

УДК 631.51

05.00.00 Технические науки

РОТАЦИОННЫЙ ПЛУГ

Федоров Денис Игоревич
кандидат технических наук, Доцент кафедры
транспортно-технологических машин

SPIN-код: 7393-5447

E-mail: diniosii@mail.ru

Чегулов Василий Владимирович
кандидат технических наук, доцент, Заместитель
директора института
SPIN-код: 6728-6510
E-mail: nauka@polytech21.ru
*Чебоксарский институт (филиал) Московского
политехнического университета, Россия, Чебоксары, 428000, ул. К. Маркса, 54*

Федорова Ирина Валерьевна
Исполняющая обязанности заведующего детским
садом
E-mail: diniosii@mail.ru
*МБДОУ «Детский сад №76 «Здоровейка», Россия,
Чебоксары, 428029, ул. Ленинского Комсомола, 20а*

Одной из энергоемких операций сельскохозяйственного производства является вспашка почвы лемешно-отвальными плугами. Поэтому поиск энергосберегающих технологий и почвообрабатывающих агрегатов – актуальная задача. Одним из эффективных путей снижения энергоемкости процесса основной обработки почвы является применение ротационных плугов (рыхлителей) на базе ротационных рабочих органов в виде эллиптических лопастей, у которых горизонтальные составляющие реакций почвы направлены в сторону движения агрегата, и, таким образом, помимо выполнения технологического процесса выполняют еще и функции движителей. В частности, нами предлагается разработка ротационного рыхлителя на базе рабочих органов-движителей (РОД) с эллиптическими лопастями, изменяя конструктивные параметры которых возможно создание орудий различного функционального назначения. Применение такого рода рабочих органов на базе ротационных плугов (рыхлителей) позволит снизить энергоемкость процесса основной обработки почвы, особенно на участках ограниченных межевыми границами в форме изгородей или деревьев, так как использование тракторов с лемешно-отвальными плугами для основной обработки почвы затруднено, и во многих случаях эти участки

UDC 631.51

Technical sciences

A ROTARY CULTIVATOR

Fedorov Denis Igorevich
Candidate of technical sciences, Assistant Professor of
the Department of transport and technological machines

SPIN-code: 7393-5447

E-mail: diniosii@mail.ru

Chegurov Vasily Vladimirovich
Candidate of technical sciences, Assistant Professor,
The Deputy Director of the Institute
SPIN-code: 6728-6510
E-mail: nauka@polytech21.ru
*Cheboksary Institute (branch) of Moscow Polytechnic
University, Russia, Cheboksary, 428000, Karla Marxa, 54*

Fedorova Irina Valeryevna
Acting head of the kindergarten

E-mail: diniosii@mail.ru
*Municipal budget preschool educational institution
"Kindergarten №76", Russia, Cheboksary, 428029,
Leninskogo Komsomola, 20a*

The tillage with moldboard plows is one of the energy-intensive operations in farming. In view of this, the search of the energy saving solutions and tillage aggregates receives priority. The use of rotary tillage tools based on the working body-mover with elliptic blades, which horizontal soil reaction parts are directed to favoring grade of the aggregate, and, therefore, apart from the performing engineering perform the body-mover functions, - is one of the effective ways of the energy cost reduction. The authors offer the development of the rotary cultivators based on the working body-mover with elliptic blades. The change of their design values allows the development of various profiles tools. The use of these working bodies based on rotary cultivators will allow the energy cost reduction by the tillage process, especially in the compartments of terrain, as the use of tractors with moldboard plows for the main tillage is problematic. In many cases, these lots must be labored manually. The article describes the construction, generalizes the mechanical specifications and working modes of the rotary cultivator at the main tillage

приходится обрабатывать вручную. Настоящая статья содержит описание конструкции, общие выводы по конструкционным параметрам и режимам работы ротационного плуга (рыхлителя) на основной обработке почвы

Ключевые слова: ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ; ПОЧВЕННЫЙ КАНАЛ; РОТАЦИОННЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН; ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ЗАГЛУБЛЕНИЕ; УГОЛ НАКЛОНА ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ ЛОПАСТИ; КИНЕМАТИЧЕСКИЙ ПАРАМЕТР; ПОДТАЛКИВАЮЩЕЕ УСИЛИЕ

Keywords: LABORATORY TESTS; SOIL CHANNEL; A ROTARY TILLAGE TOOL; RELATIVE DEPTH; THE ANGLE OF INCLINATION OF THE ELLIPTICAL BLADES; LINKAGE PARAMETER; ACTUATING FORCE

Doi: 10.21515/1990-4665-132-040

Работа выполнена совместно с Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (проект №311ГС2/22883)

Введение. Технологический процесс обработки почвы почвообрабатывающими машинами протекает в очень сложных условиях, зависящих от почвенных и климатических факторов, выбранных режимов работы и конструкционных параметров рабочих органов и орудий в целом. Вспашка почвы лемешно-отвальными плугами является одной из энергоемких операций сельскохозяйственного производства. При этом в условиях небольших площадей (0,10-0,20 гектара), ограниченных межевыми границами, изгородями или деревьями, использование тракторов с лемешно-отвальными плугами затруднено, и в некоторых случаях, эти участки приходится обрабатывать вручную. Поэтому на таких участках актуально использование орудий с фронтально расположенными рабочими органами.

Основная часть. В качестве исполнительных органов ротационного плуга предлагаются ротационные рабочие органы (РРО) с эллиптическими лопастями. Ротационный рабочий орган с эллиптическими лопастями был предложен в качестве альтернативы существующим конструкциям ротационных рабочих органов с целью повышения качества обработки почвы при одновременном снижении ее удельной энергоемкости [1]. Он состоит из ступицы, на которой закреплены одинаковые эллиптические лопасти, каж-

дая из которых представляет собой четверть пластины, ограниченной эллипсом (рис. 1).

Лезвия малых полуосей эллиптических лопастей расположены в одной вертикальной плоскости, а сами эллиптические лопасти составляют с ней угол β . Если спроецировать все эллиптические лопасти на указанную плоскость, получится круг радиуса r , равный малой полуоси эллипса.



Рисунок 1 – Макетный образец рабочего органа с эллиптическими лопастями

На основании результатов теоретических и лабораторных исследований [2, 3, 4, 5, 6] определены рациональные конструкционные параметры рабочего органа с эллиптическими лопастями по критериям минимальных энергозатрат:

угол наклона эллиптической лопасти $\beta = 20^\circ - 30^\circ$; диаметр $D = 0,54 - 0,58 \text{ м}$; количество эллиптических лопастей на 1 рабочий орган – 4; режим работы для основной обработки почвы: относительное заглубление ($\xi = \frac{h}{r}$, где h – глубина обработки почвы, r – радиус ротационного рабочего органа) $\xi = 0,5 - 0,6$; кинематический параметр ($\lambda = \frac{\omega \cdot r}{v_{\text{п}}}$, ω – угловая скорость вращения радиус ротационного рабочего органа, $v_{\text{п}}$ – поступательная скорость движения агрегата) $\lambda = 2,0 - 2,5$.

С целью снижения энергозатрат основной обработки почвы предложена конструкция ротационного плуга (рыхлителя) [7]. Ротационный плуг (рис. 2) для основной обработки почвы на участках, ограниченных межевыми границами, состоит из навески 1, соединенной с корпусом 3 агрегата через болт 15. К корпусу 3 ротационного плуга с помощью фланцев 18 присоединяется вал 6, в одном из фланцев 18 установлен корпусной подшипник 19, способный компенсировать начальный перекося в начале работы

вала 6. К валу 6 крепятся ступицы 7, смещенные по фазе. С помощью устройства изменения взаимного расположения и фиксации ступиц на валу 10, в пазы 8 ступицы 7 жестко устанавливаются эллиптические рабочие органы 2.

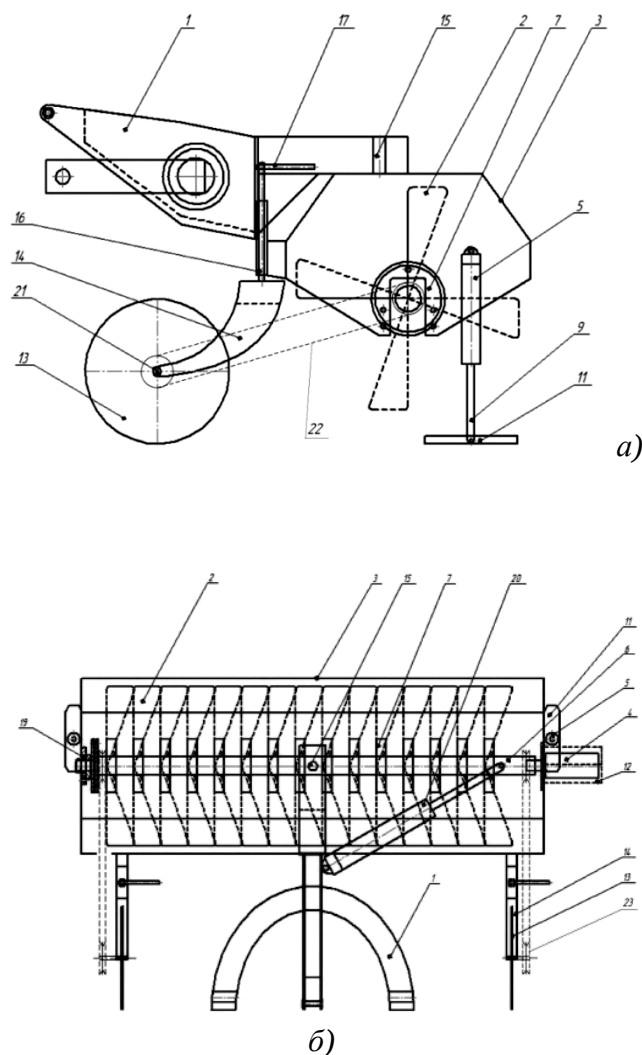


Рисунок 2 – Схема ротационного плуга
а) вид сбоку; б) вид сверху

регулируется вращением регулировочного винта 16 рукояткой 17. Плоские диски 13 кинематически связаны с валом 6 звездочками 23, соединяемые между собой цепью 22.

В зависимости от типа почв и функционального назначения (основная, предпосевная или междурядная обработка почвы) ротационного плуга

Привод рабочего органа с осуществляется от ВОМ трактора через редуктор, связанный с гитарой шестерен 4, защищенных в свою очередь защитным кожухом 12. Механизм регулировки глубины обработки почвы – лыжи 11, связанные через шток 9 с гидроцилиндром 5, установленный на боковой стороне корпуса 3. Механизм, обеспечивающий изменение ширины захвата - гидроцилиндр 20, связанный с корпусом и навеской орудия. Ротационный плуг содержит плоский диск 13 с монтажным отверстием 21, посредством которого соединяется с опорой крепления 14 к корпусу 3, глубина хода диска

предварительно жестко устанавливаются под определенный угол эллиптические рабочие органы 2 на ступицах крепления 7 (рис. 3,а). Качество обработки почвы (оборот пласта и его крошение), а также величина энергозатрат процесса зависит в основном от кинематического параметра λ и угла отклонения большой полуоси эллиптической лопасти β РРО. Схема для определения геометрических параметров эллиптической лопасти РРО показана на рисунке 3,б. Режим работы λ РРО с эллиптическими лопастями обеспечивает максимальное подталкивающее усилие R_x .

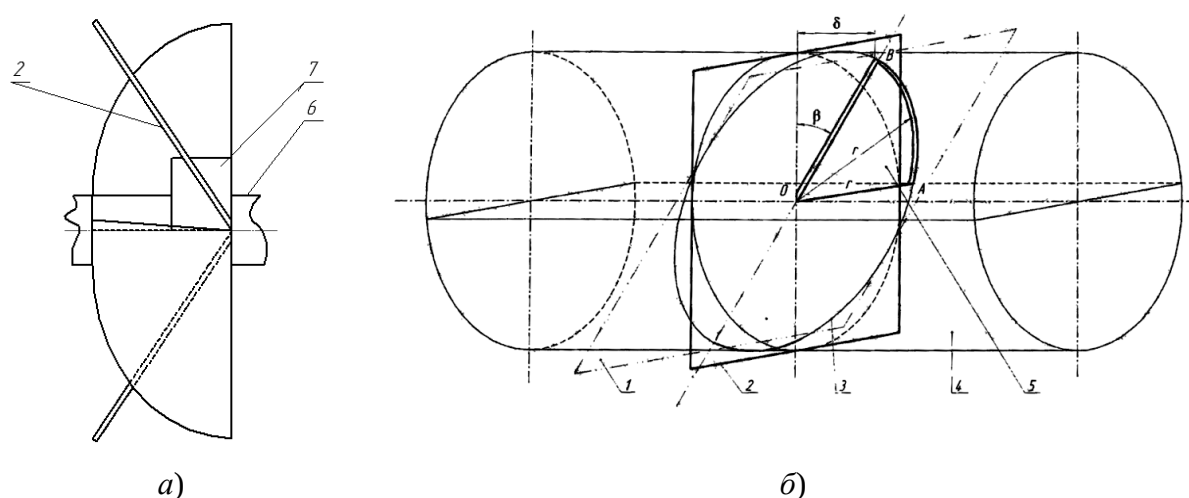


Рисунок 3 – Конструктивные параметры эллиптических лопастей

а) схема размещения эллиптических лопастей на ступице;

б) схема определения геометрических параметров эллиптических лопастей РРО

Вертикальное положение ротационного плуга поддерживается гидравлически, то есть с приложением давления гидравлики, получаемого от трактора. Управление положением осуществляется двумя подъемными штангами, левой и правой. В начале загона с помощью навески 1 опускают рабочие органы 2 на почву. Для регулировки глубины обработки следует поднять или опустить копирующие лыжи 11 при помощи гидроцилиндра 5, а ширина захвата орудия регулируется с помощью гидроцилиндра 20.

На рисунке 3,б - 1 – наклонная плоскость; 2 – плоскость вращения малой полуоси; 3 – эллипс; 4 – цилиндр; 5 – эллиптическая лопасть; β – начальный угол отклонения большой полуоси; δ – ширина захвата эллип-

тической лопасти; r – радиус основания цилиндра; $OA=r=a$ – радиус основания цилиндра; $OB=b$ – большая полуось эллипса.

Далее включают ВОМ, приводящий рабочие органы 2 во вращение и они одновременно перемещаются поступательно по ходу движения рыхлителя. При движении ротационного плуга рабочие органы 2, вращаясь, осуществляют интенсивное разрушение связей между частицами почвы и их дробление. При выходе эллиптических рабочих органов из почвы во взаимодействии с ее частицами находится большая полуось (задняя кромка) лопасти, при вращательном движении которых и под действием силы тяжести почвенных частиц происходит дополнительное крошение последних. В связи с тем, что глубина обработки почвы регулируется с помощью гидроцилиндров 5, а к штоку 9 в нижней части закреплены копирующие лыжи, то они осуществляют копирование рельефа почвы, что позволяет обрабатывать почву на склонах. Регулирование частоты вращения осуществляется сменой гитарой шестерен и режимом работы ВОМ трактора.

Рабочие органы эллиптической формы работают в движущем режиме, создают при этом подталкивающие усилие, повышают производительность и уменьшают расход топлива на единицу обрабатываемой площади. Курсовая устойчивость ротационного плуга и дополнительное подталкивающее усилие обеспечивается за счет двух плоских дисков 13, установленных впереди корпуса 3, приводимых в движение с помощью кинематической связи со звездочками 23. Подъем ротационного плуга осуществляется гидросистемой трактора через навеску 1. Применение такого рода эллиптических лопастей в качестве рабочих органов ротационного плуга снижает вероятность возникновения плужной подошвы, за один проход осуществляется основная и предпосевная обработка почвы. В зависимости от взаимного расположения ступиц 7 на валу 6 получаем ротационный плуг для междурядной обработки технических культур. При вращательном движении вала и вхождении режущих кромок в почву происходит интен-

сивное разрушение связей между частицами почвы и их дробление, получается шероховатый неуплотненный подслой, значительно увеличивающий влагоемкость и фильтрационные свойства почвы. Создает оптимальную плотность почвы благодаря высокой степени крошения, повышает ее биологическую и биохимическую активность, улучшает все физические свойства почвы, что способствует повышению урожайности культур.

Заключение. В результате проведенных исследований разработаны конструкции ротационных плугов (рыхлителей) для основной обработки почвы. При этом на участках, ограниченных межевыми границами в условиях Чувашской Республики в основном используются тракторы тягового класса 1,4, в частности, МТЗ-80, 82 и т.п. Рекогносцировочные испытания подтвердили возможность основной обработки почвы ротационных плугов на базе рабочих органов с эллиптическими лопастями в агрегате с трактором тягового класса 1,4 при ширине захвата $B = 1,4$ м (рис. 4, 5).



Рисунок 4 –Ротационный плуг, имеющий гидравлический привод



Рисунок 5 –Ротационный плуг, имеющий механический привод

При этом ротационные плуги оснащаются 9 блоками рабочих органов, имеют как гидравлический, так и механический привод. Для снижения динамических нагрузок, оказываемых на ротационный плуг, ступицы рабочих органов устанавливаются на вал со смещением 30° по фазе.

Список литературы

1. Патент №2495552 Российская Федерация, МПК А01В 33/02, А01В 33/10. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия / Акимов А.П., Федоров Д.И., Павлов И.А., Чегулов В.В., Никифоров И.В.; заявители и патентообладатели Акимов А.П., Павлов И.А. – 2012107544/13: заявл. 10.04.2012; опубл. 20.10.2013, Бюл. №29. – 4 с.
2. Федоров, Д.И. Расчет мощности привода ротационного лопастного рабочего органа почвообрабатывающей машины / Д.И. Федоров, А.П. Акимов, Ю.В. Константинов // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – Вып. 5. – С. 27-32.
3. Федоров, Д.И. Методика расчета сопротивления и момента сопротивления резанию почвы / Д.И. Федоров, А.П. Акимов, Ю.В. Константинов // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – Вып. 3. – С. 32-35.
4. Выбор рациональных параметров лопастного ротационного рабочего органа на основе его кинематического анализа / Д.И. Федоров [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – Вып.1. – С. 36-39.
5. Федоров, Д.И. Применение программного обеспечения при лабораторных исследованиях рабочего органа-двигателя с эллиптическими лопастями для обработки почвы / Федоров Д.И., Акимов А.П., Мазяров В.П. // Продовольственная безопасность и устойчивое развитие АПК: сб. тр. Международной науч.-практич. конф. – Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – С. 667-671.
6. Федоров, Д.И. К вопросу об использовании программного обеспечения при проведении исследований почвообрабатывающих рабочих органов / Д.И. Федоров // Новые технологии науки, техники, педагогики высшей школы: сб. тр. Международной науч.-практич. конф. – М: ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», 2017. С. 305-310.
7. Патент № 2569977 Российская Федерация, МПК А01В 33/02. Ротационный рыхлитель / Федоров Д.И., Акимов А.П., Чегулов В.В., Федорова И.В.; заявитель и патентообладатель ООО «Эллипс-ЧПИ». – 2014132531/13: заявл. 06.08.2014; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 34. – 8 с.

References

- Patent №2495552 Rossijskaja Federacija, MPK A01V 33/02, A01V 33/10. Rabochij organ pochvoobrabatyvajushhego orudija / Akimov A.P., Fedorov D.I., Pavlov I.A., Chegulov V.V., Nikiforov I.V.; zajaviteli i patentoobladateli Akimov A.P., Pavlov I.A. – 2012107544/13: zajavl. 10.04.2012; opubl. 20.10.2013, Bjul. №29. – 4 s.
2. Fedorov, D.I. Raschet moshhnosti privoda rotacionnogo lopastnogo rabocheho organa pochvoobrabatyvajushhej mashiny / D.I. Fedorov, A.P. Akimov, Ju.V. Konstantinov // Traktory i sel'hoz mashiny. – 2012. – Vyp. 5. – S. 27-32.
 3. Fedorov, D.I. Metodika rascheta soprotivlenija i momenta soprotivlenija re-zaniju pochvy / D.I. Fedorov, A.P. Akimov, Ju.V. Konstantinov // Traktory i sel'hoz mashiny. – 2013. – Vyp. 3. – S. 32-35.
 4. Vybor racional'nyh parametrov lopastnogo rotacionnogo rabocheho organa na osnove ego kinematičeskogo analiza / D.I. Fedorov [i dr.] // Traktory i sel'hoz mashiny. – 2015. – Vyp.1. – S. 36-39.
 5. Fedorov, D.I. Primenenie programmnoho obespečenija pri laboratornyh issledovanijah rabocheho organa-dvizhitelja s jelliptičeskimi lopastjami dlja obrabotki pochvy / Fedorov D.I., Akimov A.P., Mazjarov V.P. // Prodojol'stvennaja bezopasnost' i ustojchivoe razvitie APK: sb. tr. Mezhdunarodnoj nauch.-praktich. konf. – Cheboksary: Chuvashskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija, 2015. – S. 667-671.

6. Fedorov, D.I. K voprosu ob ispol'zovanii programmnoho obespechenija pri provedenii issledovanij pochvoobrabatyvajushhih rabochih organov / D.I. Fedorov // Novye tehnologii nauki, tehniki, pedagogiki vysshej shkoly: sb. tr. Mezhdunarodnoj nauch.-praktich. konf. –M: FGBOU VO «Moskovskij politehnicheskij universitet», 2017. S. 305-310.

7. Patent № 2569977 Rossijskaja Federacija, MPK A01V 33/02. Rotacionnyj ryhlitel' / Fedorov D.I., Akimov A.P., Chegulov V.V., Fedorova I.V.; zajavitel' i pa-tentoobladatel' ООО «Jellips-ChPI». – 2014132531/13: zajavl. 06.08.2014; opubl. 10.12.2015, Bjul. № 34. – 8 s.