

КАК ЭФФЕКТИВНО ВОЗДЕЙСТВОВАТЬ НА ПОЧВУ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКЕ

HOW TO EFFECTIVELY INFLUENCE THE SOIL DURING SURFACE TREATMENT

Н.Е. РУДЕНКО, д.с.-х.н.

Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, Россия, kajwanov@yandex.ru

N.E. RUDENKO, DSc in Agriculture

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia,
kajwanov@yandex.ru

Поверхностная обработка почвы включает предпосевную, паровую, междурядную обработки и выполняется культиваторами или комбинированными машинами. Применяемые рабочие органы осуществляют одностороннее свободное воздействие на почву. Это приводит к смещению, отбрасыванию почвенных отдельностей в одном или разных направлениях в зависимости от формы плоской поверхности рабочего органа. Сопротивление, связанное с отбрасыванием почвы, приданием кинетической энергии, находится в квадратичной зависимости от скорости рабочего движения. Поэтому чаще всего существует ограничение, не превышающее 12 км/ч, что сдерживает рост производительности. Отсутствие противодействия не позволяет обеспечивать высокую степень крошения и выровненность поверхности почвы. Вот почему при поверхностной обработке почвы в комбинации с почвообрабатывающими лапами на культиваторах устанавливают диски, бороны, выравниватели, катки разных модификаций. Они осуществляют доизмельчение почвы и выравнивание поверхности. Однако это существенно увеличивает удельную материалоемкость почвообрабатывающих агрегатов. Она для некоторых из них достигает 300–400 кг/м. Это дополнительные материальные и финансовые затраты. Кроме того происходит переуплотнение почвы, ухудшение условий для роста и развития растений. Необходимо провести анализ и проверку разных способов воздействия на почву: разнонаправленного, стесненного и концентрированного. Установлено, что для улучшения качественных показателей при поверхностной обработке почвы необходимо применять разнонаправленное, стесненное или концентрированное воздействие, используя инновационные технические решения почвообрабатывающих рабочих органов. В результате обеспечивается стабилизация глубины обработки, исключается вынос влажной почвы на дневную поверхность, повышается производительность и снижаются энергозатраты.

Ключевые слова: почва, обработка, воздействие, технология, дефлектор, культиватор, лапа.

Surface treatment includes soil presowing, steam, inter-row cultivation and is performed by cultivators or combined machines. The applied working organs carry out one-way free action on the soil. This leads to a displacement, discarding of soil sections in one or different directions, depending on the shape of the flat surface of the working organ. The resistance associated with discarding the soil, giving kinetic energy is in a quadratic dependence on the speed of the working movement. Therefore, most often there is a restriction not exceeding 12 km/h, thereby restraining productivity growth. The absence of counteraction does not allow providing a high degree of crumbling and leveling of the soil surface. That is why when surface processing of soil in combination with soil cultivating paws discs, harrows, equalizers, rollers of different modifications on cultivators are installed. They carry out soil re-grinding and leveling the surface. However, this significantly increases the specific material consumption of soil cultivating units. It for some of them reaches 300–400 kg/m. This is an additional material and financial costs, in addition, there is a reconsolidation of the soil, deterioration of conditions for the growth and development of plants. It is necessary to analyze and test different ways of affecting the soil: multidirectional, constrained and concentrated. It has been established that in order to improve the quality of the surface treatment of soil, it is necessary to use a multidirectional, constrained or concentrated effect, using innovative technical solutions of soil cultivating working organs. As a result, stabilization of the depth of processing is ensured, removal of moist soil on the day surface is excluded, productivity is increased and energy costs are reduced.

Keywords: soil, treatment, impact, technology, deflector, cultivator, paw.

Введение

Чаще всего при поверхностной обработке почвы используют культиваторы, оснащенные стрельчатыми лапами. Основными техническими характеристиками лап являются: ширина захвата, угол крошения, угол раствора лезвий. Лапа состоит из стойки, лемеха и крепежных деталей [1]. Наличие угла крошения и одностороннего воздействия на почву приводят к смещению ее, отбрасыванию.

Энергия, приобретаемая почвой после воздействия на нее стрельчатой лапы, равна:

$$W = \frac{m\vartheta^2}{2} \sin \alpha (1 - f), \quad (1)$$

где ϑ – скорость рабочего движения, м/с; m – масса отбрасываемой почвы, кг; f – коэффициент трения почвы по поверхности рабочего органа.

С увеличением скорости рабочего движения ϑ и угла крошения лемеха энергия возрастает. В результате обеспечивается улучшение степени крошения почвы. Однако при этом увеличивается дальность отбрасывания, создается невыравненная поверхность, происходит вынос влажной почвы, образование борозд.

По этой причине в почвообрабатывающих культиваторах применяют разные варианты выравнивания поверхности после прохода стрельчатых лап (см. рис. 1) [2].

Все это приводит к росту удельной материалоемкости почвообрабатывающих машин. Для широкозахватных культиваторов она достигает 292 кг/м [3], а для импортных – 390 кг/м.

При междурядной обработке с целью исключения повреждения культурных растений отбрасываемой почвой используют защитные диски, щитки, что усложняет конструкцию. Поэтому изыскание более эффективных способов воздействия на почву актуально.

Цель исследования

Целью исследования является анализ способов воздействия на почву при поверхностной обработке с использованием инновационных технических решений.

Материалы и методы исследования

Использованы имеющиеся патенты на изобретения, материалы научных статей, результаты лабораторных и полевых испытаний, теоретический анализ, методы экстраполяции.

Результаты исследования и их обсуждение

Рабочий орган действует на почву с одной стороны. В зоне контакта при этом происходит смятие почвы, ее деформация. Равнодействующие от силы нормального давления и

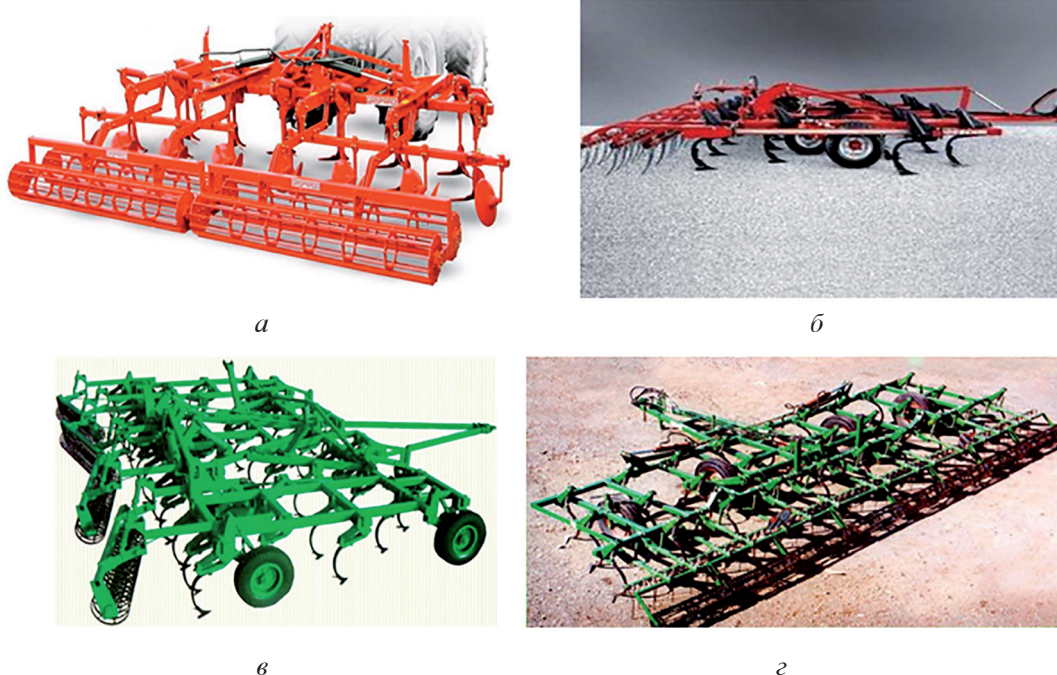


Рис. 1. Культиваторы с разными вариантами выравнивания поверхности почвы после прохода стрельчатых лап путем установки: *a* – за каждой трельчатой лапой диска; *б* – в несколько рядов пружинных борон; *в* – пружинных борон и прутковых катков; *z* – спиральных катков

силы трения для рабочих органов с плоскими поверхностями направлены вверх. Они осуществляют смещение и отбрасывание почвы с частичным рыхлением и крошением. Чтобы произошла деформация всего пласта, необходимо осуществить воздействие с противоположенных сторон, сжатие или разнонаправленное воздействие. Объемное воздействие возможно в случае стесненного перемещения почвы в каком-то пространстве. По данным академика В.А. Желиговского, следует концентрировать воздействие внешних сил, что способствует интенсивному крошению почвы. Следовательно, необходимо изыскивать технические решения рабочих органов, обеспечивающих разнонаправленное, стесненное или концентрированное воздействие на обрабатываемый материал.

Разнонаправленное воздействие

Для реализации этой технологии предложено модернизировать существующие культиваторы типа КПС-4 путем установки на них дефлекторных лап. Они включают стандартную стрелчатую лапу 2 и дополнительный дефлектор 3 (рис. 2).

Перед работой дефлектор 3 надевают на стойку 1 и опускают вниз. Поворачивают в вертикальной плоскости и устанавливают под

углом β к горизонтальной плоскости в направлении движения. Угол β должен равняться или быть больше угла трения φ почвы по металлической поверхности, т.е. $\beta \geq \varphi$.

Высота расположения задней стороны дефлектора равна:

$$h_o = K_b h_o, \quad (2)$$

где h_o – глубина обработки, мм; K_b – коэффициент вспушенности почвы после воздействия на нее лапы; $K_b = 1,15-1,20$.

В процессе работы почва отбрасывается нижним лемехом 2 вверх со скоростью ϑ , равной скорости рабочего движения культиватора. Почве придается энергия, с которой она ударяется о дефлектор 3. Происходит разнонаправленное воздействие: снизу нижний лемех 2 с силой F_b , сверху дефлектор 3 с силой F_n , что обеспечивает крошение почвы. Ввиду того, что $\beta \geq \varphi$ почва не «скользит» по поверхности дефлектора 3 и под действием результирующей силы F_p возвращается и заделывает образуемую бороздку. В результате создается выровненная поверхность с мелкокомковатой почвой (рис. 3), исключается необходимость установки после лап зубовых борон и катков, что снижает удельную материалоемкость культиватора. Скорость рабочего движения может достигать 16–18 км/ч, так как не про-

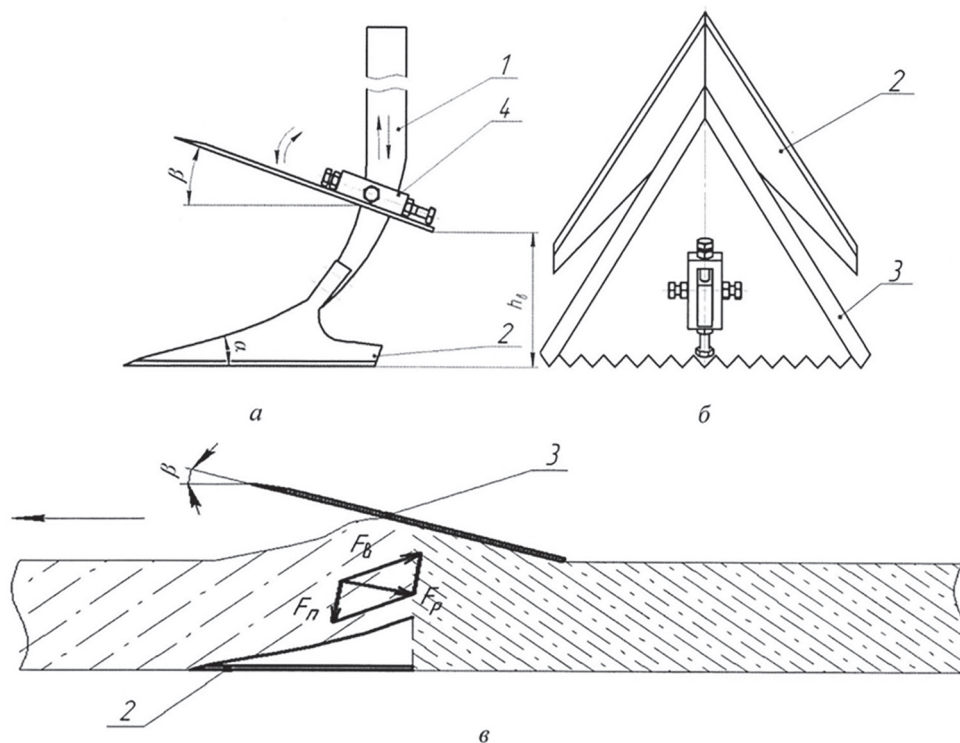


Рис. 2. Дефлекторная лапа: а – вид сбоку; б – вид сверху; в – схема воздействия на почву; 1 – стойка; 2 – стрелчатый лемех; 3 – дефлектор; 4 – держатель



Рис. 3. Вид поверхности почвы после обработки культиватором КПС-4:
а – со стандартными лапами; *б* – с дефлекторными лапами

исходит отбрасывания почвы. Культиватор с такими рабочими органами эффективен на стерневых фонах. Осуществляется равномерное распределение пожнивных остатков, создается мульчирующая поверхность.

Эта технология реализована культиваторами с двухъярусными лапами. Двухъярусная почвообрабатывающая лапа включает верхний лемех 3 (рис. 4), выполненный в виде равнобедренного треугольника. В верхнем лемехе сделан вырез, отогнутые части которого закреплены на стойке 1. Под верхним лемехом расположен нижний стрельчатый лемех 2, закрепленный к торцевой части стойки 1.

Стесненное воздействие

Расстояние между верхним и нижним лемехами равно глубине обработки почвы h . Эту величину можно менять, поднимая или опуская верхний лемех 3. Оба лемеха заточены.

Ширина захвата двухъярусной лапы 360 мм.

В процессе движения нижний лемех 2 заглубляется в почву на установленную глубину h . Верхний лемех 3 реакцией почвы удерживается на поверхности. Он срезает надземную часть сорняков, выравнивается поверхность. Нижний лемех 2 подрезает корневую систему сорняков. Создается стесненное пространство для прохода почвы, обеспечивающее ее крошение и образование мелкокомковатого слоя. По данным испытаний, степень крошения почвы составляет 94,8–98,1 % с минимальной гребнистостью. Практически исключается вынос влажной почвы на дневную поверхность.

Впервые найдено техническое решение, когда рабочие функции совмещаются в одной вертикальной плоскости с копирующими функциями: нижний лемех – рабочий, верхний – копирующий.

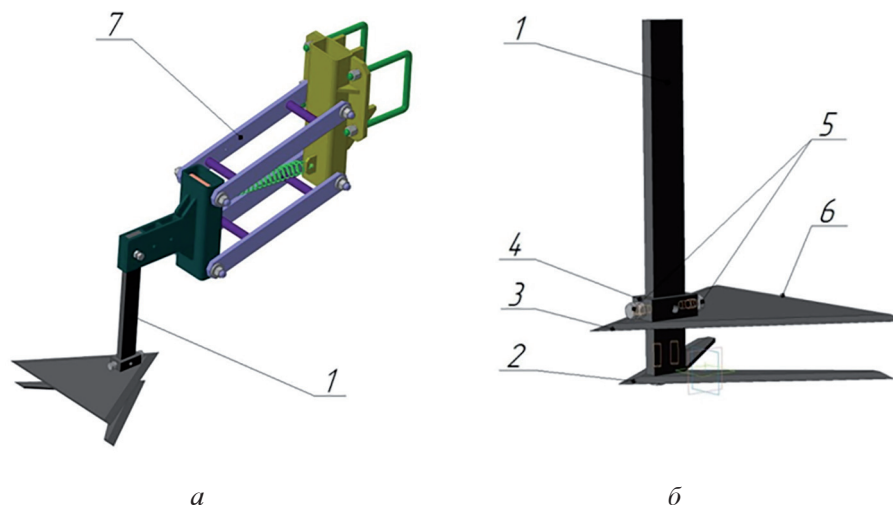


Рис. 4. Секция с двухъярусной лапой: *а* – секция; *б* – 3D-модель двухъярусной лапы;
 1 – стойка; 2 – нижний стрельчатый лемех; 3 – верхний треугольный лемех; 4 – держатель;
 5 – болты; 6 – задняя сторона лемеха; 7 – четырехзвенник

Это особенно важно при проведении предпосевной обработки почвы. При этом нижний лемех образует выровненное ложе для семян, что практически невозможно при использовании существующих культиваторов.

Концентрированное воздействие

Для реализации этой технологии предложен культиватор со спиральными лапами. Каждая секция включает грядиль 1 (рис. 5), на котором установлен рабочий орган, состоящий из стойки 2, треугольного лемеха 3, спирали 4, держателей 5, упорной пластины 7, скобы 8, струны 9.

Стойка 2, жесткая сечением 16Ч45 мм, крепится к грядилью с помощью держателей 5 и установлена к нему под углом 83° в направлении движения. Лемех 3 выполнен в виде пластинчатого треугольника толщиной 4–5 мм из стали 65Г с углом крошения $\alpha = 0^\circ$ [4]. Он крепится к торцевой части стойки 2 с помощью двух болтов. Грядиль 1 представляет собой плоскую пружину.

Проволоку спирали 4 нанизывают на несколько зацепов 6, вдоль заднего обреза лемеха 3. Исходя из того, что обработку почвы надо вести на глубину 40–50 мм, диаметр спирали составляет 50 мм. Концевые части спирали выполнены в виде горизонтально расположенной струны. Шаг спирали равен 40 мм, диаметр проволоки – 3 мм.

В начале работы при опускании культиватора почва воздействует на спираль, обеспечивая ее заглубление, пока реакция почвы не станет равной реакции плоского пружинного грядиля. Лемех при этом устанавливается в горизонтальном положении, а пружинный грядиль обеспечивает постоянное прижатие спирали.

Впереди расположенные витки спирали создают систему расходящихся сил воздействия на почву, обеспечивая деформацию растяжения. А известно, что предел крошения при растяжении в 6–7 раз меньше, чем при сжатии [5]. Задние витки, имея вогнутую поверхность, создают систему сходящихся усилий, концентрация которых позволяет более эффективно крошить почву.

Спиральные лапы целесообразно использовать при междурядной обработке. Наличие треугольного лемеха обеспечивает стабильную глубину обработки. Разрыхляется корка, создается мелкокомковатая структура, обеспе-

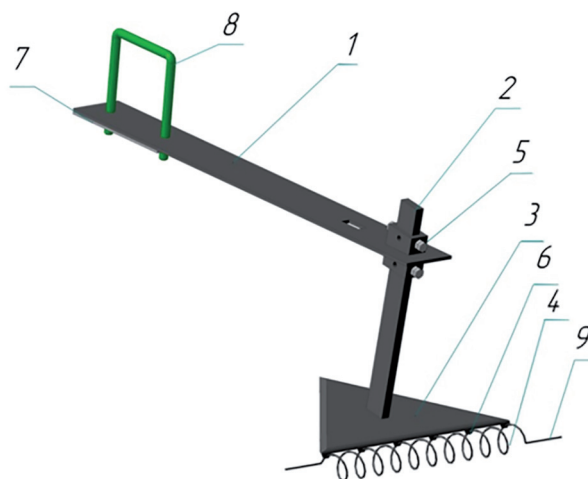


Рис. 5. 3D-модель секции культиватора со спиральными лапами: 1 – пружинный грядиль; 2 – стойка; 3 – треугольный лемех; 4 – спираль; 5 – держатели; 6 – зацеп; 7 – упорная пластина; 8 – скоба; 9 – струна

чивающая воздухообмен, существенно снижающая испарение почвенной влаги, срезаются сорняки.

Предложена комбинированная спираль, когда витки по сторонам заканчиваются горизонтальными струнами. Длина их составляет 80–100 мм. Это плоская пружина, вибрирующая в почве и эффективно вычесывающая всходы сорняков в защитной зоне. С увеличением длины она становится более податливее и без повреждения толстостебельных культурных растений может работать с нулевой защитной зоной.

Пропашной культиватор со спиральными лапами исключает:

- использование копирующих колес (копирование осуществляется лемехом);
- четырехзвенную подвеску (устанавливается более простая пружинная радиальная подвеска);
- операцию регулировки глубины обработки почвы;
- несколько рабочих органов, оставляя лишь один.

Степень крошения почвы составляет 93,0–97,7 %. (рис. 6).

Сохраняется почвенная влага в наиболее ответственный период роста и развития растений. Спиральная лапа эффективно работает при скорости до 16–18 км/ч, существенно повышается производительность культиватора.

Проведенное тензометрическое динамометрирование показало, что предложенные по-



Рис. 6. Вид поверхности почвы после обработки:
а – спиральной лапой; *б* – стандартной стрелчатой лапой

чвообрабатывающие лапы менее энергоемки. Тяговое сопротивление культиваторов, оснащенных этими лапами, на 27–30 % меньше, чем у стандартных стрелчатых лап.

Полевые испытания проведены совместно с Новокубанским филиалом ФГБНУ «Росинформротех» (КубНИИТиМ).

Заключение

Для улучшения качественных показателей при поверхностной обработке почвы необходимо применять разнонаправленное, стесненное или концентрированное воздействие, используя инновационные технические решения почвообрабатывающих рабочих органов. В результате обеспечивается стабилизация глубины обработки, исключается вынос влажной почвы на дневную поверхность, повышается производительность и снижаются энергозатраты.

Литература

1. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Колос, 1994. 751 с.
2. Руденко Н.Е. Технологические и силовые характеристики почвообрабатывающих рабочих органов. Ставрополь: АГРУС, 2014. 92 с.
3. Несмиян А.Ю., Доспехов В.В. Обзор культиваторов для сплошной обработки почвы и тенден-

ций их производства // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 4. С. 6–9.

4. Руденко Н.Е., Кайванов С.Д., Завялик Ф.Н. Скоростной энергосберегающий культиватор // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 7. С. 18–21.
5. Панов И.М. Выбор энергосберегающих способов обработки почвы // Тракторы и сельхозмашины. 1990. № 8. С. 32–35.

References

1. Klenin N.I., Sakun V.A. Sel'skokhozyaystvennye i meliorativnye mashiny [Agricultural and meliorative machines]. Moscow: Kolos Publ., 1994. 751 p.
2. Rudenko N.E. Tekhnologicheskie i silovye kharakteristiki pochvoobrabatyvayushchikh rabochikh organov [Technological and power characteristics of soil-working tools]. Stavropol': AGRUS Publ., 2014. 92 p.
3. Nesmiyan A.Yu., Dospikhov V.V. Overview of cultivators for continuous tillage and production trends. Traktory i sel'khovmashiny. 2013. No 4, pp. 6–9 (in Russ.).
4. Rudenko N.E., Kayvanov S.D., Zavyalik F.N. High-speed energy-saving cultivator. Traktory i sel'khovmashiny. 2016. No 7, pp. 18–21 (in Russ.).
5. Panov I.M. Selection of energy-saving methods of soil cultivation. Traktory i sel'khovmashiny. 1990. No 8, pp. 32–35 (in Russ.).