

УДК 631.319.06

## ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ БОРОЗДЫ В ГРУНТЕ

Зоря М.В.

Таврический государственный агротехнологический университет, ул. Свердлова, 39, кв. 65, г. Мелитополь, Запорожская область, 72312, Украина, e-mail: zorya-5@mail.ru

Глубина бороздок при посеве кукурузы напрямую связана с глубиной хода лапы бороздообразователя, равномерность которой определяет устойчивость уровня хода сошников сеялки. Эти показатели зависят от микро-рельефа поля, состояния почвы, режима обработки и конструктивных параметров машин. Действие первых двух факторов на лапу культиватора с бороздообразователем носит случайный характер и определяется суммой дисперсий от каждой из входящих переменных на выходе динамического звена. Получили математическую модель и определили передаточную функцию. Рассчитали амплитудные частотные характеристики динамической системы. Выявили, что шарнирно-упругое соединение культиваторной лапы с бороздообразователем в виде закрылков или отвальчиков с рамой пропашной сеялки увеличивает амплитуду ее колебаний в продольной и вертикальной плоскостях. Это наблюдали при частотах 1,3-1,6 Гц, соответствующих колебаниям микро-рельефа поля, но не входящих в диапазон резонансных. Доказали, что значительное уменьшение колебаний бороздообразователя возможно при его оборудовании пружиной, жесткость которой должна быть не менее 20 кН/м. Рекомендовали на грунтах с уделным сопротивлением до 50 кН/м заменить шарнирно-упругое соединение на жесткое.

**Ключевые слова:** обработка почвы, рабочий орган, бороздообразователь, тяговое сопротивление.

■ **Для цитирования:** Зоря М.В. Динамика движения рабочего органа для образования борозды в грунте // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. N4. С. 44-47.

## MOVEMENT DYNAMICS OF WORKING TOOL FOR SUBSOIL FURROW FORMATION

M.V. Zoria

Tavria State Agrotechnological University, Sverdlov St., 9, of. 65, Melitopol, 72312, Ukraine, e-mail: zorya-5@mail.ru

A furrow depth at the corn furrow drilling depends on the working depth of the furrower hoe also on stability of drill openers operating depth. The main factors which influence on the furrower motion steadiness are field microrelief, soil condition, tillage mode and their design parameters. The effect of two first factors groups on the hoe with a furrower occurs at random and is determined as a sum of dispersions of every variable at the dynamic unit output. A transfer function was determined on the basis of the received mathematical model. The amplitude frequency characteristics of the dynamic system were calculated. The analysis of the theoretical amplitude frequency characteristics showed jointed elastic junction of the cultivator hoe with the furrower in a shape of wing flap or blades with the row-crop drill frame results its fluctuation amplitude raising in longitudinal and vertical planes. It was ascertained for the frequency range from 1.3 to 1.6 Hz which represent field microrelief fluctuation, but not resonant ones. The authors proved that significant fluctuation decrease of the furrower is possible if it be equipped with a spring which rate equals more than 20 kN per m. It was recommended to change jointed elastic junction with the rigid one on the soils with the unit resistance up to 50 kN per m.

**Keywords:** Soil cultivation; Working tool; Furrower; Draught resistance.

■ **For citation:** Zoria M.V., Movement dynamics of working tool for subsoil furrow formation. *Sel'skokhozyaystvennyye mashyny i tekhnologii*. 2016; 4: 44-47. (In Russian)

**П**ри бороздовом посеве кукурузы равномерность глубины хода сошников сеялки в значительной степени зависит от качества борозды, которая, в свою очередь, связана с уровнем хода лапы бороздообразователя [1, 2]. При этом большое значение имеют его тяговое сопротивление и устойчивость

движения по глубине, которые зависят от конструктивных параметров, режима движения бороздообразователя и способа присоединения его к раме.

Сопротивление перемещению клинообразных рабочих органов в грунте определяли по четырем компонентам сопротивления [3, 4].



нение колебаний рабочего органа относительно рамы (точки  $O$ ) с обобщенной координатой  $\psi$  при условии, что рабочий орган движется с постоянной поступательной скоростью  $V$ , все элементы абсолютно жесткие, зазоры в шарнирах отсутствуют, а угол  $\psi$  остается малой величиной.

Кинетическая энергия движения лапы в продольно-вертикальной плоскости будет иметь вид:

$$T = \frac{1}{2} \left\{ I_{po} + I_{\Pi} + m_{po} [(l_{\Pi} + l_{om})^2 + (H_{\Pi} - a_{om})^2] + \frac{1}{4} m_{po} l_{\Pi}^2 \right\} \dot{\psi}^2 + (m_{po} + m_{\Pi}) V_0^2, \quad (3)$$

где  $I_{po}$ ,  $I_{\Pi}$  – центральные моменты инерции в продольно-вертикальной плоскости рабочего органа (лапы с отвальчиками) и поводка соответственно;  $m_{po}$ ,  $m_{\Pi}$  – массы лапы с отвальчиками и поводка соответственно.

Продифференцировав аналитическое выражение (3), получим уравнение Лагранжа, которое будет иметь вид:

$$\left[ I_{po} + I_{\Pi} + m_{po} (l_{\Pi} + l_{om})^2 + (H_{\Pi} - a_{om})^2 + \frac{1}{4} m_{po} l_{\Pi}^2 \right] \ddot{\psi} = Q_{\psi}, \quad (4)$$

где  $Q_{\psi}$  – обобщенный момент сил.

Придав звеньям малое приращение  $\Delta\psi$  и учитывая, что  $\sin(\Delta\psi) \approx \Delta\psi$ , а  $\cos(\Delta\psi) \approx 1$ , получим выражение для обобщенного момента сил:

$$Q_{\psi} = \sum M(R_i)_O \approx R_{лп} [H_{\Pi} - a_{ол} - (l_{\Pi} + l_{ол}) \Delta\psi] + R_{вп} [H_{\Pi} - a_{ов} - (l_{\Pi} + l_{ов}) \Delta\psi] - R_{лв} [l_{\Pi} + l_{ол} + (H_{\Pi} - a_{ол}) \Delta\psi] - G [l_{\Pi} + l_{ом} + (H_{\Pi} - a_{ом}) \Delta\psi] - R_{вв} [l_{\Pi} + l_{ов} + (H_{\Pi} - a_{ов}) \Delta\psi] - P_{пр} \cdot l_{пр} \quad (5)$$

где  $R_{лв}$ ,  $R_{лп}$  – вертикальная и горизонтальная составляющие сопротивления передвижению лапы в почве;

$R_{ов}$ ,  $R_{оп}$  – то же самое для сопротивления передвижению отвальчиков;

$G$  – общий вес рабочего органа;

$P_{пр}$  – усилие сжатия пружины.

На основании выражений (4) и (5), выполнив преобразования относительно обобщающей координаты  $\psi$ , запишем математическую модель дви-

жения рабочего органа в продольно-вертикальной плоскости в виде дифференциального уравнения:

$$a_0 \ddot{\psi} + a_1 \dot{\psi} + a_2 \psi + a_3 = 0, \quad (6)$$

где  $a_0, \dots, a_3$  – коэффициенты, зависящие от конструктивно-технологических параметров рабочего органа.

С помощью математической модели (6) получена передаточная функция  $W_I(p)$ , которая переводит колебания угла  $\psi$  в колебания глубины обработки почвы и представляет собой консервативное звено:

$$W_I(p) = \frac{K}{T^2 \cdot p^2 + 1}, \quad (7)$$

где  $K = -l_{\Pi} \cdot a_3 / a_2$  – коэффициент усиления динамической системой входящего влияния угла  $\psi$ ;

$T = (a_0 / a_2)^{1/2}$  – постоянная времени, характеризующая инерционные свойства рабочего органа.

Резонансная частота колебаний ( $\omega$ ) данного консервативного звена зависит от конструктивно-технологических параметров рабочего органа, входящих в коэффициенты  $a_0$  и  $a_2$  математической модели (6):

$$\omega = \frac{1}{T} = \left( \frac{a_2}{a_0} \right)^{1/2}. \quad (8)$$

На основании полученной передаточной функции  $W_I(p)$  были рассчитаны амплитудные частотные характеристики динамической системы при отработке ею возмущения в виде угла  $\psi$ .

**Выводы.** Анализ теоретических амплитудных частотных характеристик показал, что шарнирно-упругое агрегатирование комбинированного рабочего органа влечет за собой повышение амплитуды его колебаний в продольно-вертикальной плоскости. Особенно это ощущается на частотах 1,3-1,6 Гц, которые представляют собой колебания микрорельефа поля, но не входят в диапазон резонансных.

Существенное (до 20 раз) уменьшение колебаний бороздообразователя возможно при его оборудовании пружинной, жесткость которой должна быть больше 20 кН/м.

Это значение настолько велико, что в реальных условиях шарнирно-упругое соединение рабочего органа с рамой машины практически адекватно жесткому. Поэтому на грунтах с удельным сопротивлением до 50 кН/м шарнирно-упругое соединение можно заменить жестким.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент Украины N20954. Бороздообразователь / Баев И.В., Зоря М.В., Кюрчев В.Н. и др. 2007.
2. Артамонов В.А. К вопросу разработки рабочих органов сеялки культиватора для полосного посева зерновых культур // Сборник научных трудов ВИМ. Т. 151. М.: ВИМ, 2004. С. 146-154.
3. Синекоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин – М.: Машиностроение, 1977. 328 с.
4. Шабала Н.А. Механизация возделывания кукурузы. Кишинев: Молдагроинформреклама, 1991. 174 с.
5. Медведев В.И., Дмитриев С.Ю. Теоретическое обоснование экспериментальной установки для опре-



деления параметров и режимов работы культиваторного рабочего органа на упругой подвеске // Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2002. С. 176-179.

6. Шайхов М.К., Шайдуллин Х.Х., Артамонов В.А., Писарев О.С. Перспективные направления развития технологий и техники полосного и прямого посева зерновых культур // Сборник научных трудов ВИМ. Т. 147. М.: ВИМ, 2003. С. 166-177.

7. Лобачевский Я.П. Прочностные и деформационные свойства связных задерненных почв // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. № 3. С. 18-20.

8. Бурченко Д.П., Волобуев В.А. Рациональные рабочие органы для обработки паров // Сборник научных трудов ВИМ. Т. 135. М.: ВИМ, 2000. С. 198-202.

9. Писарев О.С. Обоснование параметров и разра-

ботка комбинированного сошника сеялок для прямого посева зерновых культур: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: ВИМ, 2006. 24 с.

10. Верняев О.В. Культиватор с колебательными рабочими органами // Изучение и усовершенствование пропашных фрез и культиваторов: Сборник научных трудов. М.: НТС ВИСХОМ, 1965. С. 241-245.

11. Джавадов Р.Д. Теоретическое обоснование комбинированного полуактивного почвообрабатывающего рабочего органа культиватора // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. № 4. С. 33-36.

12. Воднев В.Т., Наумович А.Ф., Наумович Н.Ф. Основные математические формулы. Минск: Вышэйшая школа, 1980. 336 с.

13. Аппель П. Теоретическая механика. Т. 1. М.: Гос. изд. физико-математической литературы, 1960. 516 с.

REFERENCES

1. Patent Ukrainy N20954. Borozdoobrazovatel' [Furrower]. Baev I.V., Zorya M.V., Kyurchev V.N., et al. 2007. (In Ukrainian)

2. Artamonov V.A. K voprosu razrabotki rabochikh organov seyalki-kul'tivatora dlya polosnogo poseva zernovykh kul'tur [Revisiting working out of working tools of cultivating drill for strip seeding of grain crops]. Sbornik nauchnykh trudov VIM. Vol. 151. Moscow: VIM, 2004: 146-154. (In Russian)

3. Sineokov G.N., Panov I.M. Teoriya i raschet pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Theory and design of soil-cultivating machines]. Moscow: Mashinostroenie, 1977: 328. (In Russian)

4. Shabala N.A. Mekhanizatsiya vozdeystviya kukuruzy [Corn growing mechanization]. Kishinev: Moldagroinformreklama, 1991: 174. (In Russian)

5. Medvedev V.I., Dmitriev S.Yu. Teoreticheskoe obosnovanie eksperimental'noy ustanovki dlya opredeleniya parametrov i rezhimov raboty kul'tivatornogo rabocheho organa na uprugoy podveske [Theoretical justification of experimental facilities for dimensioning and operating modes of cultivator working tool on flexible mounting]. Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Cheboksary: Chuvashskaya GSKhA, 2002: 176-179. (In Russian)

6. Shaykhov M.K., Shaydullin Kh.Kh., Artamonov V.A., Pisarev O.S. Perspektivnye napravleniya razvitiya tekhnologii i tekhniki polosnogo i pryamogo poseva zernovykh kul'tur [Perspective directions of development of technologies and machinery for strip and direct seeding of grain crops]. Sbornik nauchnykh trudov VIM. T. 147. Moscow: VIM, 2003: 166-177. (In Russian)

7. Lobachevskiy Ya.P. Strength and deformation characteristics of coherent grassed soils. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2011; 3: 18-20. (In Russian)

8. Burchenko D.P., Volobuev V.A. Ratsional'nye rabochie organy dlya obrabotki parov [Rational working tools for fallows cultivation]. *Sbornik nauchnykh trudov VIM*. T. 135. Moscow: VIM, 2000: 198-202. (In Russian)

9. Pisarev O.S. Obosnovanie parametrov i razrabotka kombinirovannogo soshnika seyalki dlya pryamogo poseva zernovykh kul'tur [Justification of parameters and design of combined coulters of seeders for direct seeding of grain crops]: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Moscow: VIM, 2006: 24. (In Russian)

10. Vernyaev O.V. Kul'tivator s kolebatel'nymi rabochimi organami [Cultivator with oscillating working tools]. *Izuchenie i usovershenstvovanie propashnykh frez i kul'tivatorov* [Studying and improvement of rotary hillers and cultivators]. *Sbornik nauchnykh trudov*. Moscow: NTS VISKhOM, 1965: 241-245. (In Russian)

11. Dzhavadov R.D. Teoreticheskoe obosnovanie kombinirovannogo poluaktivnogo pochvoobrabatyvayushchego rabocheho organa kul'tivatora [Theoretical justification of combined semi-active soil-cultivating working tool of cultivator]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2009; 4: 33-36. (In Russian)

12. Vodnev V.T., Naumovich A.F., Naumovich N.F. Osnovnye matematicheskie formuly [Basic mathematical formulas]. Минск: Vysheyschaya shkola, 1980: 336. (In Russian)

13. Appel' P. Teoreticheskaya mekhanika [Theoretical mechanics]. Vol. 1. Moscow: Gos. izd. fiziko-matematicheskoy literatury, 1960: 516. (In Russian)

**Критерии авторства.** Автор несет ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

**Contribution.** The author is responsible for information and plagiarism avoiding.

**Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.