

УДК 631.312.32:001.57

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОРПУСА ПЛУГА НА УПРУГОЙ ПОДВЕСКЕ

Дюжаев В.П., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-11-72

Аннотация – разработана методика экспериментального исследования корпуса плуга и предлагаются методы и приборы для определения входного воздействия – сопротивления почвы и выходного параметра – тягового сопротивления корпуса плуга. Выполнено апробирование приведенной методики в условиях нормального функционирования динамической системы «корпус плуга - почва».

Ключевые слова – корпус плуга, упругая подвеска, экспериментальное исследование.

Постановка проблемы. Для определения рациональных параметров упругой подвески корпуса плуга, обеспечивающих снижение энергоемкости обработки почвы, при сохранении высокого качества технологического процесса, необходимо разработать математическую модель динамики взаимодействия корпуса плуга на упругой подвеске с почвой, которая наиболее точно описывает процесс почвообработки. Разработка математической модели должна быть основана на результатах экспериментального исследования тягового сопротивления корпуса плуга как выходного показателя динамической системы и экспериментального определения сопротивления почвы как входного показателя динамической системы «корпус плуга на упругой подвеске – почва».

Анализ последних исследований. При работе почвообрабатывающих орудий и агрегатов основная часть механической энергии расходуется на преодоление сопротивлений, возникающих при перемещении рабочих органов в почве. Для практического получения информации о тяговом сопротивлении и сопротивлении почвы был проведен анализ различных способов регистрации процессов [1,2] и на основании этого разработаны методики и изготовлены приборы, позволяющие записывать тяговое сопротивление корпуса плуга и продольную твердость почвы.

Цель работы. Разработать методику экспериментального исследования корпуса плуга на упругой подвеске и апробировать её в условиях нормального функционирования динамической системы «корпус плуга – почва».

Основная часть. Задачами предварительного эксперимента, дающего информацию о работе плуга в условиях нормальной эксплуатации, являются:

- получение реализаций случайных процессов для определения статистических характеристик входного параметра динамической системы корпус плуга - почва;

- получение реализаций случайных процессов для определения статистических характеристик выходного параметра динамической системы корпус плуга - почва;

- статистический анализ исследуемых процессов для идентификации и построения математического описания колебательной системы.

Для учета реальных условий функционирования необходимо получение достаточно большого объема статистической информации о процессах на входе и выходе динамической системы корпус плуга - почва.

Программа эксперимента включает в себя:

- определение влажности почвы на длине гона;
- определение плотности почвы на рабочей глубине плуга;
- определение дискретных значений твердости почвы по методу Ревякина;

■ синхронную непрерывную запись реализаций процессов продольной твердости почвы $R(t)$, тягового сопротивления корпуса плуга на упругой подвеске $P_y(t)$ и жестко закрепленного корпуса плуга $P_{ж}(t)$;

■ регистрацию времени прохождения зачетного гона.

Эксперимент проводится на агрегате, состоящем из трактора Т-150К и плуга ПЛН-5-35, один из корпусов которого закреплен к раме посредством упруго шарнирной подвески. Процесс работы почвообрабатывающего агрегата, как и любой другой динамической системы, начинается с нестационарной стадии. После затухания переходного процесса агрегат переходит в установившийся режим работы, при котором процесс протекает сравнительно однородно и имеет вид непрерывных колебаний вокруг некоторого среднего значения. Для исключения переходного процесса методикой предусмотрено, запись осциллограммы производить только при достижении агрегатом рабочей скорости. Однако, в условиях нормальной эксплуатации, в связи с неравномерностью массы почвы, поступающей на лемех плуга, а также в силу некоторых других причин, возникает кратковременное нарушение стационарности процесса. Поэтому, при обработке результатов эксперимента предусмотрено остационаривание процесса методом фильтрации на ЭВМ. Для скорости движения агрегата до 12 км/час, интервал дискретизации процесса Δt принимается в пределах от 0,02 до 0,1 с, следовательно, в нашем случае достаточно запись осциллограммы процесса выполнить на длине гона 50 м. Необходимым условием эксперимента является строгая синхронность записи входного и выходного параметров системы. Глубина обработки почвы 20 см.

Последовательность проведения эксперимента следующая:

- поле разбивается на 9 участков, на каждом участке отмечается длина рабочего гона 50 м, 25 метров на разгон агрегата; прокладывается первая борозда;

- на зачетном гоне в пяти точках берутся пробы на влажность почвы;

- на поле при помощи твердомера Ревякина определяется твердость почвы в 50 точках по ходу движения агрегата;

- перед началом движения агрегата проводится настройка датчиков, балансировка каналов, запись нулевых линий на фотобумагу и установка сменных пружин на подвеску;

- запись производится после разгона агрегата и достижения им рабочей скорости, одновременно определяется время прохождения зачетного участка с целью определения средней скорости движения агрегата;

- испытания проводятся на трех скоростях движения агрегата, соответствующих 1, 2 и 3 передачам КПП трактора Т-150К и со сменными пружинами различной жесткости. Влажность почвы определяется по общепринятой методике.

Для регистрации тягового сопротивления корпуса плуга изготовлена тензометрическая стойка (рис. 1) на которую по мостовой схеме наклеены тензорезисторы, регистрирующие изгибающий момент, пропорциональный горизонтальной составляющей тягового сопротивления корпуса плуга. Технология наклейки тензорезисторов - согласно рекомендациям [3].



Рис. 1. Тензометрическая стойка плуга.

Для получения информации о сопротивлении почвы используем обобщенный показатель физико-механических свойств почвы в виде твердости почвы $R(t)$, который определяется двумя способами.

Первый способ предусматривает измерение твердости почвы по традиционной методике при помощи твердомера конструкции Ю.Ю.Ревякина. Измерения проводились перед вспашкой в 50 точках на рабочей глубине до 30 см плунжером 11,3 см, $F = 1 \text{ см}^2$.

Таблица 1. Твердость почвы на глубине 20 см, измеренная твердомером статического действия

Статический параметр	Обозначение	Значение
Среднее арифметическое, МПа	\bar{R}	5,719
Среднее квадратическое, МПа	σ_R	0,71
Ошибка среднего арифметического, МПа	$\Delta\bar{R}$	0,1
Точность опыта, %	P	3,3%
Коэффициент вариации, %	Y	12,4%

Второй способ предусматривает измерение продольной твердости почвы ,изготовленным для этих целей твердомером, конструкции ЛСХИ [2]. Этот твердомер представляет собой (рис. 2) деформатор , укрепленный на тензометрической стойке, на которую наклеены тензорезисторы , регистрирующие изгибающий момент, пропорциональный сопротивлению движения деформатора. Перед стойкой установлен нож, разгружающий последнюю. Деформатор имеет конусовидную форму с площадью поперечного сечения 3 см^2 и углом образующей $22^\circ 30'$. Твердомер крепится на раму плуга таким образом, чтобы деформатор двигался рядом с носком лемеха.

В результате проведения эксперимента и обработки осциллограмм продольной твердости почвы получены корреляционные функции $K_y(\tau)$ и спектральные плотности сопротивления почвы $S_y(\omega)$ [4].

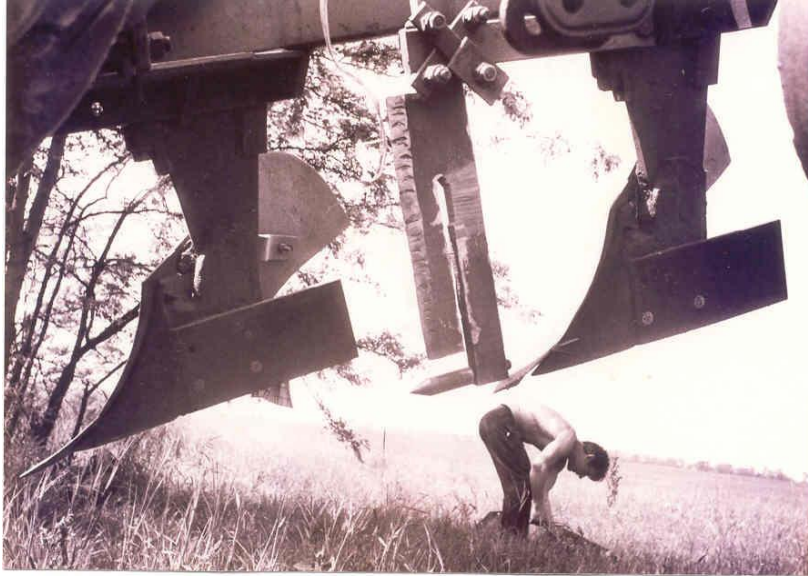


Рис 2. Устройство для непрерывного определения продольной твердости почвы.

Аппроксимация кривых корреляционной функции дает возможность определения коэффициентов корреляционной связи, которые зависят в основном от физико-механических свойств почвы и от скорости вспашки.

Таблица 2. Статистические оценки продольной твердости почвы

Статистический параметр	Обозначение	Скорость движения, м/с		
		1,96	1,78	1,6
Математическое ожидание	$m_y(t), Н$	2679,0	2358,2	2149,1
Среднеквадратическое отклонение	$\sigma_y(t), Н$	51,02	49,1	45,35
Частота среза	$\omega_0, 1/с$	0,210	0,628	0,314
Коэффициенты корреляционной связи	α	0,230	0,290	0,320
	β	3,100	2,295	2,282

Определив ширину спектра частот по выражению $\Delta\omega = \frac{1}{S(\omega_0)}$,

где ω_0 – частота, при которой спектральная плотность максимальна, $S(\omega_0)$ - значение спектра спектральной плотности при $\omega = \omega_0$, делаем вывод, что, поскольку сопротивление почвы $y(t)$ - широкополосный процесс, так как $\Delta\omega \leq \omega_0$, принимаем в качестве формирующего фильтра воздействия уравнение первого порядка

$$\dot{y} + \alpha V_0 y = \sigma_y \sqrt{2\alpha V_0} \cdot \eta(t). \quad (1)$$

В результате лабораторного экспериментального исследования [5] определены обобщенные коэффициенты дифференциального уравнения системы: коэффициент диссипации равен 0,084, а коэффициент $\gamma = 0,173 \cdot 10^{-3}$.

На основании результатов экспериментального исследования выполнена идентификация колебательной системы «корпус плуга на упругой подвеске». Результаты качественной идентификации [6], дают достаточное основание считать, что поскольку плотность вероятности квадрата амплитуды данного процесса монотонно убывающая функция, колебательная система относится к системам со случайным внешним возбуждением:

$$\ddot{x} + 2b\dot{x} + f(x) = F(t). \quad (2)$$

Выводы. Предлагаемая методика экспериментального исследования позволяет определить сопротивление почвы, как входное воздействие, и тяговое сопротивление корпуса плуга, как выходной параметр динамической системы «корпус плуга на упругой подвеске почва» и, в результате, разработать математическую модель объекта исследования.

Литература

1. Лурье А.Б., Любимов А.И. Широкозахватные почвообрабатывающие машины.- Л.: Машиностроение.- 1981. – 270 с.

2. *Дубровский Б.Ц.* Исследование рабочего процесса пропашного фрезерного культиватора: Дисс...канд. техн. Наук. – Ленинград – Пушкин, 1974. – 223 с.
3. *Кацнельсон А.Ш.* Датчики контактного сопротивления.- М.: Энергоатомиздат.- 1985.- 80 с.
4. *Дюжаев В.П.* Моделирование входного воздействия динамической системы корпус плуга – почва // Праці / ТДАТА. – Мелітополь, 2003. – Вип. 13. – С.40.
5. *Дюжаев В.П.* Определение обобщенных коэффициентов дифференциального уравнения движения корпуса плуга на упругой подвеске // Праці / ТДАТА. Вип.33.- Мелітополь, 2005. – С.122-126.
6. *Дюжаев В.П.* Построение математической модели колебательной системы рабочий орган – почва //Труды / ТДАТА. – Мелітополь, 1998. – Вип.1– Т.5. Техника в сельськохозяйственном производстве.– С.77.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF CORPS OF PLOUGH ON RESILIENT PENDANT

V. Djuzajev

Summary

The method of experimental research of corps of plough is developed and methods and devices are offered for determination of entrance influence – resistance of soil and out parameter – hauling resistance of corps of plough. Approbation of the resulted method is executed in the conditions of the normal functioning of the dynamic system a «corps of plough is soil».