
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ ПРИВОДОМ

Леонид Бабицкий, Константин Котелевич

Южный филиал Национального университета биоресурсов и природопользования Украины
«Крымский Агротехнологический Университет»

Аннотация. Изложена методика определения режима работы колебательного устройства почвообрабатывающего рабочего органа с принудительным приводом.

Ключевые слова: методика, почва, рыхлитель, измерения, колебания, тяговое сопротивление.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях возделывания сельскохозяйственных культур все большее распространение находят энергосберегающие технологии обработки почвы, требующие сочетания в себе не только научно-обоснованного подхода, но и эффективных технологических процессов. Одним из нескольких направлений решения данной проблемы в сельскохозяйственном машиностроении является применение вибрационных почвообрабатывающих рабочих органов в сочетании с малоэнергоемкими приводами.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ исследований по вибрационным почвообрабатывающим рабочим органам показал, что перспективным направлением в конструкциях рыхлителей является использование виброударных механизмов в сочетании с упругими рабочими органами [3, 4, 5].

На основании проведенных теоретических исследований и патентного поиска была предложена конструкция виброударного рыхлителя почвы (рис.1).

Работает предлагаемый почвенный рыхлитель следующим образом. При движении агрегата стрельчатая лапа заглубляется в почву на установленную глубину ее обработки. В процессе движения секции упругий рабочий орган начинает взаимодействовать с почвой. Когда же воздействие внешних сил со стороны почвы станет максимальным – упругая стойка отклонится против направления движения всего устройства на максимальное расстояние, тогда происходит взаимодействие с виброударным механизмом. В этот момент вибропобудитель начинает воздействовать на промежуточные звенья ударного механизма с частотой, силой и амплитудой, обеспечивающими необходимый импульс для смещения упругой стойки в исходное положение, что способствует скалыванию почвы. Амплитуда колебаний регулируется сменой кулачков на валу, а частота колебаний – регулировкой частоты вращения вала.

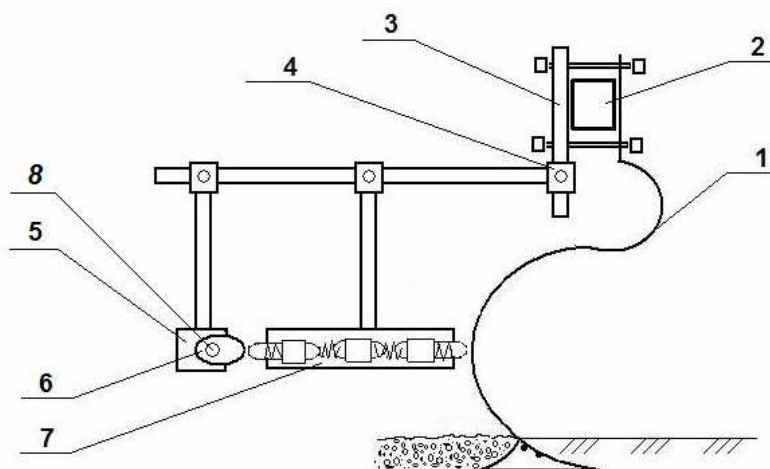


Рис.1. Предлагаемая схема виброударного рыхлителя почвы: 1 - упругая культиваторная стойка; 2 - рама культиватора; 3 - крепление; 4 - фиксатор положения; 5 - привод; 6 - кулачок; 7 - виброударный механизм; 8 - вал

Fig.1 The proposed scheme of percussive rippers soil: 1-elastic cultivator rack, 2 – frame of cultivator, 3 - fixation, 4-locking position, 5-drive, 6 - cam; 7 - percussive mechanism, 8-shaft

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования по определению режимов работы колебательного устройства почвообрабатывающих рабочих органов с принудительным приводом проводятся с целью проверки результатов, полученных при теоретическом обосновании его рациональных параметров и режимов работы.

Основными задачами экспериментов являются:

- проверка выдвинутой гипотезы о положительном влиянии колебательного воздействия почвообрабатывающих рабочих органов, использующих в качестве источника энергии вибрационный механизм с приводом от внешнего энергоисточника, на качество рыхления почвы и энергозатраты;
- экспериментальное определение оптимальных режимов работы предложенных виброударных рабочих органов с принудительным приводом в условиях, типичных для Крыма и юга Украины;
- получение зависимости качественных и энергетических показателей обработки почвы вибрационными рабочими органами от частоты и амплитуды колебательного воздействия, а также скорости движения и глубины обработки.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии с поставленными целью и задачами программой экспериментальных исследований предусмотрено:

- определение физико-механических свойств обрабатываемой почвы;
- экспериментальное исследование влияния глубины обработки и рабочей скорости на степень крошения почвы и энергозатраты;
- экспериментальное исследование влияния частоты и амплитуды колебательного воздействия рабочих органов на степень крошения почвы и энергозатраты.

Местом проведения лабораторных исследований является почвенный канал ЮФ НУБиП Украины «КАТУ», который представляет собой железобетонную емкость прямоугольного сечения 2500×2000 мм, заполненную почвой. Вдоль канала по проложенным рельсам под действием лебёдки с электроприводом движется рабочая тележка. На тележке смонтирована подвижная рама, на поперечных балках которой посредством хомутов закрепляются исследуемые рабочие органы.

Глубина хода рабочих органов регулируется при помощи вертикальных направляющих и двух винтовых механизмов подвижной рамы. Для уплотнения почвы используется водоналивной каток. При необходимости почва в канале увлажняется до требуемой влажности. Привод тяговой лебёдки осуществляется через коробку передач от асинхронного электродвигателя с фазным ротором. Скорость движения тележки регулируется переключением скоростей коробки передач. Это позволяет устанавливать заданные скорости движения рабочей тележки в исследуемом диапазоне.

Для определения тягового сопротивления исследуемых рабочих органов используется модернизированный прибор на базе тягового гидравлического динамографа ДТ-3, который преобразует измеряемое тяговое сопротивление сначала в жидкостное давление посредством гидравлического датчика, а затем в электрический сигнал, регистрируемый с помощью ноутбука. При тарировке данного измерительного средства используется пружинный динамометр ДПУ-0,5-2. Взвешивание проб почвы при определении её влажности производится на лабораторных технических весах ВЛКТ-500 с точностью до 0,01 г.

Для сушки почвенных проб используется сушильный шкаф.

Деформационный показатель измеряется модернизированным прибором на базе твердомера Ревякина Ю.Ю. со штампами полусферической формы [1]. Твердость почвы определяется твердомером Ревякина Ю.Ю. с плоским наконечником в пятикратной повторности [2]. Продолжительность опытов измеряется механическим секундомером (ГОСТ 5072-79Е) с точностью 0,2 с. Расстояние, которое проходит тележка за время опыта, замеряется металлической мерительной лентой.

Глубина обработки почвы, глубина борозд, высота и ширина гребней на поверхности обработанной почвы определяется при помощи линеек (ГОСТ 17435-72) с точностью $\pm 0,5$ см.

Для взятия проб почвы на крошение использовался металлический ящик размером 0,5×0,5×0,4 м. Взвешивание отобранных фракций производится на рычажных шкальных настольных весах с точностью до 10 г. Размеры комков почвы измеряются при помощи линеек (ГОСТ 17435-72).

Визуальное исследование процесса взаимодействия рабочих органов с почвой и распределения почвенных агрегатов в обработанном её слое осуществляется с помощью цифровой фотокамеры Canon Power Shot A550.

При проведении опытов применяется метод математического планирования

эксперимента. Исследуется зависимость тягового сопротивления рабочих органов от глубины обработки почвы и скорости движения, а также от частоты и амплитуды колебательного воздействия. Для описания изучаемых процессов была выбрана математическая модель вида:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=j}^n b_{ij} x_i x_j, \quad (1)$$

где: y – функция отклика; x_i и x_j – кодированные значения факторов; b_0 – свободный член, равный выходу при $x_i = 0$; b_i – коэффициенты регрессии соответствующих факторов; b_{ij} – коэффициенты регрессии двойного взаимодействия факторов.

Уровни исследуемых факторов и интервалы их варьирования представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Интервалы варьирования глубины и скорости движения
Table 1. The ranges of variation of depth and speed

Интервал варьирования и уровни факторов	Исследуемые факторы	
	Глубина обработки, см	Скорость движения, км/ч
Нулевой уровень $x_i = 0$	8	6
Интервал варьирования Δx_i	4	3
Нижний уровень $x_i = -1$	4	3
Верхний уровень $x_i = +1$	12	9
Кодовое обозначение	x_1	x_2

Таблица 2. Интервалы варьирования амплитуды и частоты колебаний
Table 2. The ranges of variation of the amplitude and frequency of vibration

Интервал варьирования и уровни факторов	Исследуемые факторы	
	Амплитуда, мм	Частота, Гц
Нулевой уровень $x_i = 0$	10	12
Интервал варьирования Δx_i	5	6
Нижний уровень $x_i = -1$	5	6
Верхний уровень $x_i = +1$	15	18
Кодовое обозначение	x_1	x_2

Для определения коэффициентов регрессии математической модели (1) проводятся многофакторные эксперименты типа $N = 2^2$. Для уменьшения влияния систематических ошибок, вносимых неоднородностью условий эксперимента, производится рандомизация порядка проведения опытов.

Перед проведением опытов осуществляется подготовка почвы в канале, которая заключается в её увлажнении, перемешивании и выравнивании. Для

создания требуемой плотности почва прикатывается катком. Затем производится отбор проб почвы на влажность, замеры её твёрдости и деформационного показателя на исследуемых глубинах.

Исследуемый рабочий орган закрепляется на подвижной раме тележки и с помощью винтовых механизмов устанавливается на заданную глубину обработки почвы. Выводы от датчика тягового усилия подключаются к ноутбуку, установленному на платформе тележки. Амплитуда регулируется с помощью сменных кулачков, а частота – путем изменения частоты вращения вала.

Фиксирование сигнала, поступающего от датчика, осуществляется с помощью специально разработанных программ-макросов в Microsoft Excel. Показания датчика, в зависимости от времени, записываются в численном виде в ячейки активного листа Microsoft Excel. Полученные данные представляются в виде графиков зависимостей тягового сопротивления рабочих органов от времени.

Для установления соответствия между действительными значениями измеряемых величин и показаниями датчиков проводится их тарировка.

При выполнении опытов процесс взаимодействия рабочего органа с почвой, одновременно с регистрацией показаний датчиков на компьютер, фиксируется цифровой фотокамерой в режиме видеозаписи. Полученная видеoinформация анализируется на компьютере с использованием программы Light Alloy 4.1.

После прохода рабочего органа определяются следующие качественные показатели:

- глубина обработки почвы;
- отклонение фактической глубины обработки почвы от заданной;
- равномерность хода рабочих органов по глубине;
- степень крошения почвы;
- глыбистость поверхности обработанной почвы.

Обработка данных, полученных в результате проведения опытов, осуществляется на ПЭВМ с использованием методов математической статистики.

В таблице 3 приведены результаты многофакторного эксперимента по определению зависимости тягового сопротивления исследуемого рабочего органа от глубины обработки и скорости движения.

Таблица 3. Результаты многофакторного эксперимента
Table 3. Results of multifactor experiment

№ опыта						Вектор выхода Y		
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₁ X ₂	Повторности			Среднее значение
					Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y _{cp}
1	+	-	-	+	Y ₁₁ = 205	Y ₁₂ = 207	Y ₁₃ = 211	Y _{cp1} = 208
2	+	+	-	-	Y ₂₁ = 527	Y ₂₂ = 516	Y ₂₃ = 537	Y _{cp2} = 527
3	+	-	+	-	Y ₃₁ = 311	Y ₃₂ = 321	Y ₃₃ = 389	Y _{cp3} = 340
4	+	+	+	+	Y ₄₁ = 771	Y ₄₂ = 729	Y ₄₃ = 720	Y _{cp4} = 740

На основании этих данных получена следующая эмпирическая зависимость в виде уравнения регрессии:

$$y = 453,67 + 179,66 \cdot x_1 + 86,5 \cdot x_2 + 20,17 \cdot x_1 \cdot x_2, \quad (2)$$

где: y – тяговое сопротивление, Н; x_1 и x_2 – кодируемые факторы.

ВЫВОДЫ

Разработанная методика проведения экспериментальных исследований позволяет определить энергетические и качественные показатели работы колебательных рабочих органов. По результатам многофакторного эксперимента получена эмпирическая зависимость для исследуемого рабочего органа, которая дает возможность оценить и прогнозировать влияние вибрационного привода на тяговое сопротивление предлагаемого рыхлителя и обосновать режимы работы, при которых затраты энергии будут минимальными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабицкий Л.Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин / Л.Ф. Бабицкий. – К.: Урожай, 1988. – 164 с.
2. Бабицкий Л.Ф. Основы научных исследований / Л.Ф. Бабицкий, В.М. Булгаков, Д.Г. Войтюк, В.И. Рябец. – К.: НАУ, 1999. – 204 с.
3. Василенко П.М. Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: Урожай, 1960. – 180с.
4. Дубровский А.А. Вибрационная техника в сельском хозяйстве / А.А. Дубровский. – М.: Машиностроение, 1968. – 204 с.
5. Зоненберг Р.М. Влияние вибрации на снижение тягового сопротивления плоскореза / Р.М. Зоненберг // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1965. - №1. – С. 54-56.

TECHNIQUE OF DEFINITION OF OPERATING MODES OSCILLATORY DEVICES OF SOIL-CULTIVATING WORKING BODIES WITH A COMPULSORY DRIVE

Leonid Babickiy, Konstantine Kotelevich

Summary. Presented method of determining the vibration mode of the device soil working body with the forcible control.

Key words: methodology, soil, ripper, measuring, vibration, pulling resistance.