

УДК 631.316.44

UDC 631.316.44

05.00.00 Технические науки

Technical science

**СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НЕЕ ГОРИЗОНТАЛЬНО РАСПОЛОЖЕННОГО ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА****RESISTANCE OF THE SOIL UNDER THE INFLUENCE OF HORIZONTAL DISK WORKING BODY**

Трубиллин Евгений Иванович  
д-р. техн. наук, профессор  
SPIN-код автора: 6414-8130

Trubilin Evgeny Ivanovich  
Dr.Sci.Tech., professor  
RSCI SPIN-code: 6414-8130

Дробот Виктор Александрович  
инженер  
SPIN-код автора: 7889-3176  
*Кубанский государственный аграрный университет,  
Краснодар, Россия*

Drobot Viktor Alexandrovich  
engineer  
RSCI SPIN-code: 7889-3176  
*Kuban State Agrarian University,  
Krasnodar, Russia*

Первостепенную роль в производстве зерновых - колосовых играет обработка почвы. Нами рассмотрены вопросы совершенствования применяемых способов обработки почвы, направленных на повышение ее качества, существенно влияющего на урожайность сельхозкультур и на снижение всех видов затрат: энергетических, трудовых, денежных. В данной статье, на основе многочисленных исследований, предложено использование эффекта колебательного движения в почвообрабатывающем рабочем органе, позволяющего усовершенствовать конструкцию почвообрабатывающих машин, снизив при этом металлоемкость машины, энергоемкость процесса с одновременным повышением качества работы. Рассмотрены вопросы, связанные с заглублением нового почвообрабатывающего рабочего органа, работающего в горизонтальной плоскости и имеющего специальные выступы (лопатки), позволяющие ему совершать возвратно-вращательное движение. Данный рабочий орган обеспечивает подрезание пласта почвы и корневой системы сорной растительности, крошение пласта почвы при его взаимодействии с рабочими поверхностями лопаток. Предложены условия скольжения пласта почвы по поверхности рабочего органа и снижения давления пласта на рабочий орган, за счет чего уменьшается деформация сжатия пласта и тяговое сопротивление. Обоснованы условия возвратно-вращательного движения предлагаемого дискового рабочего органа работающего в плоскости, близкой к горизонтальной, при взаимодействии с пластом почвы

Tillage plays an important role in the production of cereal and grains. The issues of improving the methods applied for soil treatment aimed at improving its quality significantly influencing crop yield have been considered. Reducing of all types of costs: energy, labor, money was also taken into consideration. In this article, based on numerous studies we have proposed to use the effect of oscillatory motion in the working body of tillage, improving the design of tillage machines, reducing the metal consumption of the machine, the intensity of the process while increasing quality of work. The article reveals issues related to embedding of the new tillage of the working body running in a horizontal plane and having special tabs (blade), allowing it to make a reciprocating rotational motion. This working body provides the undercutting of a soil layer and root system of weeds, the crumbling of the soil layer and its interaction with the working surfaces of the blades. The conditions of the sliding soil layer on the surface of the working body and reducing the pressure of the reservoir to the working body are proposed. It decreases the compression of the reservoir and the tractive resistance. We have substantiated the conditions for reciprocating rotational motion of the proposed disk of the working body in the working plane close to the horizontal, when interacting with a layer of the soil

Ключевые слова: ОБРАБОТКА ПОЧВЫ, КАЧЕСТВО, ЭНЕРГОЕМКОСТЬ, ГОРИЗОНТАЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫЙ СФЕРИЧЕСКИЙ ДИСК, ЗАГЛУБЛЕНИЕ, СКОЛЬЖЕНИЕ, ДВИЖЕНИЕ

Keywords: SOIL, QUALITY, INTENSITY, HORIZONTAL SPHERICAL DISK, EMBEDDING, SIDE MOVEMENT

## **Силы сопротивления почвы при воздействии на нее горизонтально расположенного дискового рабочего органа**

Первостепенную роль в сельскохозяйственном производстве играет обработка почвы под зерновые колосовые культуры. Одной из главных задач при ее выполнении является повышение качества и снижение всех видов затрат [1].

Главные требования к обработке почвы – качественное крошение, равномерность глубины обработки, измельчение пожнивных остатков и их равномерное распределение, сохранение почвенной влаги [2, 3].

В Краснодарском крае почва после уборки пропашных культур обычно обладает высокой твердостью, низкой влажностью и наличием большого количества пожнивных остатков. В связи с этим вспашка вызывает образование больших глыб, которые полностью не удастся разделить даже многократными проходами. Плоскорезы не обеспечивают равномерной глубины, в том числе в составе комбинированных почвообрабатывающих агрегатов, при этом происходит уплотнение почвы движителями агрегатов. Таким образом, необходима разработка новых рабочих органов, позволяющих исключить ряд агротехнических операций.

В работе Кубанского ГАУ [4] рекомендуется обработка почвы по стерне зерновых колосовых культур одновременно с уборкой зерна с помощью многофункциональных агрегатов. Для уничтожения корнеотпрысковых сорняков по этой технологии рекомендуется внесение гербицидов распылителями, разработанными в нашем университете с круглыми факелами распыла [5].

Анализ конструкций почвообрабатывающих машин и рабочих органов для поверхностной и мелкой обработок почвы, а также состояние исследований в этой области показали, что наиболее целесообразным приемом снижения тягового сопротивления, энергоемкости и улучшения каче-

ства работы машины следует считать использование в них эффекта колебания рабочего органа [6, 7].

В предлагаемом новом рабочем органе для мелкой обработки почвы использован горизонтально расположенный сферический диск (рисунок 1) [8], установленный на вертикальной оси и снабженный выступами (лопатками) (рисунок 2), за счет которых происходит возвратно-вращательное движение [9, 10, 11], который позволяет устранить отмеченные выше недостатки по выполнению требований к качеству обработки почвы [12, 13].

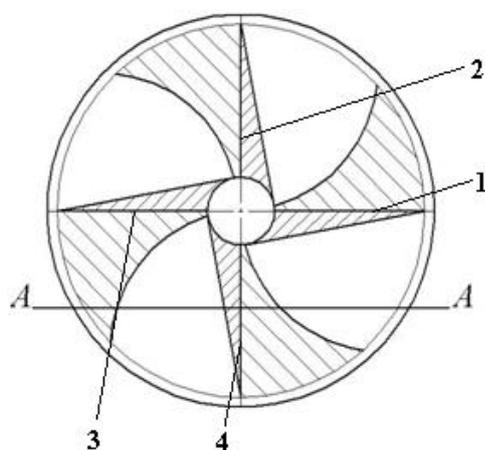
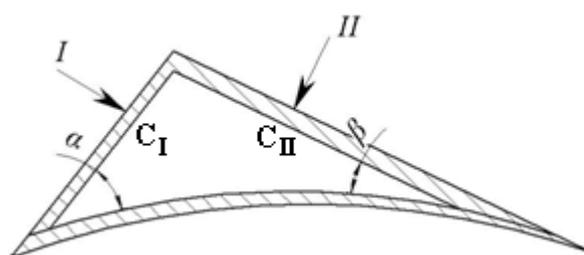


Рисунок 1 – Горизонтально расположенный сферический диск (1, 2, 3, 4 – лопатки)



I и II – поверхности лопатки;  $\alpha$  и  $\beta$  – углы наклона поверхностей к плоскости диска;  $C_I$  – центр тяжести поверхности I, а  $C_{II}$  – центр тяжести поверхности II

Рисунок 2 – Сечение А – А лопатки 4

Согласно [14, 15] за показатель заглубляемости дискового рабочего органа примем угол  $\psi$ , образуемый осью  $x$  с направлением результирующей  $P$  элементарных сопротивлений почвы на рабочей поверхности и лезвии рабочего органа (рисунок 3). Сила  $P$  стремится к заглублению предлагаемого дискового рабочего органа при положительном значении угла  $\psi$ . При этом вертикальная слагающая  $P_z$  силы  $P$ , направленная вниз, также считается положительной и стремится заглубить рабочий орган.

Величина угла  $\psi$  определяется по значениям угла трения  $\varphi$  и угла установки (угол крошения)  $\delta$  рабочего органа, образуемого опорной плоскостью диска с горизонтальной плоскостью (плоскостью дна борозды).

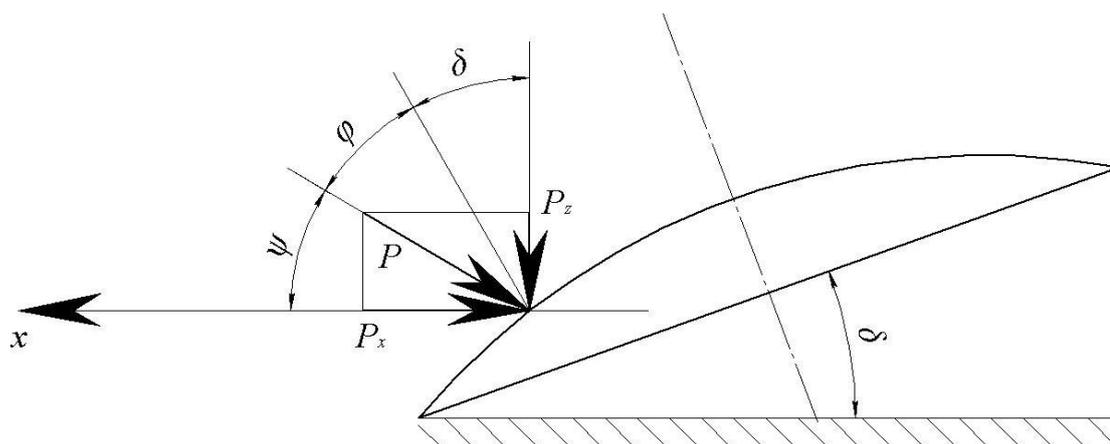
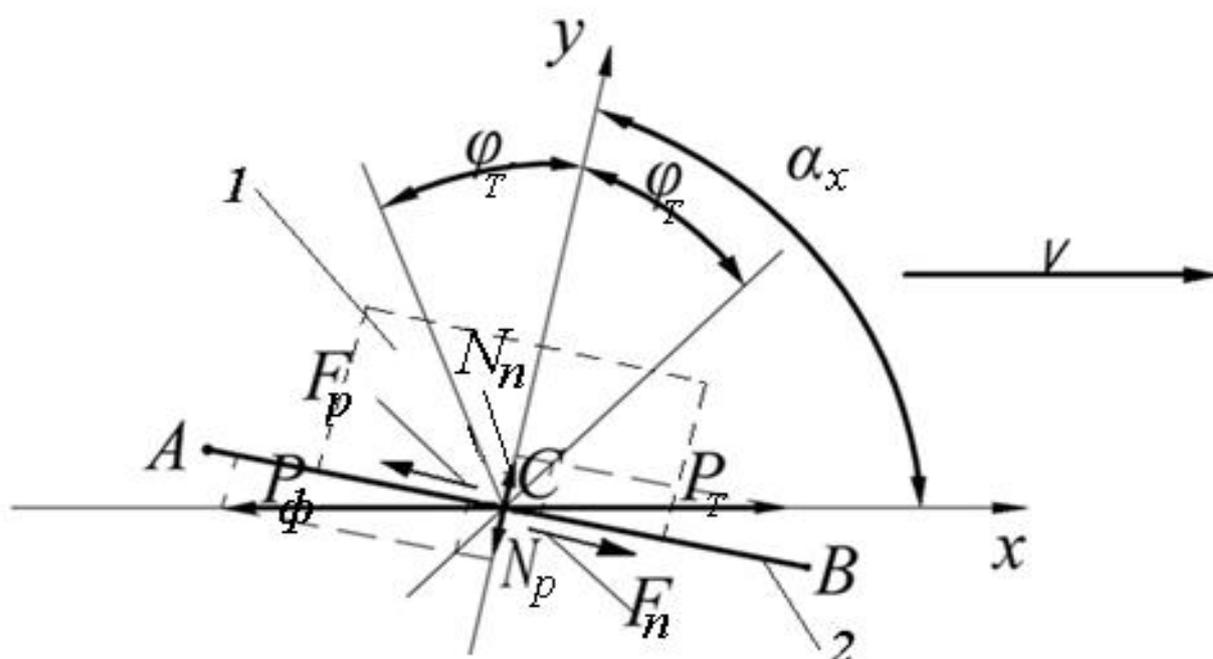


Рисунок 3 – Схема действия силы  $P$  при положительном значении угла  $\psi$

Доказано [15], что увеличение угла установки  $\delta$  примерно до  $5^\circ$  вызывает увеличение угла  $\psi$ , что способствует заглублению рабочего органа. По мере дальнейшего увеличения угла  $\delta$  происходит линейное убывание угла  $\psi$  и при переходе его в отрицательную зону, сила  $P$  будет стремиться вытолкнуть рабочий орган из почвы.

При движении диска в почве для нормальной его работы, необходимо исключить сгруживание почвы перед рабочим органом. Для этого необходимо соблюдать условие скольжения пласта почвы по поверхности рабочего органа.

Рассмотрим схему взаимодействия 2-х тел: почва в зоне контакта и диск (рисунок 4), движущихся друг относительно друга. При отсутствии удара одно тело действует на другое посредством давления и трения.



1 – почва в зоне контакта; 2 – диск;  $P_T$  – тяговое сопротивление;  $P_\Phi$  – фронтальная проекция силы, действующей со стороны почвенного пласта, противоположная направлению движения ( $P_T = -P_\Phi$ );  $N_n$  – нормальная реакция почвы;  $N_p$  – нормальная сила к поверхности рабочего органа;  $\alpha_x$  – угол между нормалью и осью x;  $\varphi_T$  – угол трения;  $F_n$  – сила трения, действующая на почву;  $F_p$  – сила трения, действующая на рабочий орган

Рисунок 4 – Схема взаимодействия точки пласта почвы и рабочего органа

Направим движение рабочего органа вдоль оси  $x$ , тогда фронтальная реакция почвы  $P_{\Phi}$  будет направлена противоположно оси  $x$ , а нормальные силы  $N$  к поверхности рабочего органа будут составлять с осью  $x$  угол  $\alpha_x$ . Проекция силы  $P_{\Phi}$  на нормаль всегда будет равна  $P_{\Phi} \cdot \cos\alpha_x$ . Когда направление силы  $P_{\Phi}$  выходит за конус трения, нормальная реакция на почву со стороны рабочего органа определится как  $N_n = P_{\Phi} \cdot \cos\alpha_x$ . При этом нормальная реакция на почву со стороны рабочего органа будет равна реакции на рабочий орган со стороны почвы  $N_n = -N_p$ , а сила трения, действующая на почву со стороны рабочего органа  $F_n = f \cdot N_n = f \cdot P_{\Phi} \cdot \cos\alpha_x$  (где  $f$  – коэффициент трения почвы о рабочий орган) [15, 16].

Кроме того,  $|F_p| = |F_n|$ . Следует заметить, что  $F_n < P_{\Phi} \cdot \sin\alpha_x$ . Поскольку со стороны почвы на рабочий орган действуют сила трения  $F_p$  и нормальная сила  $N_p$ , то разность  $P_{\Phi} \cdot \sin\alpha_x - F_p$  передается только почве, обеспечивая ей ускоренное относительное движение. Таким образом, пласт почвы скользит по поверхности рабочего органа.

При  $\alpha_x > \varphi_T$  давление пласта на рабочий орган снижается. Следовательно, уменьшаются деформация сжатия и тяговое сопротивление  $P_T$ .

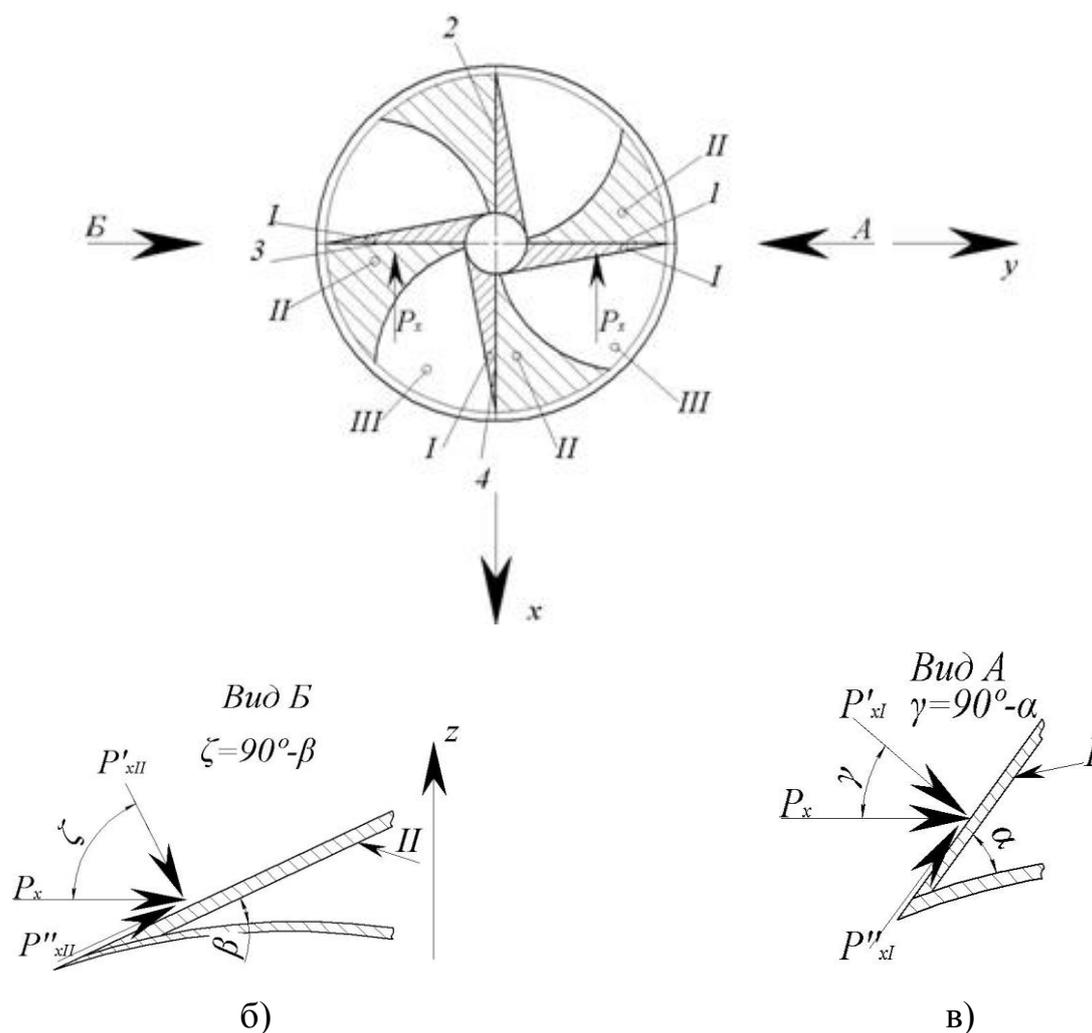
За счет оригинальной поверхности диска, при взаимодействии с пластом почвы, он будет совершать возвратно-вращательное движение.

При движении в почве на поверхность диска действует усилие  $P$ , горизонтальную составляющую которого, обозначим как  $P_x$  (рисунок 5).

При взаимодействии пласта почвы с поверхностью I (рисунок 5а), возникающую силу  $P_x$  можно разложить на составляющие  $P_x^I$  и  $P_x^{II}$  (рисунок 5в), которые определим по следующим выражениям:

$$P_{xI}^I = P_x \cdot \cos\gamma = P_x \cdot \cos(90^\circ - \alpha), \quad (1)$$

$$P_{xI}^{II} = P_x \cdot \sin\gamma = P_x \cdot \sin(90^\circ - \alpha) \quad (2)$$



а) рабочий орган (1, 2, 3, 4 – лопатки; I, II – поверхности лопаток, III – поверхность диска); б) схема сил, действующих на поверхность II; в) схема сил, действующих на поверхность I.

Рисунок 5 – Силы действующие на рабочий орган

Так же в результате взаимодействия пласта почвы с поверхностью диска, возникает сила трения скольжения (рисунок б), равная:

$$P_{TP} = f \cdot P_{xIII}^I \quad (3)$$

где  $f$  – коэффициент трения.

$\delta$  – угол установки (до  $5^\circ$ )

$$P_{xIII}^I = P_x \cdot \cos \varepsilon, \quad (4)$$

где  $\varepsilon \approx 90^\circ - \delta$ .  $P_{TP} = f \cdot P_x \cdot \cos(90^\circ - \delta)$ .

(5)

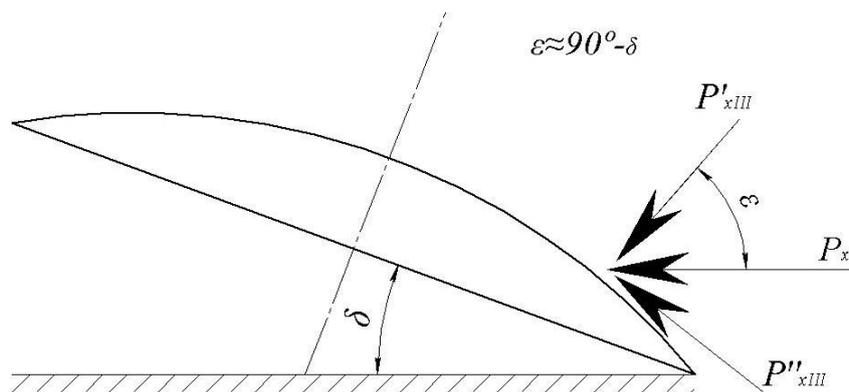


Рисунок 6 – Схема к определению силы трения:  $\delta$  – угол установки (до  $5^\circ$ )

При взаимодействии пласта почвы с поверхностью II (рисунок 5а) силу  $P_x$  разложим на составляющие  $P_{xII}^I$  и  $P_{xII}^{II}$  (рисунок 5б):

$$P_{xII}^I = P_x \cdot \cos \zeta = P_x \cdot \cos(90^\circ - \beta), \quad (6)$$

$$P_{xII}^{II} = P_x \cdot \sin \zeta = P_x \cdot \sin(90^\circ - \beta). \quad (7)$$

Таким образом следующие выражения показывают условие вращения диска:

$$P_{xII}^I + P_{TP} < P_{xI}^I + P_{TP}, \quad (8)$$

после преобразования получим:

$$P_x \cdot \cos(90^\circ - \beta) < P_x \cdot \cos(90^\circ - \alpha), \quad (9)$$

$$P_x \cdot \sin\beta < P_x \cdot \sin\alpha. \quad (10)$$

Если угол  $\alpha > \beta$ , то вращение произойдет против хода часовой стрелки.

При повороте диска на некоторый угол  $\mu$ , составляющая  $P_{xI}^I$  разложится как показано на рисунке 7.

$$N = P_{xI}^I \cdot \cos\mu = P_x \cdot \cos(90^\circ - \alpha) \cdot \cos\mu, \quad (11)$$

$$M = P_{xI}^I \cdot \sin\mu = P_x \cdot \cos(90^\circ - \alpha) \cdot \sin\mu. \quad (12)$$

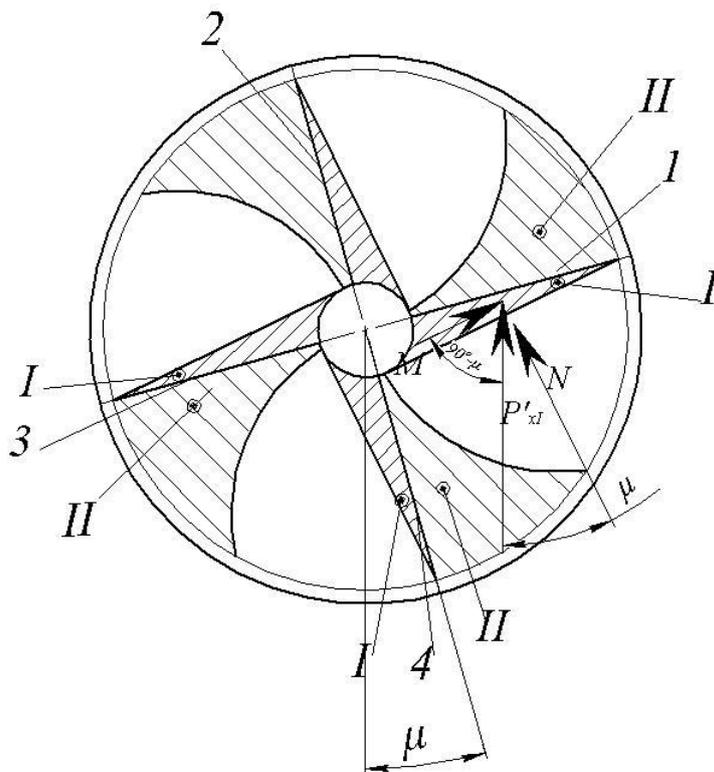


Рисунок 7 – Поверхность I лопатки 1, при повороте диска на угол  $\mu$

В результате вращения дискового рабочего органа между пластом почвы, поверхностями II лопаток 3 и 4 и поверхностью III (с левой и правой сторон) возникнут силы трения.

На поверхность II лопатки 3 кроме силы трения будут действовать силы К и С (рисунок 8).

$$K = P'_{xII} \cdot \cos\mu = P_x \cdot \cos(90^\circ - \beta) \cdot \cos\mu, \quad (13)$$

$$C = P'_{xII} \cdot \sin\mu = P_x \cdot \cos(90^\circ - \beta) \cdot \sin\mu. \quad (14)$$

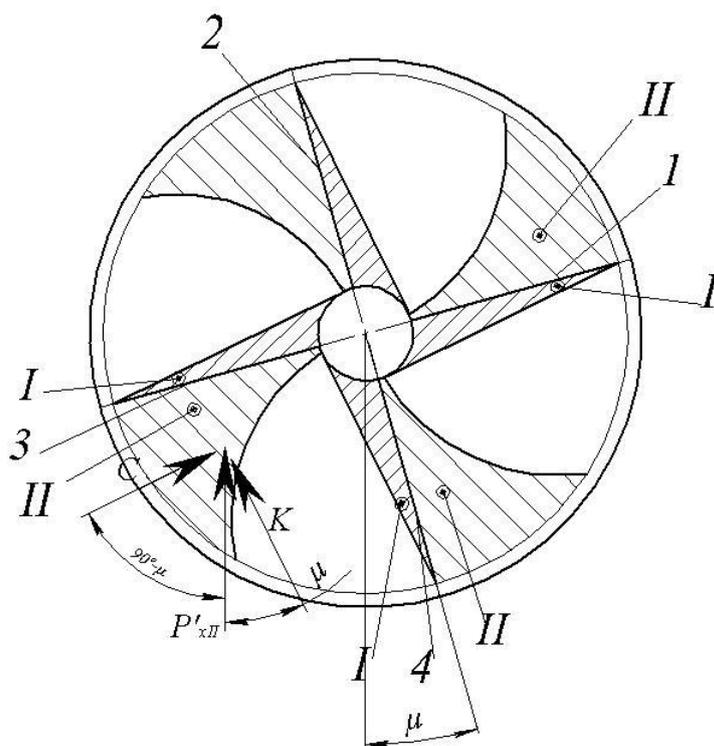


Рисунок 8 – Поверхность II лопатки 3, при повороте диска на угол  $\mu$

Таким образом при выполнении условия (15) вращения диска произойдет в обратную сторону:

$$K + 2 \cdot P_{TP} + P_{TP}^I > N, \quad (15)$$

где  $P_{TP}^I$  – сила трения, возникающая при взаимодействии почвы с поверхностью II лопатки 4 при вращении диска.

$$P_{TP}^I = f \cdot P_x \cdot \cos(90^\circ - \beta) \quad (16)$$

Преобразуем выражение (15)

$$\begin{aligned} P_x \cdot \cos(90^\circ - \beta) \cdot \cos\mu + 2 \cdot f \cdot P_x \cdot \cos(90^\circ - \delta) + f \cdot P_x \cdot \cos(90^\circ - \beta) > \\ > P_x \cdot \cos(90^\circ - \alpha) \cdot \cos\mu, \end{aligned} \quad (17)$$

$$P_x \cdot \sin\beta \cdot \cos\mu + 2 \cdot f \cdot P_x \cdot \sin\delta + f \cdot P_x \cdot \sin\beta > P_x \cdot \sin\alpha \cdot \cos\mu. \quad (18)$$

Выполнение условия (18) зависит от значений углов  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\mu$ . При этом рабочий орган вращается по часовой стрелки до тех пор, пока диск не примет первоначальное положение, когда начнет снова действовать условие (10).

Проведенные исследования показывают, что наиболее целесообразным приемом снижения тягового сопротивления, энергоемкости и улучшения качества работы машины для обработки почвы следует считать использование эффекта колебаний рабочего органа. При этом полученные уравнения (10) и (18) позволяют рассмотреть процесс возвратно-вращательного движения рабочего органа [9], которое способствует снижению энергоемкости процесса обработки почвы и улучшению его качества, определить угол поворота рабочего органа в зависимости от времени движения и формы рабочих поверхностей лопаток.

Список литературы

1. Романенко, В. А. Сельскохозяйственные машины: учебное пособие / В. А. романенко, Е. И. Трубилин, И. Б. Фурсов, С. К. Папуша, А. А. Романенко, А. С. Брусенцов, В. В. Кравченко, В. А. Миронов, В. И. Коновалов, С. В. Белоусов. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 212 с.
2. Трубилин, Е. И. Дисковые бороны и лушильники в системе основной и предпосевной обработки почвы. Проблемы и пути их решения [Электронный ресурс] / Е. И. Трубилин, К. А. Сохт, В. И. Коновалов, С. В. Белоусов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – №04(088). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/45.pdf>.
3. Трубилин, Е. И. Рабочие органы дисковых борон и лушильников [Электронный ресурс] / Е. И. Трубилин, К. А. сохт, В. И. Коновалов, О. В. Данюкова // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 91 (07). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/95.pdf>.
4. Маслов, Г. Г. Совершенствование комбайновой уборки зерновых колосовых культур / Г. Г. Маслов, Е. И. Трубилин, В. В. Абаев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – №8. – С. 4 – 5.
5. Пат. 2058740 Российская Федерация, МПК А 01 М 7/00. Опрыскиватель [Текст] / Маслов Г. Г., Борисова С. М., Тарасенко Г. В.; заявитель и патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет. – № 93057519/15; заявл. 28.12.1993; опубл. 27.04.1996, Бюл. № 11.
6. Сахапов, Р. Л. Механико-технологическое обоснование параметров ресурсосберегающих культиваторов: дис. ...д-ра техн. наук : 05.20.01 / Сахапов Рустэм Лукманович. – Казань, 2002. – 381 с.
7. Трубилин, Е. И. Ротационные дисковые рабочие органы – как базовый элемент в комбинированных агрегатах для обработки почвы и посева [Электронный ресурс] / Е. И. Трубилин, К. А. сохт, В. И. Коновалов, О. В. Данюкова // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 91 (07). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/101.pdf>.
8. Пат. 2275782 Российская Федерация, МПК А01С 7/00 А01В 49/06. Устройство для посева семян зерновых культур [Текст] / Медовник А. Н., Маслов Г. Г., Тарасенко Б. Ф., Чеботарев М. И., Бугаев С. В., Дробот В. А.; заявитель и патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет. – № 2004133161/12; заявл. 12. 11. 2004; опубл. 10. 05. 2006, Бюл. № 13.
9. Горячкин, В. П. Собрание сочинений: в 3 т. / В. П. Горячкин; под ред. действ. чл. ВАСХНИЛ проф. д-ра с.-х. наук Н. Д. Лучинского. – 2-е изд. – М.: «Колос», 1968. – 455 с.
10. Дробот, В. А. Оптимизация параметров процесса поверхностной обработки почвы горизонтально расположенными дисковыми рабочими органами / В. А. Дробот, В. В. Цыбулевский // Труды Кубанского государственного аграрного университета. Вып. 2 (23).–Краснодар: КубГАУ. – 2010. – С. 181–185.
11. Дробот, В. А. Новая полевая установка для инженерной оценки почвообрабатывающих рабочих органов / В. А. Дробот, Б. Ф. Тарасенко // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 91 (07). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/59.pdf>.
12. Дробот, В. А. Новая полевая установка для динамометрирования и результаты оценки тяговых сопротивлений почвообрабатывающего рабочего органа / В. А. Дробот, Б. Ф. Тарасенко // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – №12. – С. 10–12.
13. Дробот, В. А. Горизонтальный дисковый рабочий орган / Е. И. Трубилин, В. А. Дробот, А. С. Брусенцов // Сельский механизатор. – 2014. – № 11. – С. 22–23.
14. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. - М.: Колос, 1994. - 751 с.

15. Синеоков Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин. - М.: Машиностроение, 1965. - 311 с.
16. Канарев Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины [Текст] Ф.М. Канарев. – М.: Машиностроение, 1983. – 142с.
17. Нестяк, В.С. Тяговое сопротивление дискового луцильника / В.С. Нестяк, И.Д. Кобяков, А.С. Союнов // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. - №12. – С.32.
18. Трубилин, Е. И. Экономическая эффективность отвальной обработки почвы разработанным комбинированным лемешным плугом [Электронный ресурс] / Е. И. Трубилин, С. В. Белоусов, А. И. Лепшина // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 103 (09). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/40.pdf>.

## References

1. Romanenko, V. A. Sel'skhozjajstvennye mashiny: uchebnoe posobie / V. A. romanenko, E. I. Trubilin, I. B. Fursov, S. K. Papusha, A. A. Romanenko, A. S. Brusencov, V. V. Kravchenko, V. A. Mironov, V. I. Konovalov, S. V. Belousov. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – 212 s.
2. Trubilin, E. I. Diskovye borony i lushhil'niki v sisteme osnovnoj i pred-posevnoj obrabotki pochvy. Problemy i puti ih reshenija [Elektronnyj resurs] / E. I. Trubilin, K. A. Soht, V. I. Konovalov, S. V. Belousov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – №04(088). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/45.pdf>.
3. Trubilin, E. I. Rabochie organy diskovyh boron i lushhil'nikov [Elektronnyj resurs] / E. I. Trubilin, K. A. soht, V. I. Konovalov, O. V. Danjukova // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2013. – № 91 (07). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/95.pdf>.
4. Maslov, G. G. Sovershenstvovanie kombajnovoj uborki zernovyh kolosovyh kul'tur / G. G. Maslov, E. I. Trubilin, V. V. Abaev // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. – 2007. – №8. – S. 4 – 5.
5. Pat. 2058740 Rossijskaja Federacija, MPK A 01 M 7/00. Opryskivatel' [Tekst] / Maslov G. G., Borisova S. M., Tarasenko G. V.; zajavitel' i patentoobladatel' Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – № 93057519/15; zajavl. 28.12.1993; opubl. 27.04.1996, Bjul. № 11.
6. Sahapov, R. L. Mehaniko-tehnologicheskoe obosnovanie parametrov resursos-beregajushhij kul'tivatorov: dis. ...d-ra tehn. nauk : 05.20.01 / Sahapov Rustjem Lukmanovich. – Kazan', 2002. – 381 s.
7. Trubilin, E. I. Rotacionnye diskovye rabochie organy – kak bazovyj jelement v kombinirovannyh agregatah dlja obrabotki pochvy i poseva [Elektronnyj resurs] / E. I. Trubilin, K. A. soht, V. I. Konovalov, O. V. Danjukova // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2013. – № 91 (07). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/101.pdf>.
8. Pat. 2275782 Rossijskaja Federacija, MPK A01S 7/00 A01V 49/06. Ustrojstvo dlja poseva semjan zernovyh kul'tur [Tekst] / Medovnik A. N., Maslov G. G., Tarasenko B. F., Chebotarev M. I., Bugaev S. V., Drobot V. A.; zajavitel' i patentoobladatel' Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – № 2004133161/12; zajavl. 12. 11. 2004; opubl. 10. 05. 2006, Bjul. № 13.
9. Gorjachkin, V. P. Sobraenie sochninenij: v 3 t. / V. P. Gorjachkin; pod red. dejstv. chl. VASHNIL prof. d-ra s.-h. nauk N. D. Luchinskogo. – 2-e izd. – М.: «Kolos», 1968. – 455 s.

10. Drobot, V. A. Optimizacija parametrov processa poverhnostnoj obrabotki pochvy gorizontal'no raspolozhennymi diskovymi rabochimi organami / V. A. Drobot, V. V. Cybulevskij // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Vyp. 2 (23). – Krasnodar: KubGAU. – 2010. – S. 181–185.
11. Drobot, V. A. Novaja polevaja ustanovka dlja inzhenernoj ocenki pochvoobrabatyvajushhih rabochih organov / V. A. Drobot, B. F. Tarasenko // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2013. – № 91 (07). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/59.pdf>.
12. Drobot, V. A. Novaja polevaja ustanovka dlja dinamometrirovaniya i rezul'ta-ty ocenki tjagovyh soprotivlenij pochvoobrabatyvajushhego rabocheho organa / V. A. Drobot, B. F. Tarasenko // Traktory i sel'hozmashiny. – 2014. – №12. – S. 10–12.
13. Drobot, V. A. Gorizontal'nyj diskovyj rabochij organ / E. I. Trubilin, V. A. Drobot, A. S. Brusencov // Sel'skij mehanizator. – 2014. – № 11. – S. 22–23.
14. Klenin N.I., Sakun V.A. Sel'skohozjajstvennye i meliorativnye mashiny. - M.: Kolos, 1994. - 751 s.
15. Sineokov G.N. Proektirovanie pochvoobrabatyvajushhih mashin. - M.: Mashinostroenie, 1965. - 311 s.
16. Kanarev F.M. Rotacionnye pochvoobrabatyvajushhie mashiny [Tekst] F.M. Kanarev. – M.: Mashinostroenie, 1983. – 142s.
17. Nestjak, V.S. Tjagovoe soprotivlenie diskovogo lushhil'nika / V.S. Nestjak, I.D. Kobjakov, A.S. Sojunov // Traktory i sel'hozmashiny. – 2012. - №12. – S.32.
18. Trubilin, E. I. Jekonomicheskaja jeffektivnost' otval'noj obrabotki pochvy razrabotannym kombinirovannym lemeshnym plugom [Jelektronnyj resurs] / E. I. Trubilin, S. V. Belousov, A. I. Lepshina // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2014. – № 103 (09). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/40.pdf>.m