

С. И. ЯРЖЕМСКИЙ

О СКОРОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЧВ

(Представлено академиком А. И. Прасоловым 28 III 1938)

Незнание механико-технологических оснований процессов обработки почвы до настоящего времени является основной причиной ошибочности некоторых принципиальных толкований, на основе которых рассматривается влияние скорости обработки на энергетические показатели. Ошибочно полагая сопротивление деформированию почв при обработке сравнительно невеликим и мало зависящим от скорости деформации, подобную зависимость строили аналитически главным образом на основе уравнения живых сил, написанного для случая отбрасывания частиц пласта, что и приводило к параболической форме аналитического выражения взаимосвязи усилия и скорости (формула акад. В. П. Горячкина). Рассматриваемое в пределах сравнительно небольших практически применяющихся скоростей, это уравнение получило широкое применение, давая результаты, удовлетворяющие требованиям эксперимента до 2—2.5 м/с.

Однако рассмотрение механико-технологических оснований основного процесса разрушения (давление—сжатие) и соответствующей компрессионной зависимости⁽¹⁾ подчеркивает достаточно резкое влияние скорости деформирования на величину самих деформаций (на диаграммах давление—сжатие), различное для ряда приведенных К. Terzaghi⁽¹⁾ конкретных случаев при изменяющейся влажности.

С другой стороны, даже предварительное рассмотрение основного механико-технологического процесса обработки почвы указывает на значительную роль сопротивлений деформированию пласта в энергетике самого процесса вопреки установившемуся в практике убеждению.

Подобные соображения позволяют предложить для случаев обработки почв новую форму зависимости: скорость—сила тяги, основанную в своем построении на технологической сущности процесса деформирования и на характере компрессионной зависимости давление—деформация.

По К. Terzaghi зависимость между давлением p и деформацией ϵ может быть представлена

$$\epsilon = -\frac{1}{A} \ln(p_s + p_c) - \beta(p_s + p_c) + c, \quad (1)$$

где A , β , c и p_c —константы, ϵ —деформация сжатия, величина отрицательная.

Отбрасывая незначительную величину β и обозначая

имеем

$$p_s + p_c = p,$$

$$\varepsilon = -\frac{1}{A} \ln p + c, \quad (2)$$

$$p = e^{A(c-\varepsilon)},$$

где по К. Terzaghi (фиг. 11 и 12)

$$-\varepsilon = f(v).$$

Обозначая $e^{Ac} = p_0$,

$$p = p_0 e^{f(v)}, \quad (3)$$

т. е. подобный вид функции, исходя из механико-технологических оснований, следует считать наиболее вероятной зависимостью усилие—скорость.

Подобное строение функции в настоящее время находит весьма широкое применение при изучении деформации таких дисперсных тел, как почва, в достаточной степени отчетливо характеризуюя протекание подобных процессов с механико-технологической точки зрения, а поэтому и коэффициенты такого уравнения, как это будет указано ниже, должны иметь достаточно отчетливый физико-механический и технологический смысл.

Следует отметить также, что весьма удобно в подобной форме О. Christensen⁽²⁾ представлена также зависимость усилия p разрушения образца (по Аттербергу) от влажности w :

$$p = p_0 e^{-kw}.$$

Поэтому, исходя из приведенных выше соображений, предлагаемый мной простейший вид зависимости усилие—скорость имеет форму:

$$P = e^{av+b} \quad (4)$$

или

$$P = P_0 e^{a(v-v_0)}. \quad (5)$$

Путем применения логарифмической бумаги и приведением уравнения (4) к логарифмическому виду предлагаемая формула может быть подтверждена результатами последних экспериментальных работ Agr. Coll. Alabama U. S. A.⁽³⁾,—единственным до настоящего времени материалом, охватывающим диапазон скоростей при обработке почвы до 4.5 м/с (10 миль в час) при наличии исключительно точных экспериментов, при достаточно тонком оборудовании на почвенных траншеях, при использовании основных типов почв США и нескольких отваливающих корпусов.

На фиг. 1 и 2 представлены результаты указанной экспериментации на следующих типах почв:

Norfolk sand, Davidson loam, Decatur clay.

Конкретно нами определена функциональная зависимость для каждого типа указанных почв в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} \text{Norfolk sand: } & P = P_0 e^{0.265(v-v_0)}; \\ \text{Davidson loam: } & P = P_0 e^{0.284(v-v_0)}; \\ \text{Decatur clay: } & P = P_0 e^{0.310(v-v_0)}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Безусловно в уравнении (4) коэффициент a должен зависеть также от сложения почвы и влажности—вопрос, нуждающийся в дальнейшей экспериментации.

Применяя теорему Фурье об однородности из уравнения (4)

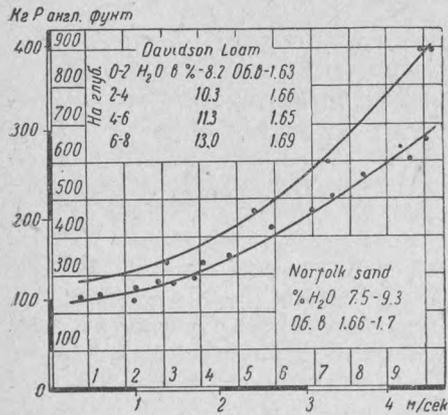
$$av = Inv,$$

следует отметить, что размерность a зависит от размерности скорости, а следовательно численно от выбора системы единиц. При выводе уравнений (6) скорость выражена в м/с.

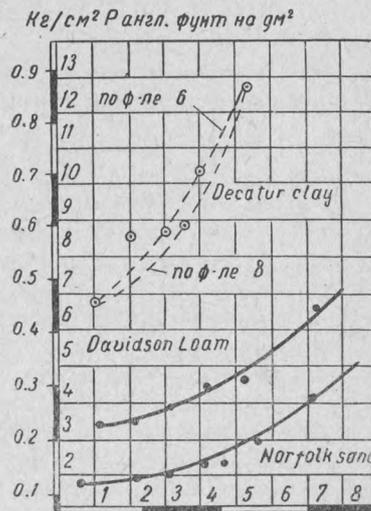
Рекомендуемая J. W. Randolph и F. F. Reed параболическая форма зависимости

$$P = a + bv + cv^2 \quad (7)$$

является практически достаточно удобной, как показала подстановка, экспериментальной формулой для Davidson loam и Norfolk sand, однако представляется весьма затруднительным дать отчетливую характеристику коэффициентам этого урав-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

нения с точки зрения механико-технологических оснований процесса и применить ее также к Decatur clay.

Частным случаем формулы (7) следует считать известную формулу акад. В. П. Горячкина

$$P = fg + kab + \varepsilon av^2, \quad (8)$$

при пользовании которой, как показал анализ и экспериментальные данные, коэффициенты f , k и ε не в достаточной степени могут считаться имеющими определенный механико-технологический смысл.

С другой стороны, установление параболической зависимости и применение формулы (7) для Decatur clay оказалось практически затруднительным, что и отмечено J. Randolph и F. F. Reed. Затруднительно также для этого случая и применение формулы (8). На фиг. 2 для сопоставления приведены результаты экспериментов J. Randolph и F. F. Reed, и попутно через две крайние точки проведены кривые по уравнению (6) и по уравнению (8).

Наша обработка экспериментального материала по формулам (6) и (8) для Norfolk sand и Davidson loam указывает на совпадение результатов при обычно практически употребляемых скоростях и расхо-

ждение на более высоких, причем, как правило, усилие P , определенное по формуле (6), несколько выше, чем по формуле (8).

Помимо того например коэффициент ε , определенный отдельно (Davidson loam и Norfolk sand) из уравнения живых сил отбрасываемого пласта, дает значение, в несколько раз меньшее практически [по формуле (8)] наблюдаемого, что вполне сходится с нашим предположением значительно большей роли в энергетическом балансе сопротивления деформации и влияния при этом скорости, чем это принималось до настоящего времени.

Роль энергии, расходуемой деформацией при обработке, значительно превосходит роль энергии отбрасываемых частиц, и функциональную зависимость P и v необходимо строить не на уравнении живых сил отбрасывания, а на компрессионной кривой, более определяющей природу процесса.

Предлагаемая нами форма зависимости

$$P = P_0 e^{a(v-v_0)}$$

является также весьма удобной практически для пользования в логарифмической форме при применении логарифмической бумаги:

$$\ln P = \ln P_0 + a(v - v_0).$$

Приведенное выше рассмотрение одного из актуальнейших вопросов, связанных с разрешением возможности перехода на повышенные скорости, предлагается на основе рассмотрения механико-технологических характеристик процесса деформирования почвы как материала, подвергающегося обработке.

Совпадение результатов последних экспериментальных работ по изучению повышенных скоростей при применении предлагаемой нами формулы особо подчеркивает реальную значимость подобных задач для изучения механико-технологических процессов и выдвигает новую форму функциональной зависимости, достаточно удобную для применения, своим построением основанную на анализе существа технологического процесса. Работы должны быть подкреплены дополнительным экспериментальным материалом, определяющим более конкретно числовое значение P_0 и a , как для разных типов почв основной классификации, так и в границах каждого типа для различного механического сложения и влажности.

Механика и механическая технология почвы, являясь наукой, недавно вынесенной на арену международных конференций⁽⁴⁾, должны попутно с современным развитием почвоведения дать основу конкретного рассмотрения механико-технологических процессов в почве, являющихся в настоящее время обоснованием целого ряда крупных народно-хозяйственных проблем.

Почвенный институт.
Академия Наук СССР.
Москва.

Поступило
29 III 1938.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ K. Terzaghi, Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage (1926).
² O. Christensen, Soil Science (1930). ³ J. W. Randolph a. F. F. Reed, Agric. Engin., III (1937); I (1938). ⁴ Rapporte II International Congress Geny Rural, Madrid (1935).