

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ПОЧВ

В. В. Смильский, канд. техн. наук (Тернопольский Национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка, Украина)

Аннотация

В статье приводятся аргументы, демонстрирующие несостоятельность существующих методов оценки механических свойств почв. Несмотря на обилие результатов экспериментальных исследований, пока не найдены эффективные решения насущных проблем механизации аграрного производства. Параметр, именуемый сейчас «твердость почвы», в действительности является средним удельным сопротивлением почвы механическому воздействию и зависит от размера и формы деформатора. Выявлены причины несостоятельности критерия среднего давления.

The article gives the arguments that demonstrate the failure of existing methods evaluate the mechanical properties of soils. Despite the abundance of experimental studies effective solutions to the pressing problems of mechanization of agricultural production have not been found. Parameter called now "firm ground" is in reality the average soil resistivity and mechanical stress depends on the size and shape deformers. The causes of failure criterion of average pressure are revealed.

Введение

Конструкции рабочих органов современных земледельческих орудий не могут довести почву до нужного состояния за один проход. Чтобы улучшить показатели эффективности работы техники в переменных эксплуатационных условиях важно иметь совершенные оценки ее исходных свойств и после воздействия на нее орудий. Современное агрономическое почвоведение достигло глубокого уровня познания механизмов организации и функционирования почв вплоть до молекулярного, а наука об их механических свойствах со времен И. Комова и В. П. Горячкина не предложила принципиально новой формы организации знаний, оставаясь на классических методах исследований, заимствованных из дорожного строительства.

Зависимость параметров механических свойств почв от размера деформатора (диаметра плунжера твердомера, ширины захвата корпуса плуга, лапы культиватора, колеса трактора) известна давно, но их причины не выяснены до сих пор [1-4,10]. Необходимая для конструирования земледельческих орудий информация о механических свойствах почв, получаемая из экспериментов, оказывается не вполне адекватной действительным процессам. Так, в известных экспериментальных исследованиях почв на одноосное сжатие, или путем вертикального вдавливания различных штампов наблюдается ярко выраженный масштабный эффект, который пока не находит отражение в предлагаемых математических моделях [2, 4, 5]. Эта проблема связана с тем, что в земледельческой механике традиционно используется представление о почве как об однородном целом, а напряженно-деформированное состояние ее отождествляется с поведением материала в точке. Современное сельское хозяйство остро нуждается в предложениях новых знаний о почве, в

частности, о ее механических свойствах. Можно утверждать, что несмотря на обилие теоретических и экспериментальных результатов изучения почв, земледельческая механика подошла к моменту, когда ее методологическая база уже не соответствует потребностям современной практики.

Целью данной статьи является системный анализ причин зависимости характеристик механических свойств почв от размеров деформатора.

Основная часть

Для оценки механического отклика почв на внешнее механическое действие предложено множество различных показателей, в том числе твердость, коэффициент объемного смятия, несущая способность, среди которых наиболее употребительным остается показатель твердости, интегрировано отражающий целый комплекс ее параметров: механический состав, структуру, плотность, влажность [1, 6]. Твердостью почвы обычно называют ее сопротивление вдавливанию штампов, приведенное к площади их поперечного сечения, что предполагает независимость этого показателя от размера деформатора. В действительности механический отклик одного и того же почвенного массива оказывается различным в зависимости от того, каким образом он получен: в некоторой физической толще или на образце, извлеченном из этой толщи. В результате специальных экспериментальных исследований, выявлено, что удельное сопротивление не инвариантно размеру деформатора: при равной удельной нагрузке штампы большего размера оседают ниже [2-5], а удельное сопротивление корпуса плуга до определенного предела уменьшается с увеличением его ширины захвата [10]. Например, В. Н. Буромский в испытаниях почв плунжерами площадью от 1,0 до 3,0 см² определил, что в зави-

симости от их формы, удельное сопротивление изменялось в 1,7 раза, а при увеличении диаметра от 1 до 3 см² - уменьшалось примерно в 1,5 раза [2].

Сопротивление торфяно-болотной почвы вдавливанню штампов площадью 2 см² с различной формой F/b^2 (от круглого до прямоугольного с соотношением сторон 1:8) возросло почти в два раза (рис. 1 а [3]). В. С. Гапоненко получил неоднозначную зависимость заглабления круглых штампов от их площади на минеральной почве (рис. 1 б) [4].

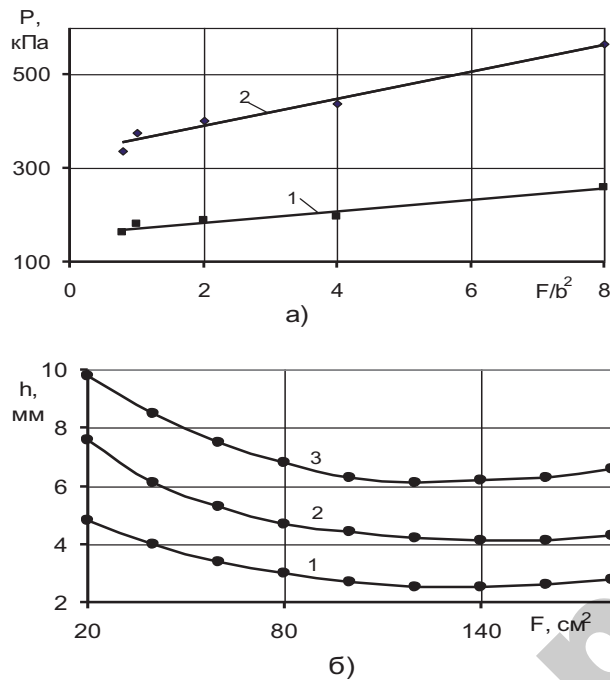


Рисунок 1. Зависимость удельного сопротивления почв от формы и размеров штампов: а) сопротивление торфяной почвы от формы штампа на глубине [3]: 1 – 0-20 см; 2 – 20-40 см; б) глубина погружения штампа от его площади под давлением [4]: 1 – 20 кПа; 2 – 40 кПа; 3 – 80 кПа

Большую серию опытов с круглыми штампами на почвах различного физического состояния провел С.С. Саакян [5]. Изображенные на рис. 2 результаты его опытов на двух почвенных фонах показывают, что на вспаханном поле осадка нелинейно возрастает с увеличением диаметра штампа, а на стерне ячменя до глубины 40 мм осадки всех штампов практически совпадают, и только штамп Ø 90 выпадает из общей закономерности. Обратное внимание, что на стерне ячменя зависимость нагрузка – осадка можно считать линейной.

Приведенные результаты убедительно доказывают, что в используемой методике исследований пропущены важные особенности устройства почвенного тела.

Существует несколько причин зависимости показателей свойств почвы от размеров деформаторов:

1. Характеристикой механических свойств почвы априори принято среднее давление на плоскость деформатора без учета вида его распределения по подошве, которое определяется ее физическим состоянием.

2. Глубину погружения штампа или колеса называют деформацией почвы, которая в действительности ею не является, поскольку воздействию подвергается определенный объем почвы, находящийся за пределами периметра деформатора, что в опытах не учитывается.

3. Почвы состоят из отдельных элементов (элементарных частиц или их агрегатов) различных размеров и формы, находящихся во взаимодействии, поэтому давление на его поверхность имеет локальный характер [1, 7].

Структурная неоднородность – одно из основных свойств многих реальных материалов. Она является причиной, так называемого, масштабного эффекта, проявляющегося в зависимости осредненных по пространственной области механических характеристик и их дисперсий от объема этой области. Почвы не являются исключением, тем более, что они вовсе неоднородны физически и химически [7, 8, 11]. Каждая почва состоит как минимум из четырех различных материалов: твердых минеральных частиц, органического вещества, воды и воздуха. В различном сочетании их количественного содержания создается почвенная структура, отличающаяся необозримым множеством свойств, что должно быть учтено в научных исследованиях и в процессе конструирования земледельческих орудий.

Первое, что необходимо принять во внимание – это структурное строение почвы, которое видно визуально. Здесь следует различать два типа почв: несвязные почвы, состоящие из элементарных минеральных частиц различного размера и формы (гранулометрический состав), и связные почвы, в которых частицы соединены в агрегаты (агрегатный состав) [1, 7].

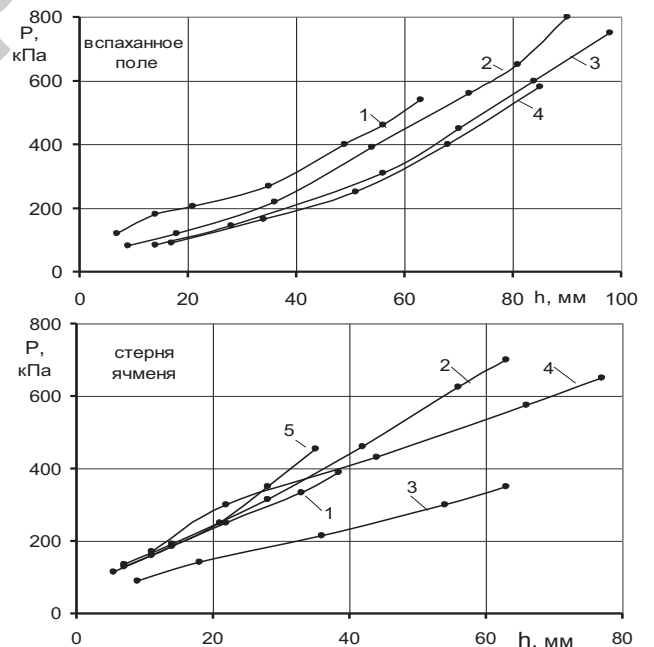


Рисунок 2. Зависимость осадки круглых штампов от давления [5]: на вспаханном поле: 1 – Ø70; 2 – Ø90; 3 – Ø140; 4 – Ø170; на стерне: 1 – Ø55; 2 – Ø70; 3 – Ø90; 4 – Ø110; 5 – Ø140

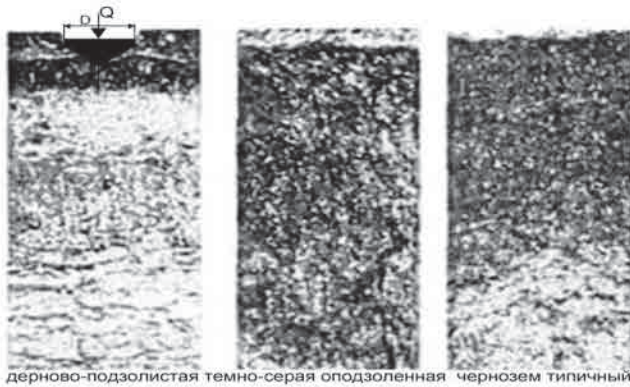


Рисунок 3. Разрезы почвенных профилей и схема вдавливания штампа

Таблица 1. Характеристика дерново-подзолистых почв

Таблица /разрез	Глубина, см	Содержание глины, %	№ графика на рисунке 4
84/27	2...12	8,53	1
84/27	12...22	5,45	2
84/27	25...35	5,75	3
91/38	19...25	6,95	4
54/23	2...12	26,60	1
54/23	25...30	21,60	2
54/16	2...12	22,90	3
54/16	22...32	25,85	4

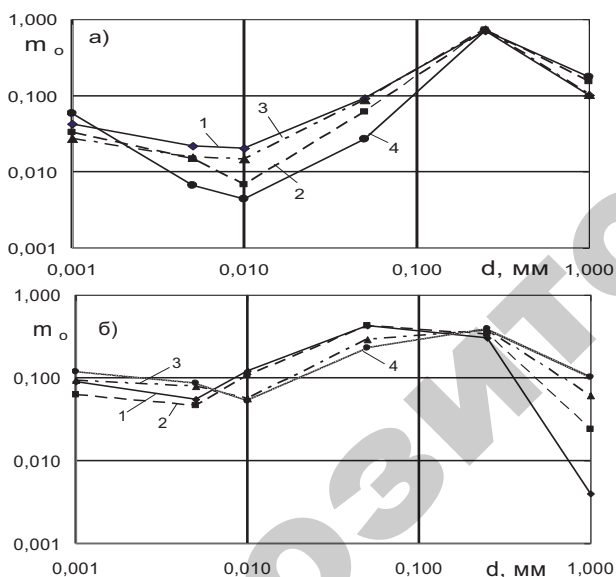


Рисунок 4. Массовый гранулометрический состав дерново-подзолистых почв:

а) суглинистая почва, содержание глины – 5...10 %;
б) легкосуглинистая почва, содержание глины – 20...30 %.

Вторая особенность почвы заключается в строении почвенного профиля, который состоит из нескольких генетических горизонтов, имеющих различную структуру, разную глубину и неоднородный механический состав (рис. 3) [7]. Например, в Беларуси 42,3 % земельного фонда, а в его составе 91 % пашни занимают дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные почвы, отличающиеся тем, что уже на глу-

бине 20-25 см залегают подзолистые горизонты, плотностью 1,4-1,6 г/см³ [7]. Этот факт важен, потому что в процессе вертикального погружения деформатора (штампа, колеса) под его подошвой образуется уплотненное ядро высотой около 2/3 D, и достаточно большой деформатор может взаимодействовать одновременно с двумя структурно разными горизонтами [9].

Третьим фактором, определяющим разнообразие механических откликов почвы на внешнее воздействие, есть ее агрегатный (гранулометрический) состав. Экспериментально обнаружена тесная корреляционная связь между твердостью разрыхленной почвы и размером ее агрегатов [1]. На рис. 4 изображены массовые гранулометрические составы m_o дерново-подзолистых почв на разных глубинах профиля, заимствованные из [8]. Как видно на рис. 4, содержание отдельных фракций варьируется в зависимости от глубины даже в одном почвенном разрезе. Особенно отличаются близлежащие горизонты 2...12 см и 12...22 см на рис. 4 а. Поскольку уплотненное ядро под штампом проникает на определенную глубину, то различие агрегатного состава между горизонтами способствует образованию различной плотности и может стать причиной разности удельного сопротивления проникновению штампов разных размеров. Изменения плотности ρ , пористости P и влажности W почвы по глубине профиля изображены в относительных единицах измерения на рис. 5 [8].

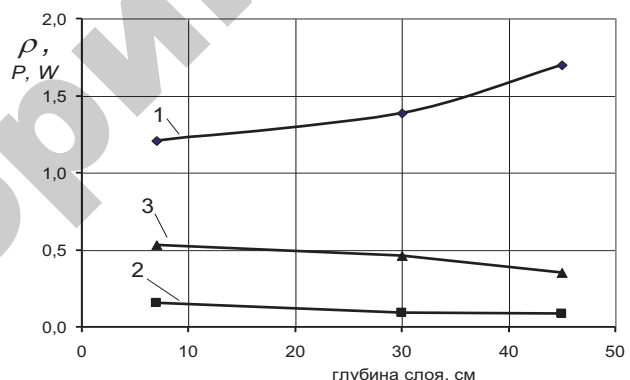


Рисунок 5. Изменение плотности, пористости и влажности дерново-подзолистых почв по глубине профиля: 1 – плотность; 2 – пористость; 3 – влажность

Выводы

Теоретико-методологическое ядро земледельческой механики почв, основанное на модели сплошной среды, уже не отвечает современному уровню развития аграрных технологий. Различные попытки повысить точность расчетов на основе модели сплошной среды путем учета неоднородности, анизотропии и нелинейности механических свойств почв не дали ожидаемых результатов.

Критериями, отличающими реальные почвы от сплошной среды, являются неоднородность почвенных горизонтов и их структурное строение. Для объективной оценки механических свойств почв необходи-

мо учитывать характер того процесса деформации и практических условий нагружения, для которых предназначены получаемые характеристики.

Задача разработки более совершенных методов расчета, учитывающих действительную схему работы земледельческих орудий и реальные свойства почвенных оснований, которые обеспечивали бы достаточное соответствие между результатами экспериментов и действительностью, остается актуальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев, В.В. Твердость почв / В. В. Медведев. – Харьков: Изд.-во КГ1 «Городская типография», 2009. – 152 с.

2. Буромский, В.Н. Снятие и обработка плотномерных диаграмм / В.Н. Буромский // Земледельческая механика. – Л-М: Изд.-во с.-х. литературы и плакатов, 1961. – Т. VI. – С. 61-70.

3. К вопросу исследования процессов обработки почв // Вопросы земледельческой механики. – Минск, 1961. – Т. VII. – 294 с.

4. Гапоненко, В. С. О несущей способности почв Полесья в связи с выбором параметров опорных поверхностей сельскохозяйственных машин и орудий / В. С. Гапоненко // Земледельческая механика, 1961. – Т. VI. – С. 113-119.

5. Саакян, С. С. Взаимодействие ведомого колеса и почвы / С. С. Саакян. – Ереван: изд.-во МСХ Арм. ССР, 1959. – 240 с.

6. Мацепуро, В. М. О понятии «твердость почвы» / В. М. Мацепуро // Научно-технич. бюллетень ВИМ, 1982, вып. 50. – С. 21-24.

7. Почвоведение: учеб. для вузов: в 2-х ч.; под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. – Ч. 1: почва и почвообразование / Г. Д. Белицина [и др.]. – М.: Высш. шк., 1988. – 400 с.

8. Кулаковская, Т.Н. Почвы Белорусской ССР / Т.Н. Кулаковская. – Мн.: Ураджай. – 1974. – 328 С.

9. Кравец, С. В. Определение формы грунтового ядра уплотнения / С. В. Кравец // Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин. – Киев: ТЭХНИКА. – С. 29-32.

10. Кирюхин, В. Т. Плужный корпус с регулируемой бороздной накладкой / В.Т. Кирюхин, В.Н. Жикул, Е.М. Суббота // Исследование и разработка почвообрабатывающих и посевных машин: сб. науч. тр. НПО ВИСХОМ. – М.: НПО ВИСХОМ, 1990. – С. 26-35.

11. Самсонова, В.П. Пространственная неоднородность почвенных свойств: на примере дерново-подзолистых почв / В.П. Самсонова. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 160 с.

УДК 631.312

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 19.10.2012

В ЗАЩИТУ ТРАДИЦИОННОГО ПЛУГА

В.Я. Тимошенко, канд. техн. наук, доцент, А.В. Новиков, канд. техн. наук, доцент, Л.Г. Шейко, канд. с. х. наук, доцент (БГАТУ); О.Ф. Смолякова, канд. педагог. наук, доцент (МГПУ им. И.П. Шамякина)

Аннотация

Приведены преимущества и недостатки плугов для гладкой пахоты. Показано, что при должной организации подготовки полей вспашка загонными плугами экономически более выгодна и не уступает по качеству вспашке оборотными плугами.

The advantages and disadvantages of different types of ploughs are given in the article. It's shown that in proper organization of field preparation, ploughing with using mouldboard plough is more efficient than ploughing with tounwest plough, with the same quality.

Введение

Одной из актуальных задач механической обработки почвы является создание однородного, мощного, хорошо окультуренного корнеобитаемого слоя, обеспечивающего необходимые условия для развития растений, что является основой получения высоких урожаев.

Другой задачей обработки почвы является уничтожение сорняков. Эффективное решение этих двух задач одновременно возможно за счет подрезания корневой системы сорняков и заделки их на дно борозды оборачиванием пласта с помощью лемешно-отвальной поверхности. Эффективность этого приема

привела к преобладанию отвальной обработки почвы во всем мире.

Однако высокая энергоемкость вспашки, составляющая до 50 % общих затрат на обработку почвы, заставила ученых и практиков задуматься об изыскании возможности эффективной ее замены [1]. В результате предложен ряд технологий поверхностной обработки почвы взамен вспашки [1].

Основная часть

Во многих странах мира поверхностная обработка почв стала основной обработкой, а вспашку проводят лишь один раз в 10...15 лет. По прогнозам ми-