

ОБОБЩЕННАЯ ТЯГОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛУГА

Н. М. ШАРОВ, Е. Н. КРАСТИН
МИИСП

УДК 631.312.001.42

В различных зонах страны, в том числе и в Амурской области, прицепной тракторный плуг приходится использовать в самых разнообразных почвенных условиях. В связи с этим при выполнении эксплуатационных расчетов, связанных с комплектованием пахотных агрегатов, необходимо располагать значением тягового сопротивления плуга для заданного режима и условий работы агрегата. Такую информацию получают либо расчетным, либо экспериментальным методом. Первый неудобен тем, что в каждом конкретном случае нужно располагать значениями коэффициентов рациональной формулы В. П. Горячкина, а замер их весьма трудоемок. Экспериментальное определение сопротивления плуга R , хотя и отличается высокой точностью, требует испытаний в каждом из возможных состояний почвы.

Если рассматривать взаимодействие элементов системы плуг—почва, то из всего множества состояний такой системы необходимо анализировать только подобные. В связи с этим пути решения такой задачи необходимо рассматривать с позиций методов теории подобия.

Характерный момент, с которым приходится сталкиваться при рассмотрении системы плуг—почва, — отсутствие ее математической модели. В связи с чем для решения поставленной задачи мы использовали методы теории размерностей (М. В. Кирпичев, 1953; Л. И. Седов, 1967), для которых математической модели состояния системы не требуется.

Практическое использование предлагаемого метода для оценки тягового сопротивления плуга при работе в различных почвенных условиях сводится к решению следующих задач: 1) анализ факторов, определяющих поведение системы плуг—почва; 2) формирование системы безразмерных параметров и установление искомой функции в безразмерном виде; 3) практическая реализация полученной функции на основе результатов экспериментальных исследований.

Рассмотрим решение этих задач применительно к плугу П5-35МГА.

В общем виде можно записать, что величина тягового сопротивления R зависит от ряда факторов a_j j :

$$R = f(a_j) \quad j = 1, 2, 3 \dots n. \quad (1)$$

Все факторы a_j можно разделить на три группы: 1) конструктивные; 2) определяющие почвенные условия работы; 3) определяющие режим работы.

Теория размерностей требует, чтобы при формировании функций (1) величины, характеризующие каждую из перечисленных групп факторов, были взаимонезависимыми (Л. И. Седов, 1967).

Конструктивные особенности плуга можно описать, указав его вес G , тип рабочих органов, расположение центра давления, ширину захвата b , положение линии действия силы R .

Расположение центра давления плуга можно характеризовать значениями координат x и y в продольно горизонтальной плоскости. Положение линии действия силы R , при условии правильной регулировки плуга на заданную глубину s достаточной точностью, определяется значением α наклона прицепа в продольно-вертикальной плоскости.

Анализ взаимосвязей между критериями состояния почвы на основе имеющихся в научно-технической литературе сведений (П. У. Бахтин, 1969; Н. Я. Хархута, В. М. Ивлев, 1961) показывает, что для оценки почвенных условий нужно иметь параметры, характеризующие тип почвы и ее способность сопротивляться деформации какого-то вида, — например, смятию.

Исследованиями ряда авторов (В. И. Буромский, 1957; Н. М. Шаров, 1970) установлено, что величина предельного напряжения смятия зависит от размеров и формы используемого плунжера. Анализ подобных напряженных состояний в почве, возникающих при воздействии на нее цилиндрических плунжеров различных диаметров, показал, что для начального участка плотномерной диаграммы, где усилие вдавливания пропорционально глубине погружения h , величина, определяемая соотношением:

$$H_0 = \frac{tg \alpha q}{d}, \quad (2)$$

где:

α — угол наклона между касательной к кривой на плотномерной диаграмме к оси абсцисс;

q — масштаб пружины плотномера, кг/см;

d — диаметр плунжера, см,

зависит только от свойств почвы и может быть принята за характеристику их. Величина H_0 называется твердостью почвы, ее размерность — кг/см².

Тип почвы можно оценить значением плотности высушенной фазы определяемой из выражения:

$$P = \frac{\gamma}{g} \frac{r \cdot \text{сек}^2}{\text{см}^4}, \quad (3)$$

где:

γ — удельный вес высушенной фазы почвы, г/см³,

g — ускорение земного притяжения, см/сек².

Режим работы плуга можно охарактеризовать скоростью движения пахотного агрегата V и глубиной хода a .

Обосновав взаимонезависимые факторы a_1 , можно записать выражение (1) в конкретной форме:

$$R = f(G, x, y, b, \alpha, H_0, P, V, a), \quad (4)$$

или:

$$f_1(R, G, x, y, b, \alpha, H_0, P, V, a) = 0, \quad (4a)$$

где:

R — рабочее сопротивление плуга, кг;

G — вес плуга, кг;

x, y — координаты центра давления плуга, см;
 b — ширина захвата плуга, см;
 α — угол наклона прицепа плуга в продольно-вертикальной плоскости;

H_0 — твердость почвы, кг/см²;

ρ — плотность высушенной фазы почвы, $\frac{\text{кг см}^2}{\text{см}^4}$;

V — рабочая скорость движения, см/сек;

a — глубина вспашки, см.

Используя методы теории размерностей (Л. И. Седов, 1967), перейдем к безразмерной форме записи функций (4а).

В результате преобразований получим следующий набор безразмерных параметров:

$$\begin{aligned} \Pi_1 &= \frac{R}{b^2 H_0}; \quad \Pi_3 = \frac{x}{b}; \quad \Pi_5 = \alpha; \\ \Pi_2 &= \frac{G}{b^2 H_0}; \quad \Pi_4 = \frac{y}{b}; \quad \Pi_6 = \frac{\rho V^2}{H_0}; \quad \Pi_7 = \frac{a}{b}, \end{aligned} \quad (5)$$

Располагая полным набором безразмерных параметров, сформированных из числа размерных характеристик, входящих в рассматриваемую функцию (4а), последнюю в соответствии с так называемой П-теоремой можно представить в виде функции, выражающей зависимость между этими безразмерными параметрами, то есть:

$$f_2(\Pi_1) = 0 \quad i = 1, 2, 3, \dots, 7. \quad (6)$$

Если при тяговых испытаниях плуга в различных условиях значения некоторых безразмерных параметров сохраняются постоянными, то решение поставленной задачи сводится к установлению взаимосвязей между параметрами, значения которых не были при этом постоянными.

Очевидно, что при испытаниях прицепного плуга определенной марки и модели в любых почвенных условиях и при любых режимах параметры Π_3 и Π_4 постоянны. Поскольку при работе плуга величина угла наклона прицепа α изменяется в небольших пределах ($4 \div 7^\circ$), то с погрешностью в 5% можно принять, что $\Pi_5 = \text{const}$

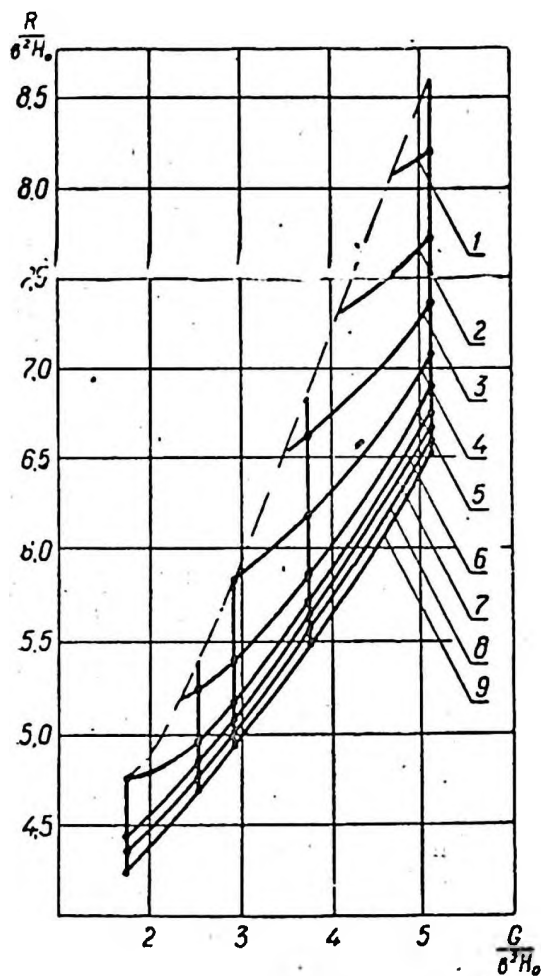
С учетом этого окончательно имеем:

$$f_3(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_6, \Pi_7) = 0 \quad (7)$$

Полученная зависимость (7) позволяет, используя методы теории подобия, систематизировать разрозненные и несвязанные между собой результаты тяговых испытаний плуга в различных почвенных условиях и представить их в виде одной зависимости.

Для практической реализации полученной функции были проведены тяговые испытания плуга П5-35 МГА на почвах с величиной $R = 2,6 \times 10^{-6} \frac{\text{кг. сек}^2}{\text{см}^4}$ при твердости 32 и 22 $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ и на почвах с $R = 2,65 \times 10^{-6} \frac{\text{кг. сек}^2}{\text{см}^4}$ при твердости 19, 15 и 11 $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$.

На рисунке представлен график функции (7), описывающий изменение тягового сопротивления плуга при различных скоростях движения в указанном диапазоне изменения почвенных условий для $\Pi_7 = 0,1144$. На этом графике каждая из кривых соответствует определенному постоянному значению параметра $\Pi_6 = \frac{\rho v^2}{H_0}$, величина



Изменение тягового сопротивления плуга при различных скоростях движения.

которого известна. Это позволяет (при условии $G = \text{const}$ через численные значения соответствующих безразмерных параметров с помощью данного графика построить зависимость $R = f(v)$ для любых промежуточных почвенных условий, характеризуемых величинами H_0 и ρ .

ВЫВОДЫ

1. Зависимость (7) может быть использована как при систематизации результатов тяговых испытаний прицепных плугов любой модели, проведенных в различных условиях и в различное время, так и при планировании испытаний.

2. Полученная зависимость (рисунок) позволяет, не прибегая к дополнительным испытаниям, использовать для подобных промежуточных почвенных условий плуг П5-35 МГА, определить значение R при интересующей скорости движения.