Виноградов, В. И. Влияние скорости на величину нормальных и касательных сил, действующих на поверхности плоского клина / В. И. Виноградов, М. Д. Подскребко // Повышение рабочих скоростей тракторов и сельскохозяйственных машин. – М.: ЦИНТИАМ, 1963. – С. 15-21.
4. Казаков, Ю. Ф. К вопросу проектирования неплоских лопастей ротационных почвообрабатывающих рабочих органов / Ю. Ф. Казаков // Совершенствование технологий и средств механизации и технического обслуживания в АПК: сборник научных трудов Международной научно – практической конференции, посвященной 75-летию проф. В.И. Медведева. –Чебоксары, 2003. – С. 308-317.
5. Казаков, Ю. Ф. Анализ работы лопастных почвообрабатывающих рабочих органов на основе годографа скоростей / Ю. Ф. Казаков // Вестник КрасГАУ. – 2005. – № 7. – С.179-183.
6. Казаков, Ю. Ф. Обоснование почвообрабатывающих рабочих органов с винтовой поверхностью / Ю. Ф. Казаков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. – № 1. – С. 8-9.
7. Канарев, Ф. М. Методика оценки рабочих органов почвообрабатывающих машин / Ф. М. Канарев // Доклады ВАСХНИЛ. – 1983. – № 5. – С.38-39.
8. Канарев, Ф. М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия / Ф. М. Канарев. – М.: Машиностроение, 1983. – 142 с.
9. Кормщиков, А. Д. Техника и технологии для склоновых земель. Теория, технологический расчет, развитие / А. Д. Кормщиков. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2003. – 298 с.
10. Матяшин, Ю.И. Расчет и проектирование ротационных почвообрабатывающих машин / Ю.И. Матяшин, К. М. Гринчук, Г. М. Егоров. – М.: Агропромиздат, 1988. – 176 с.
11. Медведев, В. И. Типоразмерный ряд ротационных рабочих органов с эллиптическими рабочими элементами / В. И. Медведев, Ю. Ф. Казаков, С. Б. Андреев // Совершенствование конструкции, теории и расчета тракторов, автомобилей и двигателей внутреннего сгорания: сборник трудов юбилейной XV региональной научно - практической конференции вузов Поволжья и Предуралья. – Киров: ФГОУ ВПО Вятская ГСХА, 2004. – С. 250-253.
12. Лещанкин, А. И. Теоретические основы ротационных почвообрабатывающих рабочих органов с винтовыми поверхностями / А. И. Лещанкин. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1986. – 207 с.
13. Лещанкин, А.И. Проектирование ротационных почвообрабатывающих рабочих органов / А. И. Лещанкин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1989. – 92 с.
14. Люкшин, В. С. Теория винтовых поверхностей в проектировании режущих инструментов / В. С. Люкшин. – М.: Машиностроение, 1968. – 372 с.
15. Панов, И. М. Развитие ротационных почвообрабатывающих машин / И. М. Панов, А. И. Панов // Тракторы и сельхозмашины. – 1998. – № 12.– С. 2-5.
16. Пат. 2410859. Российская Федерация. Сеялка полосного сева / Казаков Ю. Ф., Петров А. П., Иванов В. Н., Агеносова Т. Ю.; заявл. 23.03.09; опубл. 10.02.11., Бюл. № 4. – 6 с.
17. Чаткин, М. Н. Кинематика и динамика ротационных почвообрабатывающих рабочих органов с винтовыми элементами: монография / М. Н. Чаткин. – Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2008. – 314 с.

Сведения об авторе

Казаков Юрий Федорович, доктор технических наук, профессор кафедры «Транспортно-технологические машины и комплексы», Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: ura.kazakov@mail.ru, тел. 8-903-359-66-75 .

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF THE SCREW WORKING ELEMENTS OF SOIL CUTTERS

Yu. F. Kazakov,
Chuvash State Agricultural Academy
428003, Cheboksary, Russian Federation

Abstract. Along with the indisputable advantages of rotary tillage working bodies inherent some disadvantages, the main of them is the high specific energy consumption. The article considers structural and technological trends of energy consumption of decrease soil milling cutters by equipping them with screw working elements of variable curvature. The concave shape of the surface of the working element in the course of formation passes into the convex. The compression chip in the longitudinal direction (along the parallel) combined with the stretching in the transverse direction (along the Meridian). The proposed working surface of non-planar blades to form due to a continuous change

in the tilt angle which produces, as well as axial steps of the guide screw lines. As producing used a segment of a plane curve. The surface of the blade is divided into sections of differing impact on the soil. The regularity of change of curvature of the surfaces in these sectors is determined by the functional purpose of the working bodies. Along the main blade of elliptic quadrant of the blade the lots of cutting, chopping, loosening, and along the radial blade rack – strip cutting and separation of the chips from the bottom of the sulcus, mainly to rotate the chips, as well as the transport of loosened soil. The substantiation of the corners of the circumference of the chip, the speed and direction of change of the radial and axial steps coaxial helix is given. Graphs of changes of the helical parameters helical lines derived from a cross section of a screw surface of a blade of a circular coaxial cylinders of different diameters were obtained. They are used for constructing the working bodies based on their designated purpose: for the continuous processing of the soil, the outflow of the soil from the furrow is restricted to the furrows, in particular, as the active Coulter, furrow opener seed drills for direct seeding; working body for cutting the ridges and inter-row cultivation. For typical sections of the blade shows traces of intersection of planes perpendicular to the rotation plane minor radius. It is alleged that the vehicle rotational soil-cultivating working bodies by working elements in the form of spiral surfaces with variable pitch contributes to the expansion of their functionality. It is possible to reduce the energy consumption during the cutting ridges for planting potatoes and hilling on 17...20% in comparison with an instrument with a passive disk Hillers.

Key words: *spiral work items; justification of the parameters; soil cutter; the angle of wrap of the reservoir; the specific energy consumption.*

References

1. Vetokhin, V.I. Justification of a form and parameters of break operating parts for the purpose of decrease in energy costs on processing of the soil: yew ... Cand.Tech.Sci. / V.I. Vetokhin – M, 1992. – 232 pages.
2. Vetokhin, V.I. Design of rippers of the soil on the basis of a method of display of rational deformations of layer / V.I. Vetokhin//Tractors and the agricultural machinery. – 1994. – No. 1. – Pp 24-29.
3. Vinogradov, V.I. Influence of speed on the size of the normal and tangent forces operating on a surface of a flat wedge / V.I. Vinogradov, M.D. Podskrebko//Increase in operating rates of tractors and farm vehicles. – M.: TsINTIAM,1963. – Pp 15-21.
4. Kazakov, Yu. F. To the question of design of nonplanar blades of rotational soil-cultivating operating parts / Yu. F. Kazakov//Improvement of technologies and means of mechanization and technical maintenance in agrarian and industrial complex: the collection of scientific works International scientific – the practical conference devoted to the 75 anniversary of prof. V.I. Medvedev. – Cheboksary, 2003. – Pp. 308-317.
5. Kazakov, Yu. F. The analysis of work of bladed soil-cultivating operating parts on the basis of the hodograph of speeds / Yu.F. Kazakov//the Messenger of KRASGAU. – 2005. – No. 7. – Pp 179-183.
6. Kazakov, Yu. F. Justification of soil-cultivating operating parts with a screw surface / Yu.F. Kazakov//Mechanization and electrification of agriculture. – 2005. – No. 1. – Pp. 8-9.
7. Kanarev, F.M. Methods of assessment of operating parts of tillage machines / F.M. Kanarev//Reports of VASHNIL. – 1983. – No. 5. – Pp 38-39.
8. Kanarev, F. M. Rotational tillage machines and tools / F.M. Kanarev. – M.: Mechanical engineering, 1983. – 142 p.
9. Kormshchikov, A.D. Technics and technologies for slope lands. Theory, technology calculation, development / A.D. Kormshchikov. – Mineral tars: NIISH of the Northeast, 2003. – 298 p.
10. Matyashin, Yu.I. Calculation and design of rotational tillage machines / Yu.I. Matyashin, K.M. Grinchuk, G.M. Egorov. – M.: Agropromizdat, 1988. – 176 p.
11. Medvedev, V.I. Type and size of group of rotational operating parts with elliptic working elements / V.I. Medvedev, Yu.F. Kazakov, S.B. Andreyev//Improvement of a design, the theory and calculation of tractors, cars and internal combustion engines: the collection of works of anniversary XV regional it is scientific - a practical conference of higher education institutions of the Volga region and the Pre-Urals. – Mineral tars: VPO Vyatskaya SAA FSEI, 2004. – Pp 250-253.
12. Leshchankin, A. I. Theoretical bases of rotational soil-cultivating operating parts with screw surfaces / A.I. Leshchankin. – Saratov: Saratov publishing house university,, 1986. – 207 p.
13. Leshchankin, A.I. Design of rotational soil-cultivating operating parts / A.I. Leshchankin. – Saransk: Mordov publishing house of university, 1989. – 92 p.
14. Lyukshin, V. S. The theory of screw surfaces in design of cutting tools / V.S. Lyukshin. – M.: Mechanical engineering, 1968. – 372 p.
15. Panov, I. M. Development of rotational tillage machines / I.M. Panov, A.I. Panov//Tractors and agricultural machinery. – 1998. – No. 12. – Pp 2-5.

Information about author

Kazakov Yury Fedorovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Department "Transport and technological machines and systems", Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marks str., 29; e-mail: ura.kazakov@mail.ru, tel. 8-903-359-66-75.