УДК 631.312

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ УГЛА НАКЛОНА ЛЕЗВИЯ ЛЕМЕХА КО ДНУ БОРОЗДЫ

С.И.СТАРОВОЙТОВ, *канд. техн. наук,*
Н.П.СТАРОВОЙТОВА, *канд. биол. наук,*
Н.Н.ЧЕМИСОВ, *инженер*

Брянская государственная сельскохозяйственная академия, e-mail: starovoitov.si@mail.ru,
г. Брянск, Российская Федерация

Отвальная обработка почвы остается самой энергоемкой операцией в производстве сельскохозяйственных культур. Снижение энергоемкости вспашки плужным корпусом возможно изменением наклона режущей кромки ко дну борозды. При этом резание режущей кромкой осуществляется непосредственно за счет лезвия и части фаски. Лезвие создает максимальное главное напряжение, часть фаски – минимальное главное напряжение. Угол наклона режущей кромки ко дну борозды должен быть таким, чтобы при воздействии части фаски преобладали упругие деформации, исключающие разрушение почвенных частиц. Получили выражение, связывающее угол наклона режущей кромки ко дну борозды с упругой составляющей относительной деформации графика сжатия, глубиной вспашки, длиной фрагментированной части режущей кромки. Показали, что возрастание величины упругой составляющей и глубины вспашки увеличивает угол наклона. Упругую составляющую относительной деформации почвы определили из анализа кривой сжатия, полученной при разрушении образцов цилиндрической формы на разрывной машине РМ-0,5. Установили, что с повышением значения абсолютной влажности суглинистой почвы упругая составляющая относительной деформации изменяется по параболической зависимости, принимая максимум при абсолютной влажности почвы 24 процента. Получили, что для всех величин глубины вспашки с возрастанием абсолютной влажности угол наклона увеличивается. Минимальное значение угла соответствует вспашке на глубину 0,2 м, максимальное – на глубину 0,25 м. При абсолютной влажности 25 процентов и глубине вспашки 0,2 м угол наклона составляет 2,8 градуса, при вспашке на глубину 0,25 м – 3,52 градуса. Установили, что для суглинистой почвы в состоянии физической спелости максимальное значение угла наклона режущей кромки лемеха ко дну борозды не должно превышать 4 градуса.

Ключевые слова: *суглинистая почва, вспашка, плуг, лемех, дно борозды.*

Плужный корпус отвального плуга включает лемех, отвал, полевую доску, стойку, башмак. Лемех и отвал формируют лемешно-отвальную поверхность. Энергоемкость лемеха значительно превышает энергоемкость отвала. В свою очередь, лемех работает как двойной деформатор: лезвием сминает почву, то есть режет, а поверхностью ее крошит.

Процесс взаимодействия лемеха с почвой в зависимости от ее гранулометрического состава и влажности подразделяется на два вида: скалывание или излом пласта. При скалывании пласта доля энергоемкости поверхности лемеха больше энергоемкости лезвия. При изломе же пласта больше энергоемкость лезвия лемеха [1, 2].

Исключая колебание лемеха, изменение угла установки лезвия к стенке борозды и его поверхности ко дну борозды, снизить энергоемкость при скалывании пласта можно за счет наклона режущей кромки ко дну борозды *(рис. 1)* [3-5]. В данном случае разрушение почвы будет осуществляться за счет напряжений смятия σ_1 и растяжения σ_3. Напряжение смятия σ_1 относится к максимальным главным напряжениям, σ_3 – к минимальным главным напряжениям.

Цель исследований – определение целесообразного угла наклона лезвия лемеха ко дну борозды. К задачам исследования следует отнести вывод выражения, связывающего угол наклона, физические

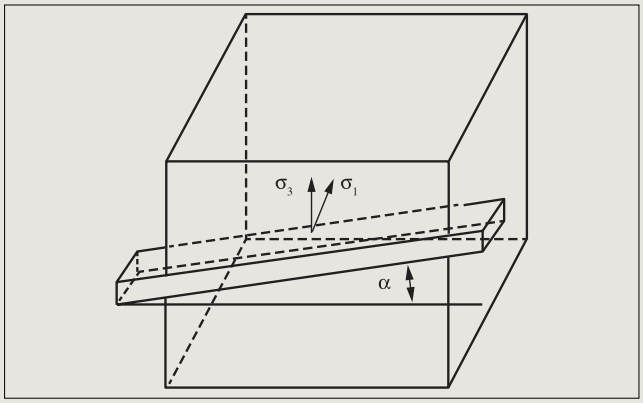

Рис. 1. Взаимодействие фрагмента лезвия лемеха и частицы почвы

свойства почвы как объекта обработки, глубину вспашки и длину фрагментированной части лезвия лемеха, а также экспериментальное определение упругой составляющей относительной деформации графика сжатия суглинистой почвы.

Материалы и методы. Проведем вертикальную линию, обозначающую стенку борозды *(рис. 2)*. Точка *A* обозначает носок фрагментированной части лезвия лемеха. Горизонтальная линия, проведенная через точку *A*, является дном борозды. Выше точки *A* разместим точку *B*. Горизонтальная линия, проведенная через точку *B*, обозначает дневную поверхность поля. Длина отрезка *AB* соответствует глубине вспашки *H*.

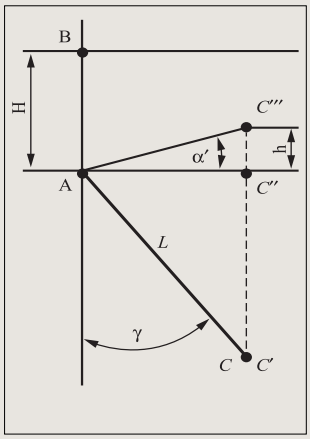

Рис. 2. К определению угла наклона лезвия лемеха ко дну борозды

Лезвие *AC* длиной *L* располагается под углом *α* ко дну борозды. На горизонтальной проекции пятки фрагментированной части лезвия точка *C* совпадает с точкой *C'*. Тогда:

$$AC' = AC \cdot \cos\alpha, \qquad (1)$$

где *α* – угол наклона фрагментированной части лезвия лемеха ко дну борозды.

Для малых углов:

$AC' = AC = L.$

Отрезок *AC'* располагается под углом *γ* к стенке борозды. Проекцией точки *C'* на поперечно-вертикальной плоскости служит точка *C''*, проекцией точки *C – C'''*. Отрезок *C'' – C'''* обозначает максимально возможную величину деформации при сжатии почвы *h*.

Относительная величина сжатия пласта пяткой фрагментированной части лезвия:

$$\varepsilon = \frac{h}{H} \cdot 100\% . \qquad (2)$$

Условие деформирования пласта в пределах упругой области записывается следующим образом:

$$\varepsilon = \varepsilon_y , \qquad (3)$$

где ε_y – упругая составляющая относительной деформации графика *σ – ε (рис. 3)*.

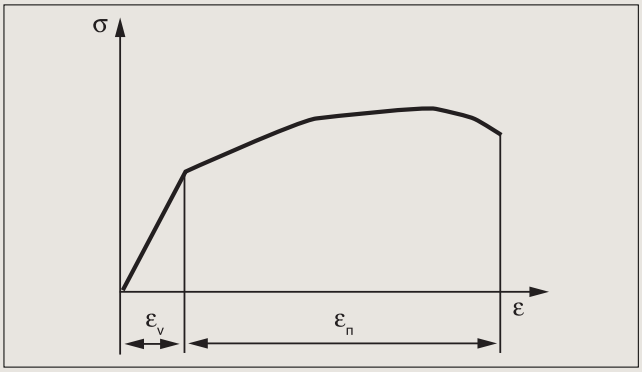

Рис. 3. Зависимость напряжения сжатия σ от относительной деформации почвы ε

Тогда величина относительной деформации сжатия почвы:

$$h = \frac{\varepsilon_y \cdot H}{100} . \qquad (4)$$

В свою очередь:

$h = AC'' \cdot tg\alpha'.$

Для малых углов:

$tg\alpha' \approx \alpha'.$

$h = AC'' \cdot \alpha'.$

С учетом изложенного:

$$AC'' \cdot \alpha' = \frac{\varepsilon_y \cdot H}{100} ;$$

$$\alpha' = \frac{\varepsilon_y \cdot H}{AC'' \cdot 100} . \qquad (5)$$

Так как:

$\alpha' \cdot \sin\gamma = \alpha;$

$AC'' = L \cdot \sin\gamma,$

то окончательное значение угла наклона фрагментированной части лезвия лемеха равно:

$$\alpha = \frac{\varepsilon_y \cdot H}{L \cdot 100} . \qquad (6)$$

Для определения зависимости упругой составляющей относительной деформации ε_y суглинистой почвы при сжатии от абсолютной влажности суглинистой почвы в лаборатории кафедры механики и основ конструирования Брянской ГСХА в 2011 г. были проведены соответствующие эксперименты. Использовались почвенные образцы ненарушенной структуры, обладающие достаточным сцеплением,

диаметр и высота которых составляли 0,05 м. Для деформации образца с постоянной скоростью нагружения применяли разрывную машину РМ-0,5 *(рис. 4)*.

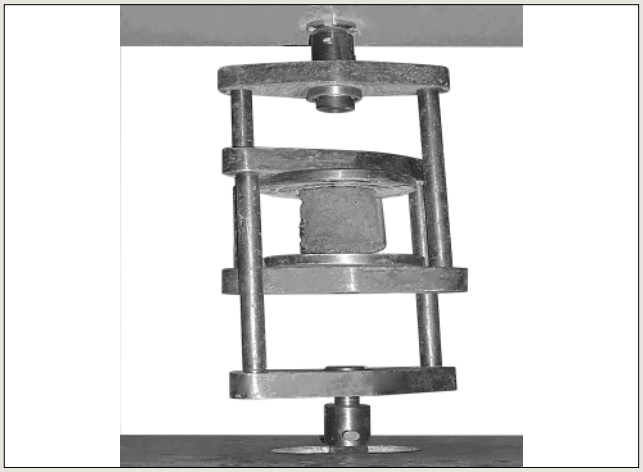

Рис. 4. Разрывная машина РМ-0,5

При одноосном нагружении образец деформировался до характерных проявлений линий излома, при которых почва начинает крошиться. Упругую составляющую ε_y определяли на основе анализа графика сжатия *(рис. 3)*.

Одновременно с испытаниями изучали абсолютную влажность почвенных образцов. Почва – серая лесная, мехсостав – суглинок. Были получены следующие результаты. Абсолютная влажность суглинистой почвы изменялась в интервале 10-25%. С увеличением значения абсолютной влажности по квадратичной параболе возрастал показатель упругой составляющей относительной деформации *(рис. 5)*.

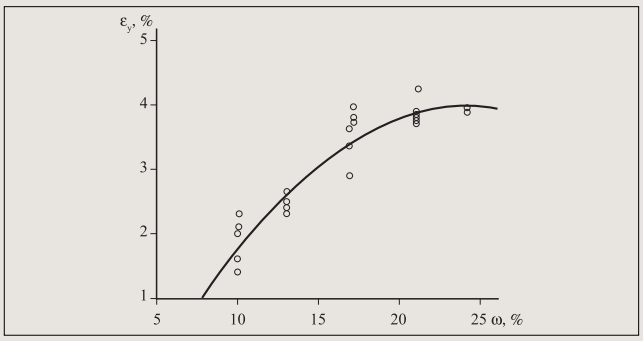

Рис. 5. Влияние абсолютной влажности на упругую составляющую относительной деформации почвы при сжатии

Интенсивность нарастания значений упругой составляющей в интервале 10-18% больше, чем в интервале значений 18-25%. Максимальное значение упругая составляющая принимает при влажности 24%. При степени достоверности аппроксимации R^2= 0,895 было получено следующее уравнение регрессии:

$$\varepsilon_y = -0{,}011 \cdot \omega^2 + 0{,}545 \cdot \omega - 2{,}573, \qquad (8)$$

где ω – абсолютная влажность почвы.

Результаты и обсуждение. Значения угла наклона лезвия лемеха при постоянной длине фрагментированной части лезвия долотообразного лемеха L = 0,17 м в зависимости от значения абсолютной влажности суглинистой почвы и глубины вспашки представлены в *таблице*.

Таблица

Изменение угла наклона лезвия лемеха ко дну борозды в зависимости от абсолютной влажности почвы и глубины вспашки, град.

Абсолютная влажность почвы, %	Глубина вспашки, м					
	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25
10	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,50
11	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,76
12	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,01
13	1,8	1,9	2,0	2,1	2,1	2,24
14	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,45
15	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,64
16	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,81
17	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,96
18	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,10
19	2,6	2,7	2,8	3,0	3,1	3,21
20	2,6	2,8	2,9	3,0	3,2	3,31
21	2,7	2,8	3,0	3,1	3,3	3,39
22	2,8	2,9	3,0	3,2	3,3	3,45
23	2,8	2,9	3,1	3,2	3,4	3,49
24	2,8	3,0	3,1	3,2	3,4	3,52
25	2,8	3,0	3,1	3,2	3,4	3,52

Чем глубже вспашка (при постоянном значении абсолютной влажности суглинистой почвы), тем больше угол наклона лезвия лемеха ко дну борозды. Повышение абсолютной влажности суглинистой почвы (при фиксированной глубине вспашки) также сопровождается увеличением угла наклона лезвия лемеха. Минимальное значение угла наклона соответствует вспашке на глубину 0,20 м, максимальное – на глубину 0,25 м. При абсолютной влажности 25% и глубине вспашки 0,20 м угол наклона составит 2,8°, при вспашке на глубину 0,25 м – 3,52°. Для суглинистой почвы, находящейся в состоянии физической спелости, максимальное значение угла наклона режущей кромки лемеха ко дну борозды не должно превышать 4°.

Выводы. Получено выражение, связывающее угол наклона лезвия лемеха с упругой составляющей относительной деформации графика сжатия, глубиной вспашки и длиной фрагментированной части лезвия лемеха.

При степени достоверности аппроксимации

R^2= 0,895 получено уравнение регрессии, связывающее упругую составляющую относительной деформации графика сжатия $\sigma - \varepsilon$ и значение абсолютной влажности суглинистой почвы.

Для суглинистой почвы, находящейся в состоянии физической спелости, максимальное значение угла наклона режущей кромки лемеха ко дну борозды не должно превышать 4°.

Литература

1. Лобачевский Я.П. Прочностные и деформационные свойства связанных задерненных почв // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – № 3. – С.18-20.

2. Жук А.Ф. Новые способы послойной обработки почвы // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 4. – С.13-18.

3. Пат.131932 Российской Федерации, МПК 15/00. Лемех плуга /С.И.Старовойтов, Н.П.Старовойтова, В.Н.Блохин, Н.Н.Чемисов; ФГУ ВПО «Брянская ГСХА»; заявл. 19.12.2012; опубл. 10.09.2013.

4. Джавадов Р.Д. Теоретическое обоснование комбинированного полуактивного почвообрабатывающего рабочего органа культиватора // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2009. – № 4. – С.33-36.

5. Лобачевский Я.П., Эльшейх А.Х. Обоснование расстановки дисковых рабочих органов в комбинированных почвообрабатывающих агрегатах // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2009. – № 4. – С.22-25.

References

1. Lobachevskiy Ya.P. Prochnostnye i deformatsionnye svoystva svyazannykh zadernennykh pochv [Strength and deformation properties of the consolidated matted soils]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2011. No 3. pp.1 8-20 (Russian).

2. Zhuk A.F. Novye sposoby posloynoy obrabotki pochvy [New ways of graded tillage]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2014. No 4. pp.13-18 (Russian).

3. Pat. № 131932 RF, MPK 15/00. Lemekh pluga [Plough share]. S.I. Starovoytov, N.P. Starovoytova, V.N. Blokhin, N.N. Chemisov; FGU VPO «Bryanskaya GSKhA»; zayavl. 19.12.2012; opubl.10.09.2013 (Russian).

4. Dzhavadov R.D. Teoreticheskoe obosnovanie kombinirovannogo poluaktivnogo pochvoobrabatyvayushchego rabochego organa kul'tivatora [Theoretical justification of the combined semi-active soil-cultivating working element of a cultivator]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2009. No 4. pp. 33-36 (Russian).

5. Lobachevskiy Ya.P., El'sheykh A.Kh. Obosnovanie rasstanovki diskovykh rabochikh organov v kombinirovannykh pochvoobrabatyvayushchikh agregatakh [Justification of placement of disk working elements in the combined soil-cultivating units]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2009. No 4. pp. 22-25 (Russian).

REVISITING THE PITCH ANGLE OF THE CUTTING EDGE OF THE PLOUGH-SHARE TO THE FURROW BOTTOM

Starovoytov S.I., Cand.Sc.(Eng.), **Starovoytova N.P.**, Cand.Sc.(Biol.), **Chemisov N.N.**, Bryansk State Agricultural Academy, e-mail: , Bryansk, Russian Federation

Mold board soil cultivating is the most power-intensive operation in crop production. Decrease of power consumption of plowing by the plow body is possible in case of change of the pitch angle of the cutting edge to the furrow bottom. Thus cutting by the cutting edge is carried out directly by a cutting edge and part of a facet. The cutting edge creates the maximum main tension, part of a facet – the minimum main tension. The pitch angle of the cutting edge to a furrow bottom has to be such that the elastic deformations excluding destruction of soil particles prevailed at influence of facet part. The expression connecting a pitch angle of the cutting edge to a furrow bottom from the elastic making relative strain of the compression schedule, the plowing depth, length of the fragmented part of the cutting edge is received. Rising of size of an elastic component and depth of plowing increases a pitch angle. The elastic component of relative soil deformation was defined from the analysis of the curve of compression received at destruction of samples with a cylindrical form by pull test machine RM-0.5. It was established that with increase of value of absolute humidity of the loamy soil the elastic component of relative deformation changes on parabolic dependence, accepting a maximum at absolute humidity of the soil (24 percent). For all sizes of plowing depth the pitch angle increases with rising of absolute humidity. The minimum angle value corresponds to plowing depth of 0.2 m, maximum – of 0.25 m. At absolute humidity of 25 percent and plowing depth of 0.2 m the pitch angle makes 2.8 degrees, when depth of 0.25 m – 3.52 degrees. It was established that for the loamy tilth soil the maximum value of a tilt pitch angle of the cutting plough share edge to a furrow bottom should not be above 4 degrees.

Keywords: *Loamy soil; Plowing; Plow; Plough share; Furrow bottom.*