

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТВЕРДОСТИ ПОЧВЫ, ШИРИНЫ ЗАХВАТА, ГЛУБИНЫ ОБРАБОТКИ И УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КУЛЬТИВАТОРНОГО ОРУДИЯ

INTERRELATION OF SOIL HARDNESS, WIDTH, DEPTH OF TILLAGE AND RESISTIVITY OF CULTIVATOR INSTRUMENTS

Велиев Р.М., соискатель

Азербайджанский Государственный Аграрный Университет
E-mail: tagievurfan@yahoo.com; tagiyev.asau@gmail.com

Veliev R.M., Applicant

Azerbaijan State Agricultural University
E-mail: tagievurfan@yahoo.com; tagiyev.asau@gmail.com

В статье рассматривается взаимосвязь твердости почвы, ширины захвата, глубины обработки и удельного сопротивления культиваторного орудия; из условий исключения забиваемости рабочих органов растительными остатками определяется минимальная рабочая ширина захвата и допустимая максимальная рабочая ширина захвата. Из условий обеспечения минимального удельного тягового сопротивления орудия при соблюдении агротехнических требований к культивации и повышению эффективности работы культиваторного агрегата необходима переменная ширина захвата. Используя приведенные расчеты, получена номограмма, которая позволяет графическим путем устанавливать рабочую ширину захвата культиватора для заданной глубины обработки, на разных скоростях движения с учетом типа почв. Из номограммы для определения рабочей ширины захвата культиватора для конкретных почвенных условий видно, что при глубине обработки 7,5 см продольная твердость составляет 1,05 МПа. При этом удельное тяговое сопротивление культиваторного орудия составляет 2,4 кН/м. Составленная номограмма для определения рациональной рабочей ширины захвата культиваторного агрегата в различных условиях работы показывает, что в рекомендуемом диапазоне изменения глубины культивации 6–14 см ширина захвата агрегата изменяется от 2,4 до 4,8 м при изменении скорости от 5 до 12 км/ч.

Ключевые слова: рыхление почвы, твердость почвы, ширина захвата, удельное сопротивление, рабочие органы, зона деформации, уравнения регрессии.

The article examines the interrelation of soil hardness, width, depth of tillage and resistivity of cultivator instruments. The minimum working width and maximum allowable working width are determined under preclusion conditions of blocking working elements with plant residues. The variable width is necessary for ensuring the minimum resistivity of the instrument in accordance with agrotechnical requirements to cultivation and for improving the efficiency of cultivator machine. A nomogram was obtained on the basis of the calculations specified. The nomogram is served to set graphically the working width of the cultivator for a given depth of tillage at different speeds and in different types of soils. The nomogram for the determination of working width of the cultivator machine shows that the longitudinal hardness is 1.05 MPa at the depth of tillage of 7.5 cm. The resistivity of the cultivator machine is 2.4 kN/m. The developed nomogram for the determination of working width of the cultivator machine shows that in the recommended range of cultivation depth from 6–14 cm the width rates varies from 2.4 to 4.8 m at the speed rates of 5–12 km/h.

Key words: loosening of soil, hardness of soil, width, resistivity, working elements, deformation zone, regression equations.

Наиболее энергоемким процессом в земледелии является обработка почвы, на которую приходится около 40% энергетических затрат. При этом значительное место в системе почвообрабатывающих машин в мировой практике отводится культиваторным агрегатам [1].

Многообразие свойств почвы и их изменчивость требуют соответствия орудий для глубокой обработки условиям их функционирования, рационального комплектования агрегата, установления оптимальных параметров и режимов работы, обеспечивающих эффективное их использование с соблюдением агротехнических требований.

Анализ проведенных исследований показывает, что вопрос о создании культиваторов с изменяемой шириной захвата для сплошной обработки почвы, максимально адаптируемых к изменяющимся свойствам почвы в условиях Азербайджана, является не затронутым. При этом необходимо обращать внимание на влияние изменения ширины захвата на энергетические и агротехнические показатели работы.

В начале рассмотрим рыхление почвы одиночным рабочим органом культиватора, который представляет из себя двухгранный клин.

Схема работы дана на рис. 1 и 2. На схеме P — сила от действия клина на почву, отклонения от нормали на угол трения, P_v и P_r — вертикальная горизонтальная составляющие силы.

При движении рыхлящей лапы в почве над передней гранью клина за счет вертикальной составляющей P_v

Рис. 1. Эпюры напряжений в почве от действия клина в продольно-вертикальной плоскости

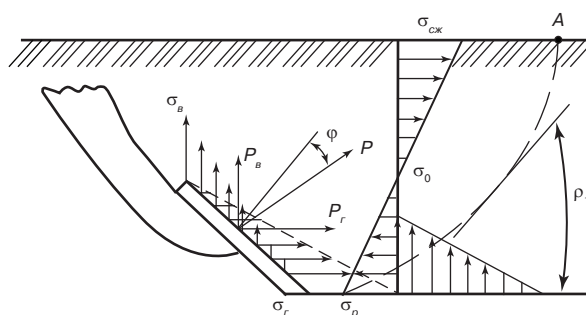
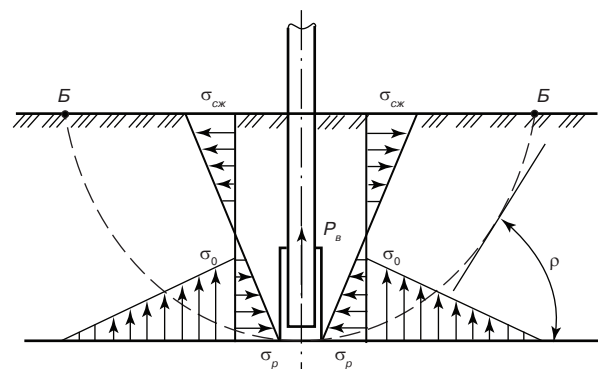


Рис. 2. Эпюры напряжений в почве от действия клина в поперечно-вертикальной плоскости



возникает напряжение сжатия σ_p , а по периметру внедренной части клина вследствие связности пласта возникает напряжение отрыва σ_0 (рис. 1, 2) [2].

Известно, что почвы на глубине лапы обладают большой твердостью и связностью, при дальнейшем перемещении лапы образуются трещины отрыва. После того формируются почвенные элементы, которые стремятся повернуться вокруг точки А (рис. 1) и точки В (рис. 2) под действием изгибающих моментов от силы P_B . Эти моменты выше нейтральной линии вызывают напряжение сжатия пласта $\sigma_{сж}$, а в нижней части пласта — напряжения σ_p . Совокупность напряжений σ_p и σ_0 по мере удлинения трещины отрыва вызывает ее искривление. Поэтому трещины отрыва под всевозрастающим углом ρ_1 (рис. 1) и ρ (рис. 2) постепенно достигают поверхности пласта.

Почвенный элемент в продольно-вертикальной плоскости поворачивается вокруг точки А, наползает на клин, крошится и дополнительно разрушается стойкой рабочего органа (рис. 1). Почвенный элемент в поперечно-вертикальной плоскости поворачивается вокруг точки В (рис. 2), крошится и после прохода рабочего органа опускается на место. Таким образом, связная почва при рыхлении двухгранным клином разрушается посредством деформации смятия и отрыва. Напряжение разрушения почвы смятием в 12–14 раз больше, чем напряжение разрушения разрывом [3]. Поэтому пласт в промежутке между рабочими органами рыхлится менее энергоемким способом, чем почва, находящаяся перед ними.

Рассмотрим процесс рыхления почвы двумя параллельными рабочими органами.

При внедрении в почву параллельных клиньев напряжение отрыва σ_0 от соседних рабочих органов складывается между собой (рис. 3).

Если рабочие органы размещены достаточно далеко друг от друга, то скалывание почвы произойдет раньше, чем начнется складывание напряжений σ_0 , так как они распространяются в почве с определенной скоростью. Угол скалывания между рабочими органами будет такой же, как и с внешней стороны профиля. В этом случае клинья не влияя друг на друга [3].

При приближении рабочих органов друг к другу влияние складывающихся напряжений σ_0 на направление трещин отрыва будет увеличиваться. Это приведет к уменьшению угла ρ при скалывании почвы между соседними рабочими органами.

По мере дальнейшего уменьшения расстояния между рабочими органами наступит момент, когда суммарное напряжение $\Sigma\sigma_0$ соседних рабочих органов достигает величины временного сопротивления почвы разрыву одновременно по всей линии, соединяющей лезвия рыхлящих лап. Зоны деформации соседних рабочих органов при этом полностью смыкаются и происходит отделение пласта почвы общего для двух рабочих органов. Угол ρ в этом случае будет равен нулю. При совместной работе рыхлящих лап угол скалывания ρ уменьшается, а площадь разрыхленного пласта, заключенная между ними, будет больше, чем при работе рыхлящих лап, не влияющих друг на друга. Поэтому при совместной работе лап доля менее энергоемкой деформации отрыва возрастает. Удельное тяговое сопротивление по этой причине будет уменьшаться.

Рабочие органы культиватора, размещенные на раме, представляют собой два ряда параллельно установленных двухгранных клиньев. При совместной работе рыхлящих лап энергоемкость рыхления будет меньше, чем орудия с трехрядным расположением рабочих органов.

Следовательно, для обоснования минимальной ширины захвата культиваторного агрегата с изменяемой

Рис. 3. Эпюра напряжений в почве от действия параллельных клиньев в поперечно-вертикальной плоскости

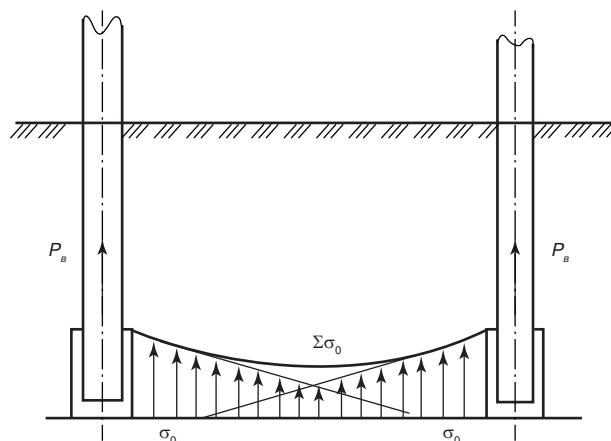
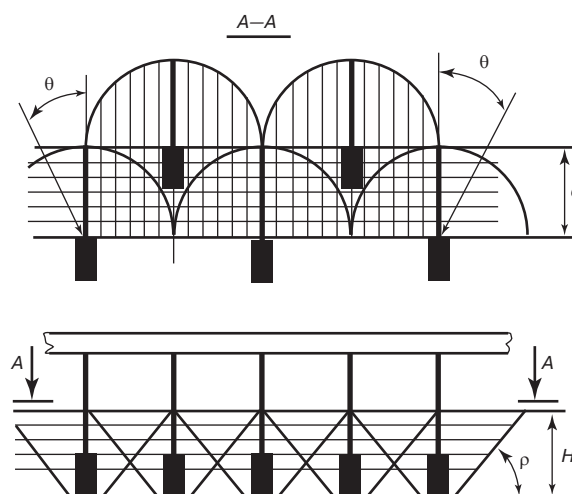


Рис. 4. Схема к определению зон деформации почвы



шириной захвата (ИШЗ) при двухрядном расположении рабочих органов необходимо выполнение условий: несгибаемость рабочих органов растительными остатками; полное рыхление почвы; обеспечение смещения рабочих органов культиваторов в сторону уменьшения ширины захвата.

При работе культиваторного агрегата зоны деформации почвы состоят из областей, разрыхленных средними рабочими органами, и зон деформаций правого и левого рабочих органов. В несимметричных зонах деформации центры сопротивления почвы будут смещены относительно середины зон в направлении от продольной оси симметрии орудия. Вследствие этого реакции почвы будут наклонены к продольной оси орудия, как показано на рис. 4.

В зависимости от типа механического состава почвы угол наклона реакции почвы θ будет разным. Универсальной величиной, характеризующей изменения почвенных условий, является твердость почвы [4].

Определим взаимосвязь твердости почвы, ширины захвата, глубины обработки и удельного сопротивления культиваторного орудия.

Удельное сопротивление рабочего органа K_{po} зависит от твердости почвы. Экспериментальными исследованиями доказано, что для всех типов почв изменение удельного сопротивления рабочего органа K_{po} в зависимости от продольной твердости T_n почв описывается полиномом второй степени:

$$K_{po} = A_1 + B_1 T_n + C_1 T_n^2, \quad (1)$$

где A_1 , B_1 , C_1 — коэффициенты уравнения регрессии [4].

Исследования [4] показывают, что удельное тяговое сопротивление культиваторного орудия на всех исследованных типах почв в зависимости от продольной твердости T_n можно записать эмпирическим уравнением:

$$K_p = 9,578T_n - 2,392. \quad (2)$$

Удельное сопротивление культиваторного орудия может значительно меняться в зависимости от скорости движения агрегата. Вайнруб В.И. [3] предлагает принять для культиваторных агрегатов следующую зависимость для K_v

$$K_v = 0,82 + 0,03V_p. \quad (3)$$

На величину твердости почвы влияет глубина пахотного слоя. Исследования [4] показывают, что зависимость продольной твердости T_n от глубины h выражается эмпирическим уравнением:

$$T_n = 1,168 - 17,56h + 150,1h^2. \quad (4)$$

Рабочая скорость движения V_p определяется из тяговых характеристик трактора [4]

$$V_p = 18,36 - 0,298P_{кр} + 0,001P_{кр}^2, \quad P_{кр} = \frac{R_a}{K_T}, \quad (5)$$

где R_a — тяговое сопротивление агрегата; K_T — коэффициент использования номинальной силы.

Для теоретических расчетов примем $K_T = 1$ [4].

Для работы культиваторного агрегата удельное сопротивление R_a вычисляют следующим образом:

$$R_a = K_p \cdot K_v \cdot B \cdot \beta_k / K_K K_T, \quad (6)$$

где K_p — удельное сопротивление орудия; K_v — коэффициент, учитывающий изменение удельного сопротивления агрегата от скорости движения; β_k — коэффициент использования конструктивной ширины захвата, для теоретических расчетов примем $\beta_k = 1$; K_K — коэффициент, учитывающий почвенные условия.

Исследованиями [4] установлено, что коэффициенты K_v , K_T , K_K могут быть определены по выражениям:

$$\begin{aligned} K_v &= 0,82 + 0,03V_p; \\ K_T &= 1,06 - 0,013V_p; \\ K_K &= 0,80 + 0,02 \cdot K, \end{aligned} \quad (7)$$

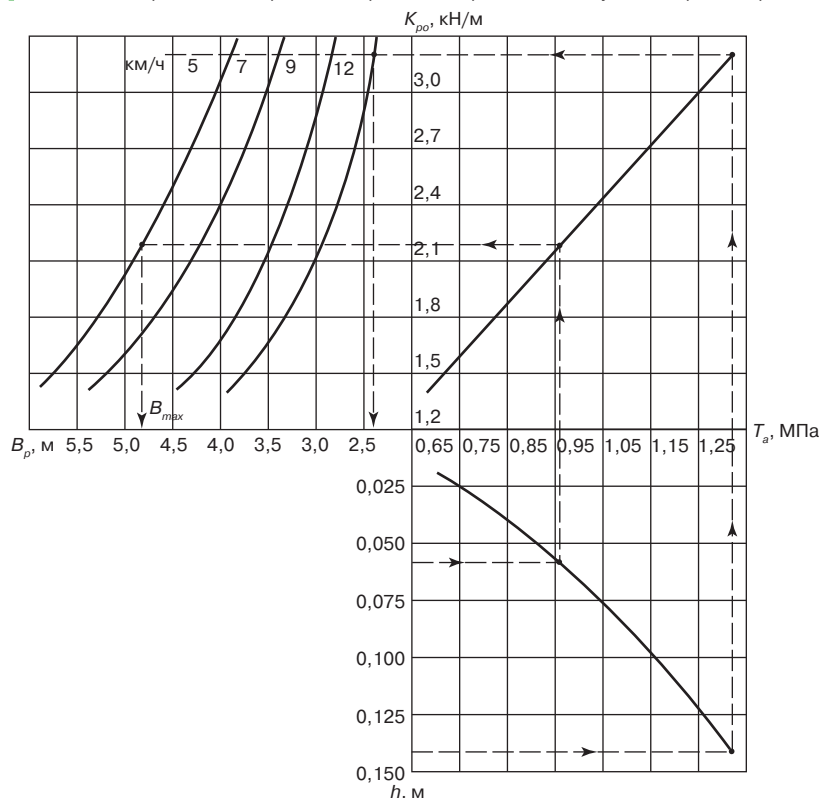
где K — удельное сопротивление почв, кН/м.

Через сопротивление орудия определить требуемую ширину захвата орудия:

ЛИТЕРАТУРА

1. Панов А.И., Панов И.М. Современные тенденции развития техники для обработки почвы // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — № 5. — 1998. — 33 с.
2. Кляровский В.А. Параметры и режимы работы чизельного плуга для засоренных камнями почв, повышающие его эффективность: дис. ... канд. техн. наук. — Л.: Пушкин, 1988. — 192 с.
3. Ветохин В.И. Обоснование формы и параметров рыхлительных рабочих органов с целью снижения затрат на обработку почвы: дис. ... канд. техн. наук. — М., 1991. — 183 с.
4. Мишин П.В. Повышение эффективности работы почвообрабатывающих агрегатов путем их адаптации к условиям функционирования: дис. ... д-ра техн. наук. — Чебоксары, 2001. — 386 с.

Рис. 5. Номограмма для определения рабочей ширины захвата культиваторного агрегата



$$B = P_{кр} \cdot K_K \cdot K_T / K_v \cdot K_p \beta_k. \quad (8)$$

Из тяговых характеристик трактора МТЗ-892, анализируя огибающую кривую скорости движения в зависимости от крутящего момента, можно получить зависимость $P_{кр} = f(V_p)$ достоверно аппроксимируется уравнением регрессии:

$$P_{кр} = 28,06 - 2,518V_p + 0,065V_p^2. \quad (9)$$

Используя зависимости (1)–(9), произведем расчеты для определения рациональных режимов работы культиваторных агрегатов.

Используя приведенные расчеты, мы получили номограмму (рис. 5), которая позволяет графическим путем устанавливать рабочую ширину захвата культиватора для заданной глубины обработки, на разных скоростях движения с учетом типа почв.

Из номограммы для определения рабочей ширины захвата культиватора для конкретных почвенных условий видно, что при глубине обработки 7,5 см продольная твердость составляет 1,05 МПа. При этом удельное тяговое сопротивление культиваторного орудия составляет 2,4 кН/м.

Для работы культиваторного агрегата со скоростью 5 км/ч необходимо установить ширину захвата культиватора 4,8 м.

REFERENCES

1. Panov A.I., Panov I.M. Modern trends in the development of technology for tillage // Tractors and agricultural machinery. № 5. 1998. 33 p.
2. Klyarovskiy V.A. Parameters and operating modes of the chisel plow for soils littered with stones, increasing its efficiency: dis. Ph.D. L.: Pushkin, 1988. 192 p.
3. Vetokhin V.I. Justification of the form and parameters of loosening working bodies in order to reduce the cost of tillage: dis. Cand. Tech. Sci. M., 1991. 183 p.
4. Mishin P.V. Improving the efficiency of tillage units by adapting them to the conditions of functioning: dis. d. tech. sci. Cheboksary, 2001. 386 p.