

УДК 631.316.

**ИСАЕВ АЙДЫН ЮНИС ОГЛЫ**, докт. философии по технике, доцент

E-mail: aydin.isayev.75@mail.ru

Азербайджанский государственный аграрный университет, проспект Ататюрка, 262, Гянджа, AZ2000, Азербайджан

## АНАЛИЗ РАБОТЫ РАБОЧЕГО ОРГАНА ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ МАШИНЫ

Рассмотрели процесс обработки эрозионноопасных почв зон интенсивного земледелия Азербайджана с применением зубчатых рабочих органов культиватора плоскореза. Получили закономерность распределения давления на поверхности рабочего органа различной формы. Для анализа взаимодействия зубчатых рабочих органов с почвой приняли теорию периодической контактной задачи для упругих тел, используя при этом принцип упругой аналогии. Установили, что процесс образования трещин в почве зависит от характера распределения давления на участке контакта. Первые трещины возникают в точках максимальных давлений. При этом определенное влияние оказывает форма выступа рабочего органа. Получили формулу, описывающую распределение давлений под выступом зубчатого рабочего органа, форма которого представляет собой параболу четных степеней при изменении от 1 до 5. Обосновали форму выступа рабочего органа, обеспечивающую более равномерное распределение контактных давлений, обуславливающую образование трещин по всей контактирующей поверхности. Предложили учесть данное положение при проектировании рабочего органа культиватора-плоскореза, обеспечивающего качество обработки с сравнительно меньшей энергоемкостью.

**Ключевые слова:** культиватор-плоскорез, рабочий орган, давление, качество обработки, почва, тяговое сопротивление, распределение давления.

Обработка почвы является одним из основных элементов системы земледелия. Наиболее важными ее задачами всегда были создание оптимального сложения почвы, благоприятного водного, воздушного и пищевого режима, борьба с засоренностью полей. Кроме того, технология почвообработки должна отвечать требованиям энергоресурса сбережения. В этом аспекте наиболее важным является правильный выбор параметров и режимов работы почвообрабатывающих машин. Это представляет особое значение для эрозионноопасных почв зон интенсивного земледелия Азербайджана.

Опыт применения культиваторов-плоскорезов с зубчатыми рабочими органами показал сравнительное снижение энергоемкости процесса, повышение качества безотвальной обработки вышеуказанных почв [1, 2]. Однако все еще остаются неисследованными эти рабочие органы в направлении изучения ресурсов их эффективного взаимодействия с почвой и разработки рекомендаций применения их для конкретных почвенных условий.

**Материалы и методы.** Принято, что при взаимодействии зубчатого рабочего органа с почвой в горизонтальной плоскости ее можно представить как линейнодеформирующую среду. Для анализа взаимодействия зубчатых рабочих органов с почвой приняли теорию периодической контактной задачи

для упругих тел, используя при этом принцип упругой аналогии [3, 4, 5].

**Результаты и обсуждение.** Рассматриваемые рабочие органы при этом с почвой взаимодействуют по аналогии двух тел по участкам контакта  $\alpha_1 \beta_1, \alpha_2 \beta_2 \dots \alpha_n \beta_n$ , (м), описываемое уравнением:

$$\sum_{k=1}^l \int_{a_k}^{\beta_k} N(x) \ln \frac{1}{|x-1|} dt = f(x), \quad (1)$$

где  $a_k < x \beta_k$  ( $k = 1, 2, 3, \dots, l$ );  $f(x)$  – функция, заданная внутри интервала  $a_k \beta_k$ , зависящая от формы рабочего органа и почвы в горизонтальной плоскости и деформативных постоянных;

$$f(x) = c - f_1(x) - \frac{f_2(x)}{\varphi_1 - \varphi_2}, \quad (2)$$

где  $f_1(x)$  и  $f_2(x)$  – функции, описывающие контур рабочего органа и почвы в горизонтальной плоскости;  $c$  – некоторая постоянная;  $\varphi_1, \varphi_2$  – постоянные почвы и рабочего органа, зависящие от модуля деформации и коэффициента Пуассона;  $N(x)$  – распределение давления (Па) участка контакта рабочего органа с почвой.

Закон распределения давления зависит от формы участка. При клиновидной форме выступа, кон-

тур которого описывается уравнением  $y_2 = f_2(x) = A(x)$ , распределение давления

$$N(x) = \frac{N}{\pi a} \ln \frac{a - \sqrt{a^2 - x^2}}{|x|}. \quad (3)$$

При  $x = 0$  у носка клина развивается максимальное давление. Процесс образования трещин в почве зависит от характера распределения давления на участке контакта. Первые трещины возникают в точках максимальных давлений, в данном случае – у вершины клина.

Если рабочий орган имеет прямоугольную форму выступа, то создается концентрация давлений, вызывающих напряженно-деформированное состояние в ограниченном объеме почвы. В этом случае распределение давления выражается уравнением

$$N(x) = \frac{N}{\pi \sqrt{a^2 - x^2}}. \quad (4)$$

Максимальное давление развивается в точке первоначального контакта, т.е. при  $x = 0$ . Круглый участок контакта по сравнению с прямоугольным и клиновидным обеспечивает более равномерное распределение давления, которое вызывает образование нескольких трещин.

При взаимодействии выступов различной формы с почвой из-за неравномерного распределения контактных давлений процесс образования трещин происходит не по всей контактирующей поверхности, что ухудшает качество обработки почвы [6, 7].

Все рассмотренные выступы в процессе работы изнашиваются неравномерно, и наиболее интенсивно – на участках с максимальным контактным давлением. В результате геометрия лезвия меняется, ухудшается качество обработки почвы, увеличивается тяговое сопротивление орудия. Для равномерного распределения давления на контактной поверхности рабочего органа при его взаимодействии с почвой необходима иная форма выступов.

Допустим, что функции  $f_1(x)$  и  $f_2(x)$ , описывающие контур рабочего органа и почвы в горизонтальной плоскости, имеют непрерывные первые и вторые производные в окрестности точки  $x = 0$ , т.е.

$$f_1'(x) = f_2'(x) = 0 \quad (5)$$

$$f_1''(x) = f_2''(x) = 0. \quad (6)$$

Также будем предполагать, что не только вторая производная от суммы, но и все последующие производные вплоть до  $2l-1$  включительно обращаются в ноль при  $x = 0$ , будучи непрерывными в этой точке. В этом случае, учитывая малость участка контакта, можно при  $-a < x < a$  приближенно записать:

$$f_1(x) + f_2(x) = \frac{1}{2l} [f_1^{2l}(0) + f_2^{2l}(0)] x^{2l}. \quad (7)$$

Подставляя (7) в (2), получим

$$f(x) = v - A_l x^{2l}, \quad (8)$$

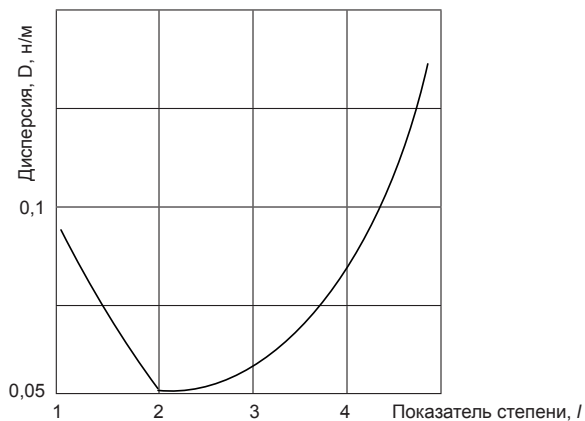
$$A_l = \frac{f_1^{2l}(0) + f_2^{2l}(0)}{2l(\varphi_1 + \varphi_2)}, \quad (9)$$

где  $v$  – некоторая постоянная.

Решая основное интегральное уравнение (1) в плоской контактной задаче в случае, когда правая часть представлена в виде (8), получим:

$$N(x) = \frac{N}{\pi a^2} \sqrt{a^2 - x^2} \left[ \frac{2l}{2l} + \frac{2l(2l-2)}{(2l-1)(2l-3)} \cdot \frac{x^2}{a^2} + \frac{2l(2l-2) \dots 2}{(2l-1)(2l-3) \dots 3 \cdot 1} \cdot \frac{x^{2l-2}}{a^{2l-2}} \right]. \quad (10)$$

Считаем, что на рабочий орган действует постоянная сила  $N$  и известна полуширина  $a$  контакта. Решая уравнение (10), получим распределение давлений под выступом зубчатого рабочего органа, форма которого представляет собой параболы четных степеней при изменении  $l$  от 1 до 5. Равномерное распределение давлений получим при  $N(x) = \text{const}$ . Поэтому идеальный случай будем оценивать действительные распределения контактных давлений, сравнивая отклонения полученных распределений при различном  $l$  и введя понятие дисперсии « $D$ » (рис.).



**Рис. Кривая изменения дисперсии (D) в зависимости от показателя степени**

При минимальном значении дисперсии получаем оптимальное значение « $l$ ».

Давление на площадке контакта будет представлено в виде:

$$N(x) = \frac{4N}{\pi 3a^4} \left[ (a^2 + 2x^2) \sqrt{a^2 - x^2} \right]. \quad (11)$$

**Выводы.** Анализируя приведенные расчетные формулы и зависимости, можно заключить, что для получения более равномерного распределения контактных давлений, при действии рабочего органа на почву, форма выступов должна представлять собой параболу четвертой степени с вершиной, направленной в сторону движения рабочего органа. В этом случае трещины будут образовываться по всей контактирующей поверхности выступов.

Спроектированный на этой основе рабочий орган будет обеспечивать высокое качество обработки почвы со сравнительно меньшими энергозатратами.

#### Библиографический список

1. Божко И.В., Пархоменко Г.Г. Особенности безотвальной послойной обработки почвы в засушливых условиях // Аготеchnика и энергообеспечения: Научно-практический журнал. Орел, 2014. № 1(1). С. 25–30.

2. Пикмуллин Г.В., Булгариев Г.Г. К обоснованию параметров и формы зубчатой режущей кром-

ки плоскорежущей лапы: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2008. С. 95–97.

3. Пархоменко Г.Г., Широ В.Н. Теория глубоких корыхлителя. Расчет взаимодействия рабочих органов с почвой в засушливых условиях. Saar-bracken. Dentschland laplambert Academic Publishing. 2013. 88 с.

4. Синеоков Г.Н. Деформации, возникающие в почве под воздействием клина / Труды ВПСКОМ: Вып. 33. М.: Машгиз, 1962. С. 3–27.

5. Александров В.М., Чебаков М.И. Аналитические методы в контактных задачах теории упругости. М.: Физматлит, 2004. 304 с.

6. Ерохин М.Н., Новиков В.С. О совершенствовании конструктивных параметров рабочих органов плуга // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2005. № 1. С. 14.

7. Ерохин М.Н., Новиков В.С. Повышение прочности и износостойкости лемеха плуга // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2008. № 3. С. 7.

Статья поступила 18.02.2016

## STUDYING PERFORMANCE OF TILLAGE MACHINE WORKING UNITS

*AIDYN YUNIS OGLU ISAYEV, Associate Professor, DSc (Eng)*

E-mail: aydin.isayev.75@mail.ru

Azerbaijan State Agrarian University, Ataturk Avenue, 262, Gandzha, AZ2000, Azerbaijan

The author has examined the treatment of erosion threatening farming areas of Azerbaijan with toothed working units of a subsurface cultivator and obtained a pressure distribution pattern on the surface of the working units of various shapes. To analyze the interaction of toothed working units with soil, use has been made of the theory of periodic contact problems for elastic bodies, using the principle of elastic analogy. The research has found that the formation of cracks in soil depends on the pattern of the pressure distribution in the contact area. The first cracks occur at the points of maximum pressure. At the same time a certain influence is made by the projection shape of a working unit. The author presents a formula describing the pressure distribution under the toothed working unit projection, the shape of which is a parabola of even powers at a change from 1 to 5. The author has determined the form of the working unit projection, providing a more even distribution of contact pressures that cause cracks across the whole contact surface. The author suggests considering this provision in the design of working units of the subsurface cultivator ensuring the quality of soil treatment with relatively lower power consumption.

**Key words:** subsurface cultivator, working unit, pressure, soil treatment quality, soil, pulling resistance, pressure distribution.

#### References

1. Bozhko I.V., Parkhomenko G.G. Osobennosti bezotval'noy posloynoy obrabotki pochvy v zasushlivykh usloviyakh [Features of layered subsurface

tillage in dry conditions] // Agotechnika i energoobespecheniye [Farm Machinery and Power Supply]: Scientific and practical journal. Orel, 2014. № 1 (1). Pp. 25–30.

2. Pikmullin G.V., Bulgariyev G.G. K obosnovaniyu

---

---

parametrov i formy zubchatoy rezhushchey kromki ploskorezhushchey lapy [On substantiation of the parameters and form a toothed cutting edge of a subsoil chisel]: Proceedings of All-Russian scientific-and-practical conference. Kazan: Publishing House of Kazan State Agrarian University, 2008, Pp. 95–97.

3. Parkhomenko G.G., Shirov V.N. Teoriya glubokorykhlytelya. Raschet vzaimodeystviya rabochikh organov s pochvoy v zasushlivykh usloviyakh. [Theory of a subsoil cultivator. The calculation of the interaction of working units with soil in dry conditions.] Saarbrücken. Deutschland laplambert Academic Publishing. 2013. 88 p.

4. Sineokov G.N. Deformatsii, vznikayushchie v pochve pod vozdeystviem klina [Deformations occurring in soil under the wedge influence / Proceedings of VPSKOM: Vol. 33. M.: Mashgiz, 1962. Pp. 3–27.

---

---

5. Aleksandrov V.M., Chebakov M.I. Analiticheskie metody v kontaktnykh zadachakh teorii uprugosti [Analytical methods in contact problems of the theory of elasticity]. M.: FIZMATLIT, 2004. 304 p.

6. Erokhin M.N., Novikov V.S. Osovershenstvovani konstrukturivnykh parametrov rabochikh organov pluga [On the improvement of the design parameters of plow working units] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2005. № 1. P. 14.

7. Erokhin M.N., Novikov V.S. Povyshenie prochnosti i iznosostoykosti lemekha pluga [Increasing the plow coulter strength and durability] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2008. № 3. P. 7.

*Received on February 18, 2016*