



Wydział
Kształtowania
Środowiska i Rolnictwa



**XIV Międzynarodowa Konferencja Naukowa
z cyklu Problemy Inżynierii Rolniczej
INŻYNIERIA ROLNICZA A ŚRODOWISKO**

**XIV International Scientific Conference
AGRICULTURAL ENGINEERING AND THE ENVIRONMENT**

S Z C Z E C I N, 21–23 czerwca 2010 POLAND



Wydanie publikacji zrealizowano przy udziale środków finansowych otrzymanych
z budżetu Województwa Zachodniopomorskiego

Organizator konferencji
INSTYTUT INŻYNIERII ROLNICZEJ



WYDANO ZA ZGODĄ
REKTORA ZACHODNIOPOMORSKIEGO UNIwersYTETU TECHNOLOGICZNEGO
W SZCZECINIE

ISBN 978-83-7663-049-6

Konferencja objęta patronatem
KOMITETU TECHNIKI ROLNICZEJ
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

ЧИГАРЕВ Ю.В.

КРУК И.С.

Западнопоморский Технологический Университет в Щецине

Белорусский Аграрно-Технический Университет, Минск

УПЛОТНЕНИЕ ПОЧВ СФЕРИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

CONSOLIDATION OF SOILS BY SPHERICAL SURFACES

Abstract: Paper presents the mathematical model of consolidation of soil by spherical disks. Change of density of soil depending on geometry of disk and force of deformation are shown.

Ключевые слова: уплотнение, сила, диск, почва.

ВВЕДЕНИЕ

В сельскохозяйственном производстве при обработке земли используется несколько различных технологий, в которых задействованы комплексы машин, орудий и тракторов. При оценке выбора технологии обработки земли необходимо учитывать ограниченность денежных и природных ресурсов, а также экологические аспекты, связанные, в том числе и, с уплотнением почвы. В связи с изменением климата учёт экологических аспектов принимает первостепенное значение. Как известно, биоэкосистемы играют существенную роль в круговороте веществ. Одним из существенных параметров круговорота веществ является углерод [1]. По последним оценкам учёных углерода в почве содержится в три раза больше, чем в наземной биомассе. Поэтому почвы являясь важнейшим резервуаром углерода в зависимости от своего физического состояния могут влиять на круговорот веществ, а следовательно и на устойчивое состояние биосферы. Запасы углерода в почве зависят от многих причин. Установлено, что обработка почвы отвальными плугами ведёт к уменьшению углерода в почве (так как открывает поры) и его избытку в атмосфере, а это способствует тепличному эффекту. Поиск сохранения почв от эрозии и от ухода из них углерода требует новые оценки технологий обработки почвы.

МЕТОДИКА

Для поверхностной обработки почвы до глубины 6–8 см применяют луцильники. Одним из главных элементов дисковых секций луцильников является сферический диск. Рассмотрим задачу о взаимодействии сферического диска с почвой. Внешняя сферическая поверхность диска при лущении играет роль уплотнителя почвы, поэтому от геометрии и веса диска зависит степень уплотнения почвы после её обработки. Рассмотрим равномерное перемещение жесткого диска диаметра BC по поверхности почвы вдоль оси Oz (рис.1).

Пусть диск погружен в почву на глубину h . Поверхность диска ВАО погруженную в почву можно разбить на элементарные площадки. На каждой из

данных площадок будет действовать элементарная сила dP , которая зависит от глубины погружения площадки в почвы и ее физического состояния [2, 3].

Можно записать (рис 1)

$$dP_t = dP \cos\alpha ; \quad dP_n = dP \sin\alpha ; \quad (1)$$

$$dP = dP_n + dP_t \quad (2)$$

где dP_n – нормальная составляющая элементарной силы dP ,
 dP_t – касательная составляющая элементарной силы dP .

Контактная поверхность диска с почвой будет составлять четвертую часть площади поверхности конуса с образующей $s = BA$ и основанием радиуса a . Тогда элементарная площадь взаимодействия будет

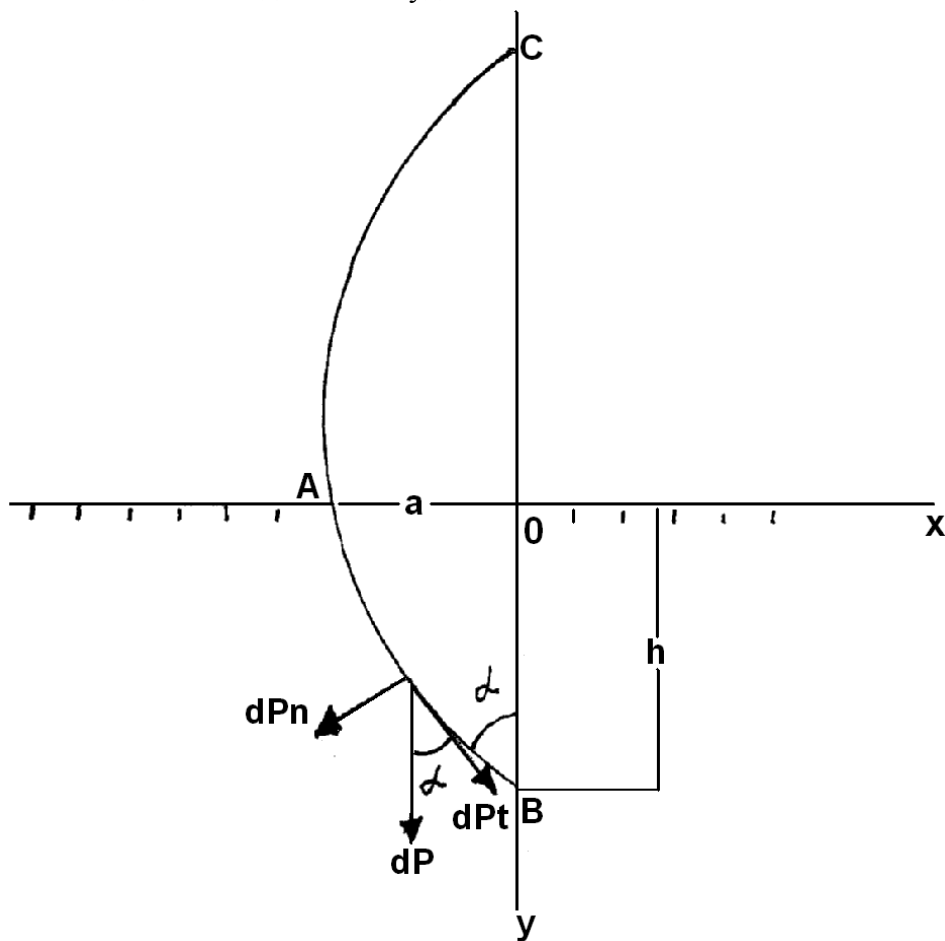


Рис.1. Схема сил при взаимодействии боковой поверхности диска с почвой
 Fig. 1. Diagram of forces with interaction of the side of disk with the soil

$$dA = \pi da ds / 4 \quad (3)$$

Свойства почвы будем учитывать коэффициентом объёмного смятия q . В таблице 1 приведены значения этого показателя в зависимости от агрофизического состояния почвы [2].

Таблица 1. Значения q в зависимости от состояния почвы (н/см^3)
 Tab. 1. Values q in depending on the state of the soil (N/cm^3)

Рыхлая почва	Уплотнённая почва среднего механического состава	Уплотнённая почва тяжёлого механического состава	Уплотнённая сухая почва тяжёлого механического состава
0,5–1,5	3–8	6–10	12–20

Уплотнение почвы h или силу P можно определить из построенного дифференциального уравнения

$$\frac{dP}{dA} = qh + qh_0 \quad (4)$$

где h_0 - глубина первичного уплотнения.

Уравнение (4) с учетом (3) можно записать

$$P = \frac{\pi}{4} \frac{1}{\cos \alpha} \int_0^a da \int_0^h q(h + h_0) dh \quad (5)$$

После интегрирования и несложных преобразований получим выражение для относительной деформации почвы e на глубине h предполагая что пахотный слой равен H ($h_0 = 0$).

$$e = \frac{1}{H} \sqrt{\frac{8P \cos \alpha}{aq\pi}} \quad (6)$$

Изменение плотности почвы ρ после прохода диска будет

$$\rho(1 - e) = \rho_0 \quad (7)$$

где ρ_0 – начальная плотность почвы до прохода диска.

На рисунке 2 показана зависимость относительной деформации почвы от значений $\cos \alpha$. Угол определяет кривизну диска и выбранную точку контакта на его поверхности. Из графика видно, что с уменьшением угла наблюдается рост относительной деформации почвы, а следовательно, и увеличение её плотности.

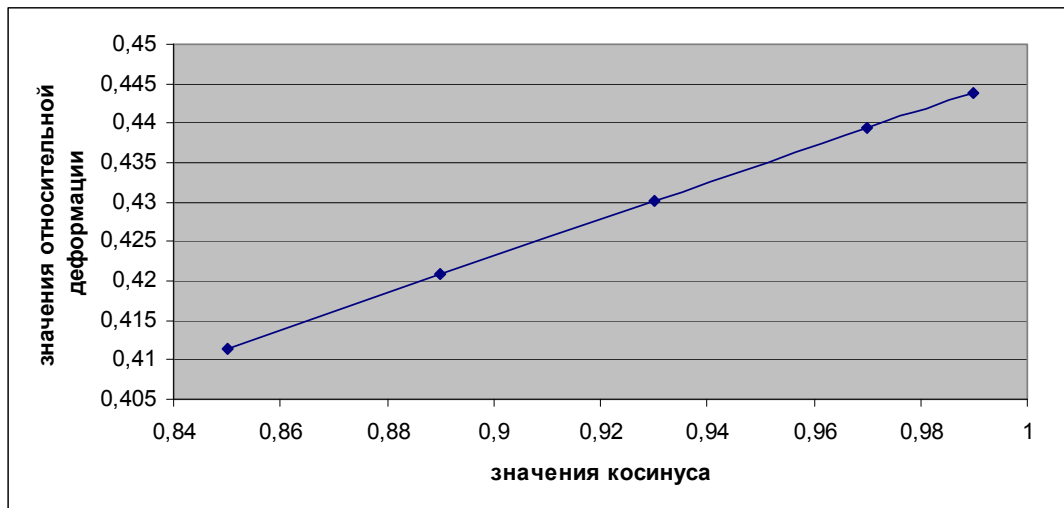


Рис. 2. Изменение относительной деформации почвы в зависимости от угла α
 Fig. 2. Change of the relative deformation of soil in the dependence on the angle α

На рис. 3 показана зависимость относительной деформации от силы P которая действует на почву со стороны диска. Величина силы P так же зависит от точки на поверхности диска и свойств почвы.

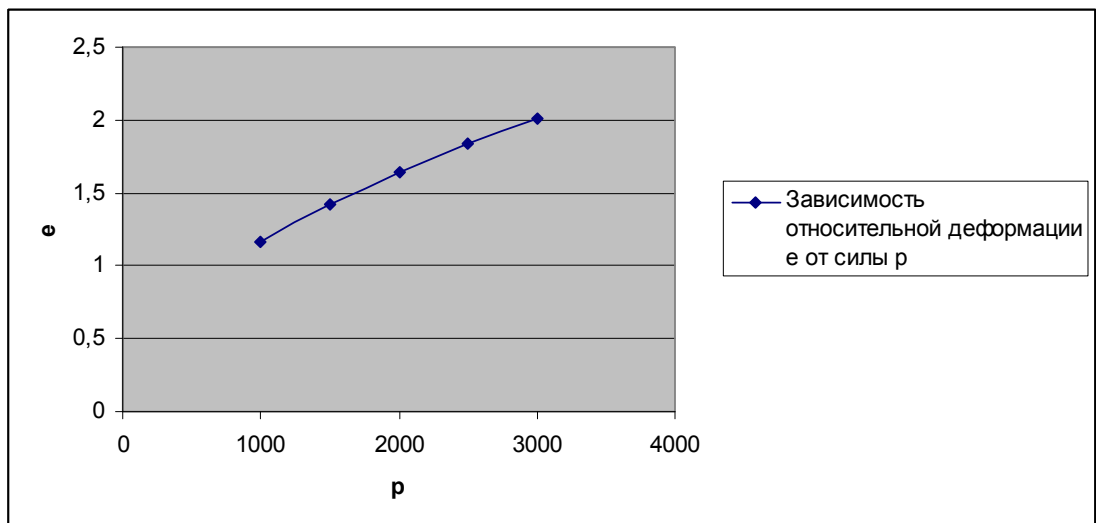


Рис. 3. Зависимость относительной деформации разрыхленной почвы e от силы P ($q = 1,0 \text{ н/см}^3$)
 Fig. 3. Dependence of the relative deformation of the loosened soil e on the force P ($q = 1,0 \text{ N/cm}^3$)

Как следует из рисунка 3, деформации сильно разрыхлённой почвы со стороны диска при увеличении его массы и уменьшения кривизны приобретают очень большой характер. В этом случае рассматриваемая модель теряет физический смысл.

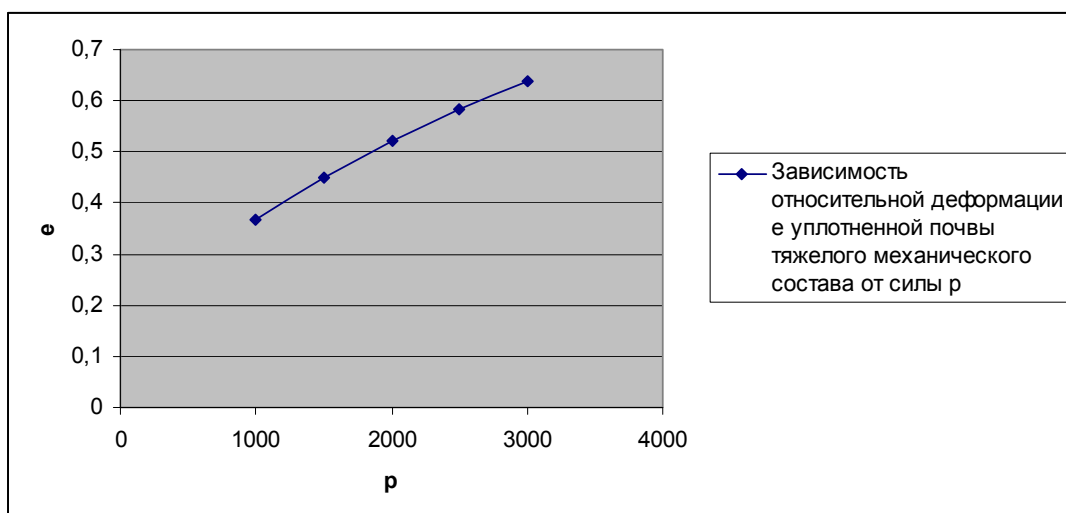


Рис. 4. Зависимость относительной деформации e уплотнённой почвы тяжёлого механического состава от силы P

Fig. 4. Dependence of the relative deformation e of the condensed soil of heavy mechanical composition on the force P

В тоже время для почв тяжелого механического состава ($q = 0$) рост силы P вызывает увеличение относительной деформации e в пределах физического смысла и данная модель может быть использована в теоретических и практических расчётах.

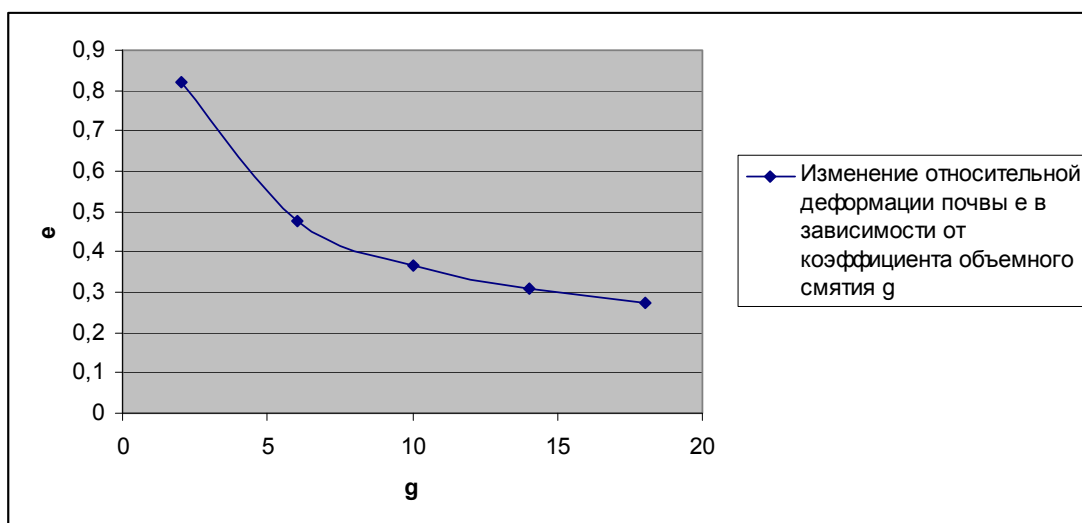


Рис. 5. Изменение относительной деформации почвы e в зависимости от коэффициента объёмного смятия q

Fig. 5. Change of the relative deformation of soil e in the dependence on the coefficient of the volumetric crumpling q

Зависимость относительной деформации почвы e от её физического состояния q показана на рис. 5. Переуплотнение почв среднего и тяжелого механического состава ведет к уменьшению их относительной деформации при контакте с катком.

ВЫВОДЫ

Предложенная математическая модель диска с почвой показывает:

- 1) с уменьшением кривизны поверхности диска наблюдается рост относительной деформации почвы, а следовательно, и увеличение её плотности,
- 2) деформации сильно разрыхлённой почвы со стороны диска при увеличении его массы и уменьшения кривизны приобретают очень большой характер. В этом случае рассматриваемая модель теряет физический смысл,
- 3) для почв тяжелого механического состава ($q = 0$) рост силы P вызывает увеличение относительной деформации e в пределах физического смысла и данная модель может быть использована в теоретических и практических расчётах,
- 4) переуплотнение почв среднего и тяжелого механического состава ведет к уменьшению их относительной деформации при контакте с катком.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Łabętowicz J.** Świat bez pługa. Rzeczpospolita 2.12.2005, s. 12.
2. **Кулен А. Куиперс Х.**, Современная земледельческая механика. М., Агропромиздат, 1986, с. 349.
3. **Чигарев Ю.В.** Математические основы механики почв. Минск, УП «Технопринт», 2004, с. 163.