

УДК 631.348

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ СОШНИКА МЕТОДОМ ПАРЦИАЛЬНЫХ УСКОРЕНИЙ

Мельник В.И., д.т.н.,

Антощенко Р.В., к.т.н.

Аль-Фтиххат Моусаб Абдулвахид Моххамед, асп.*

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка

University Of Mosul (Mosul, Iraq, e-mail: unmocha @ yahoo.com)

Тел. (057)700-38-88

Аннотация – в работе использован метод парциальных ускорений. Для аппроксимации или интерполяции экспериментальных данных применяются методы Фурье. Разработан способ учета составляющих ускорения свободного падения порождаемых угловыми колебаниями испытуемой машины в процессе движения. Опираясь на экспериментальные данные, показана процедура восстановления функции параметрического представления уравнения траектории сошника.

Ключевые слова – траектория, ускорение, амплитуда, гармоника, преобразование Фурье.

Постановка проблемы. Неравномерность распределения семян полезных растений вдоль рядов посевов [1] и по глубине заделки [2-4] серьезным образом сказывается на их продуктивности [5, 6]. Чтобы выяснить и устранить причины таких неравномерностей, учеными разрабатываются соответствующие лабораторные методы исследований [7, 8]. Тем не менее, при изучении поперечных отклонений растений возникает нерешенный вопрос о положении оси рядка, а само отклонение от оси рядка вносит вклад в погрешность оценки распределения семян или растений вдоль оси рядка. Глубину заделки семян можно достаточно точно оценить по измерению этилированной части взошедших растений [9], но, опять-таки, нет возможности выделить вклад колебаний линии хода сошника в результат измерения.

Из приведенного вытекает задача выделения трехмерных отклонений растений относительно меток идеального высева, находящихся на траектории сошника, от нелинейности самой траектории. Решение

©Мельник В. И., Антощенко Р. В., Аль-Фтиххат Моусаб Абдулвахид Моххамед

*Научный руководитель - д.т.н., проф. Мельник В. И.

такої задачі дозволит ранжировать по значимости факторы, порождающие не идеальности высева, оценить их взаимосвязи и наметить актуальные инженерно-технологические пути их устранения.

Анализ последних исследований. Чтобы восстановить траекторию сошника, можно воспользоваться технологиями GPS ориентирования. Это эффективный метод, но из-за недостаточной точности и, в первую очередь, высокой стоимости, он сейчас применяется для отслеживания траектории всего агрегата в целом, а не его отдельных компонентов [10-12]. Альтернативой, и в идеале эффективным дополнением к GPS навигации, является использование метода парциальных ускорений, суть которого состоит в изучении динамики агрегата через измерения трехмерных составляющих ускорений его элементов [13].

Формулирование целей статьи (постановка задания). Траекторию точки (центра масс сошника) методом парциальных ускорений можно получить путем двойного интегрирования интерполированных или аппроксимированных данных измерений. Частную проблему составляет разработка математической модели посева, учитывающую сопровождающие измерения шумы и формулировка подходов для определения начальных условий.

Дальнейшее развитие предлагаемой модели посева требует решения задачи по восстановлению траектории сошника, которая рассматривается далее как проекция на горизонтальную плоскость системы координат Oxy , т.е. как функция $y = y(x)$.

В работе [14] предложена математическая модель посева, в основе которой лежит представление о горизонтальной проекции $y = y(x)$, в общем случае трехмерной линии рядка пропашных культур, как сумме трех гармоник

$$y(x) = \frac{1}{2} \sum_{k=0}^3 A_k^{(y)} \cos \left(\frac{2\pi}{L_k^{(y)}} x + \phi_k^{(y)} \right) + y_0, \quad (1)$$

где: x – продольная координата точки линии рядка, совпадающая с его идеальным направлением; y – текущее отклонение кривой рядка от идеальной прямой; $A_k^{(y)}$, $L_k^{(y)}$ и $\phi_k^{(y)}$ – амплитуда, длина волны и начальная фаза k -той гармоники; y_0 – смещение прямой идеального направления рядка относительно оси Ox системы координат.

Числовые параметры, вошедшие в уравнение (1), выбирали из заданных пределов псевдослучайным образом. Кроме того, путем применения метода Монте-Карло [15], смоделирован вероятностный характер пропусков, высева двойников, всхожести семян, а также трехмерных отклонений давших всходы семян относительно траектории хода сошника. Такая математическая модель прошла проверку на адекватность, путем применения физической модели [16].

Уравнение (1) априори не может соответствовать любой и каждой фактической траектории сошника, а, значит, поставленная выше задача остается не решенной. Представление искомых зависимостей в виде тригонометрических рядов используем далее.

Основная часть. Непосредственные измерения координат (x, y) в эксперименте путем обследования следа сошника, который остался на поверхности поля, или применением GPS ориентирования во время движения агрегата, не задействуем. Первый способ не может выполняться в хозяйственных условиях, весьма трудоемкий и требует значительных затрат времени, в течение которого территория испытаний не может использоваться для других целей. Второй способ уже упоминался выше и, кроме того, предполагает ряд технических проблем по размещению специального оборудования, затрудняющих совмещение фактической точки измерения с желаемой, т.е. центром тяжести сошника.

Наиболее обоснованным способом восстановления функции $y = y(x)$ считаем метод парциальных ускорений [13], предусматривающий измерение двух декартовых составляющих a_α^s , $\alpha \in \{x, y\}$ полного ускорения a^s точки (x, y) центра масс сошника и последующую математическую обработку результатов измерений.

При этом искомую функцию $y = y(x)$ представляем в параметрической форме:

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad (2)$$

где t – время.

Проблему составляют динамические отклонения плоскости крепления акселераторов относительно вертикали. Из-за них вектор ускорения свободного падения \vec{g} не всегда совпадает с вертикальной осью Oz системы координат и вносит свой вклад в горизонтальные составляющие измеряемых ускорений. В общем случае:

$$g_\alpha \neq 0, \quad a_\alpha^s = a_\alpha + g_\alpha, \quad \alpha \in \{x, y\}, \quad (3)$$

где g_α – совпадающие с осями координат составляющие ускорения свободного падения g .

Сейчас мы рассмотрим частный случай, когда ось абсцисс Ox всегда перпендикулярна к вектору ускорения свободного падения \vec{g} , т.е. когда

$$g_x(t) = 0, \quad g_y(t) \neq 0, \quad g_z(t) \neq 0, \quad (4)$$

где составляющие g_α следует понимать как функции времени t .

Вертикальная составляющая $g_z(t)$ нас интересовать не будет. А горизонтальную составляющую $g_y(t)$, ориентированную поперек направления движения точки измерений, определим выражением:

$$g_y(t) = g \cos \lambda_y, \quad (5)$$

где $\lambda_y = \lambda_y(t)$ – текущее значение угла между вектором ускорения свободного падения \vec{g} и осью ординат Oy . Определить $\lambda_y(t)$ можно через измерение и последующее восстановление временной зависимости $\omega_x(t)$ угловой скорости вращения плоскости крепления акселераторов относительно оси Ox , а также последующее интегрирование

$$\lambda_y(t) = \int \omega_x(t) dt. \quad (6)$$

Далее, предполагая использование выражений (5) и (6), решив уравнение (3) относительно a_α , записываем:

$$a_x = a_x^g, \quad a_y = a_y^g - g_y. \quad (7)$$

Таким образом, для восстановления искомым функций $x = x(t)$ и $y = y(t)$ (2) необходимо выполнить измерение временных рядов, совпадающих по направлению с осями координат Ox и Oy осевой a_x^g и поперечной a_y^g горизонтальных составляющих ускорения центра масс сошника, а также угловой скорости ω_x вращения плоскости крепления акселератора относительно оси абсцисс Ox :

$$t = t(k) = t_k \in \{t_0, t_1, \dots, t_N\}, \quad k = 0, 1, \dots, N, \quad (8)$$

$$a_\alpha^g = a_\alpha^g(k) = a_{\alpha k}^g \in \{a_{\alpha 0}^g, a_{\alpha 1}^g, \dots, a_{\alpha N}^g\}, \quad k = 0, 1, \dots, N, \quad \alpha \in \{x, y\}, \quad (9)$$

$$\omega_x = \omega_x(k) = \omega_{xk} \in \{\omega_{x0}, \omega_{x1}, \dots, \omega_{xN}\}, \quad k = 0, 1, \dots, N, \quad (10)$$

где $N = K - 1$ – старший номер элемента временного ряда, который определяется через $K = T / \Delta t + 1$ – количество замеров (элементов ряда), где T – период времени измерений; Δt – технически обусловленный фиксированный интервал времени между измерениями.

Теперь представляем угловую скорость $\omega_x = \omega_x(t)$ в виде конечного разложения Фурье [17]:

$$\omega_x(t) = \sum_{i=0}^n A_i^{(\omega_x)} \cos\left(\frac{2\pi}{T} it + \phi_i^{(\omega_x)}\right), \quad t \in [0, T], \quad (13)$$

где n – максимальный номер элемента разложения; $A_i^{(\omega_x)}$ и $\phi_i^{(\omega_x)}$ – амплитуды и начальные фазы разложений, которые определяются с использованием прямого дискретного преобразования Фурье [18] упорядоченного множества (10).

Выполнив подстановку $\omega_x = \omega_x(t)$ (13) в (6) и последующее интегрирование, получаем:

$$\lambda_y(t) = \tilde{\lambda}_y(t) + C_{\lambda_y}, \quad t \in [0, T], \quad (14)$$

где

$$\tilde{\lambda}_y(t) = A_0^{(\lambda_y)} \cos \phi_0^{(\lambda_y)} t + \sum_{i=1}^n A_i^{(\lambda_y)} \frac{T}{2\pi i} \sin\left(\frac{2\pi}{T} it + \phi_i^{(\lambda_y)}\right), \quad (15)$$

а постоянные интегрирования C_{λ_y} определяются из условия:

$$\lambda_y(t_0) = \tilde{\lambda}_y(t_0) + C_{\lambda_y}, \quad (16)$$

и, следовательно, предполагается измерение начального угла $\lambda_y(t_0)$, что сопряжено с техническими трудностями.

Решается эта проблема через использование средней величины $\bar{\lambda}_y$ угла λ_y , которую получают измерением соответствующего угла наклона поля, предполагая, что изначально на горизонтальной поверхности система координат $Oxyz$ располагается так, что координатная плоскость Oxy ориентируется горизонтально, а ось абсцисс Ox совпадает с идеальным направлением движения. В таком случае, в пределах периода T среднее значение угла $\lambda_y(t)$ должно быть равным $\bar{\lambda}_y$ и постоянную C_{λ_y} следует определять из условия:

$$\sum_{k=0}^N \lambda_y(t_k) = \sum_{k=0}^N [\tilde{\lambda}_y(t_k) + C_{\lambda_y}] = \bar{\lambda}_y, \quad (17)$$

откуда

$$C_{\lambda_y} = \frac{1}{K} \left[\bar{\lambda}_y - \sum_{k=0}^N \tilde{\lambda}_y(t_k) \right]. \quad (18)$$

Теперь, когда функция $\lambda_y = \lambda_y(t)$ известна, воспользовавшись выражениями (5) и (7) из упорядоченных последовательностей (9), получаем новые последовательности значений составляющих ускорений, лишенных вклада ускорения свободного падения:

$$a_\alpha = a_\alpha(k) = a_{\alpha k} \in \{a_{\alpha 0}, a_{\alpha 1}, \dots, a_{\alpha N}\}, \quad k = 0, 1, \dots, N, \quad \alpha \in \{x, y\}. \quad (19)$$

Далее, подобно выражению (13), представляем ускорения $a_x = a_x(t)$ и $a_y = a_y(t)$ в виде конечных разложений Фурье [17]:

$$a_\alpha(t) = \sum_{i=0}^n A_i^{(a_\alpha)} \cos\left(\frac{2\pi}{T}it + \phi_i^{(a_\alpha)}\right), \quad t \in [0, T], \quad \alpha \in \{x, y\}, \quad (20)$$

где: n – максимальный номер элемента разложения; $A_i^{(a_\alpha)}$ и $\phi_i^{(a_\alpha)}$ – амплитуды и начальные фазы разложений. Определение параметров $A_i^{(a_\alpha)}$ и $\phi_i^{(a_\alpha)}$ разложений (20) выполняем также, как и в случае (13).

Восстановление осевой $v_x(t)$ и поперечной $v_y(t)$ горизонтальных составляющих линейной скорости центра масс сошника как функций времени t выполняем интегрированием выражений (20):

$$v_\alpha(t) = \tilde{v}_\alpha(t) + C_{v_\alpha}, \quad t \in [0, T], \quad \alpha \in \{x, y\}, \quad (21)$$

где

$$\tilde{v}_\alpha(t) = A_0^{(a_\alpha)} \cos \phi_0^{(a_\alpha)} t + \sum_{i=1}^n A_i^{(a_\alpha)} \frac{T}{2\pi i} \sin\left(\frac{2\pi}{T}it + \phi_i^{(a_\alpha)}\right), \quad (22)$$

а постоянные интегрирования C_{v_α} определяются из условия:

$$v_{\alpha}(t_0) = \tilde{v}_{\alpha}(t_0) + C_{v\alpha}, \quad (23)$$

и, следовательно, требуют высокой точности измерения начальных скоростей $v_{\alpha}(t_0)$.

В отношении постоянной C_{vy} эту проблему можно исключить, учитывая, что в пределах периода T среднее значение скорости v_y должно быть равным нулю, т.е. C_{vy} следует определять из условия:

$$\sum_{k=0}^N v_y(t_k) = \sum_{k=0}^N [\tilde{v}_y(t_k) + C_{vy}] = 0, \quad (24)$$

откуда

$$C_{vy} = -\frac{1}{K} \sum_{k=0}^N \tilde{v}_y(t_k) = 0. \quad (25)$$

Для вычисления постоянной интегрирования C_{vx} , чтобы понизить требование на точность измерения скорости v_x :

$$v_x = v_x(k) = v_{xk} \in \{v_{x0}, v_{x1}, \dots, v_{xN}\}, \quad k = 0, 1, \dots, N, \quad (26)$$

где каждому k соответствует время t_k (8), необходимо воспользоваться средней величиной:

$$\bar{v}_x = \frac{1}{K} \sum_{i=0}^N v_{xk}, \quad (27)$$

и условием

$$\frac{1}{K} \sum_{k=0}^N [\tilde{v}_x(t_k) + C_{vx}] = \bar{v}_x, \quad (28)$$

откуда

$$C_{vx} = \bar{v}_x - \frac{1}{K} \sum_{k=0}^N \tilde{v}_x(t_k). \quad (29)$$

В заключение восстановление искомым параметрических зависимостей $x(t)$, $y(t)$ (2) определяем интегрированием:

$$\alpha(t) = \int v_{\alpha}(t) dt = \int [\tilde{v}_{\alpha}(t) + C_{v\alpha}] dt, \quad \alpha \in \{x, y\}. \quad (30)$$

В результате получаем:

$$\alpha(t) = \tilde{\alpha}(t) + C_{v\alpha}t + C_{\alpha}, \quad \alpha \in \{x, y\}, \quad (31)$$

где

$$\tilde{\alpha}(t) = \frac{1}{2} A_0^{(a_{\alpha})} \cos \phi_0^{(a_{\alpha})} t^2 - \sum_{i=1}^n A_i^{(a_{\alpha})} \left(\frac{T}{2\pi i} \right)^2 \cos \left(\frac{2\pi}{T} it + \phi_i^{(a_{\alpha})} \right), \quad (32)$$

а постоянные интегрирования

$$C_{\alpha} = 0, \quad \alpha \in \{x, y\}. \quad (33)$$

На этом завершается алгоритм восстановления записанной в параметрической форме (2) искомой функции $y = y(x)$, являющейся аналитическим представлением траектории сошника.

Анализ полученного решения. На практике измерение ускорений a_{xk} , a_{yk} (19) и скоростей v_{xk} (26) технически не сложная задача, но сопровождается неизбежным «подмешиванием» гауссовского шума. На этот случай методы Фурье предполагают применение процедуры сглаживания [18], суть которой состоит в том, что в процессе представления данных с помощью конечных рядов (20) выбирают n меньше возможного максимума $\max\{n\} = N/2$, т.е. $n \ll N/2$.

Таким способом высокочастотные гармоники, в большинстве случаев обусловленные именно наличием гауссовского шума, исключаются из рассмотрения. В качестве примера на рис. 1 показана интерпретация весьма зашумленных экспериментальных данных, результатов измерений угловой скорости ω_x (град/с) поворота плоскости крепления акселераторов относительно оси Ox и на рис. 2 – поперечной горизонтальной составляющей a_y (м/с²) ускорений, действующих на сошник навесной сеялки в процессе посева.

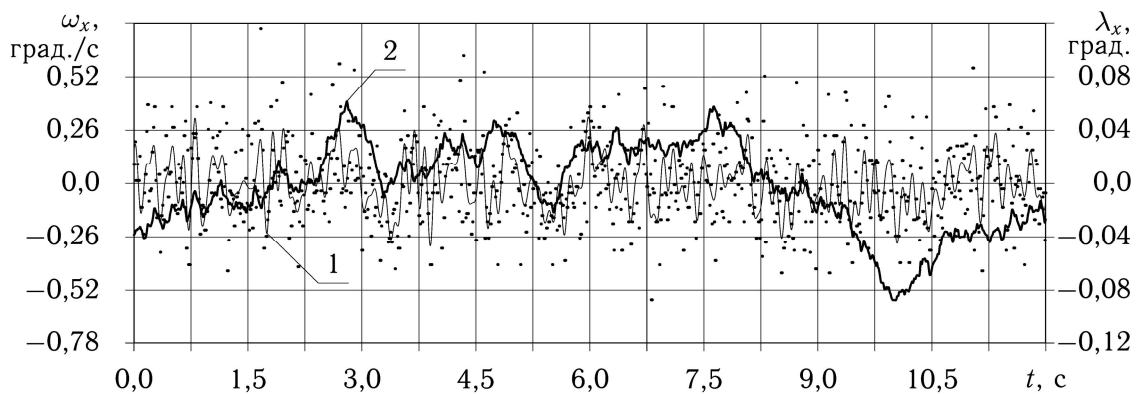


Рис. 1. Зависимость угловой скорости ω_x (точки данных и кривая 1) поворота плоскости крепления акселераторов относительно оси Ox и угла λ_y (кривая 2) между осью Oy и вектором \vec{g} от времени t

Причина появления шумов связана с вибрацией работающего двигателя, буксованием ведущих колес, особенностями микрорельефа поля и слабой виброизоляцией сеялки относительно трактора.

В обоих случаях выполнялось сглаживание (кривые 1) за счет того, что задействовано $n = 100$ первых гармоник из 602 возможных. Поскольку величина n не обоснована, то графики пригодны для изучения лишь качественной стороны имеющих закономерностей.

На рис. 1 также представлены результаты восстановления функциональной зависимости $\lambda_y = \lambda_y(t)$ (кривая 2) угла между осью ординат Oy и вектором ускорения свободного падения \vec{g} на основе измерения угловой скорости ω_x , а на рис. 2 – поперечных отклонений

$y(t)$ (31) сошника от времени (кривые 2 и 3) на основе измерения горизонтальной составляющей его ускорений.

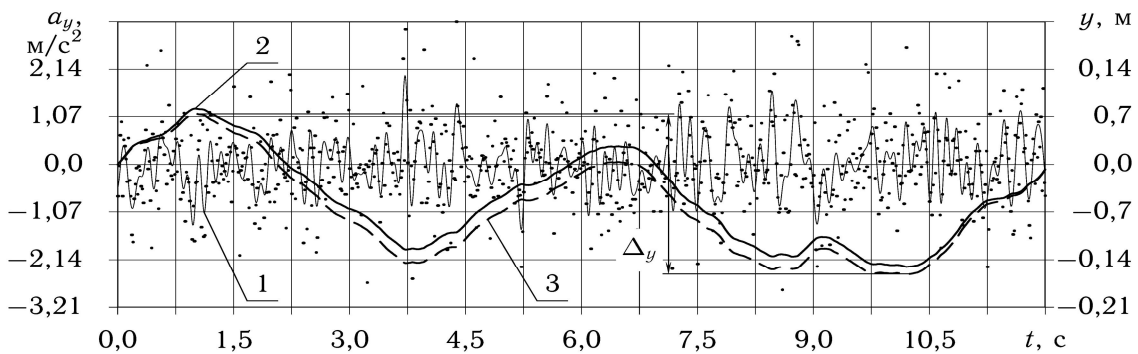


Рис. 2. Зависимости горизонтальной составляющей a_y (точки данных и кривая 1) ускорения и ординаты y центра тяжести сошника: 2 – без учета угловых колебаний λ_y плоскости крепления акселераторов; 3 – с учетом λ_y .

Исходные данные: $K = 1205$ – общее количество замеров; $T = 12$ с – исследуемый период времени.

Кривая 2 на рис. 2 соответствует восстановленной функции поперечных отклонений $y(t)$ (31), когда задействованы все $n = 602$ гармоник, но угловые колебания $\lambda_y = \lambda_y(t)$, представленные кривой 2 рис. 1, не учитываются. Кривая 3 (рис. 2) соответствует случаю, когда угловые колебания $\lambda_y = \lambda_y(t)$ учтены.

Как видим, кривые 2 и 3 (рис. 2) между собой не совпадают. Для оценки соответствия восстановленной зависимости $y = y(t)$ фактической траектории рядка в эксперименте измеряли Δ_y – размах колебания траектории. Восстановленная таким способом функция $y = y(t)$ (31) - (33) параметрического представления (2) траектории $y = y(x)$ в качественном смысле соответствовала фактическому следу сошника.

Особенностью такого метода является автоматическое сглаживание, обусловленное множителем $(T / 2\pi i)^2$ в выражении (32). Чем выше номер i гармоники, тем больше знаменатель и, следовательно, меньше вклад соответствующей амплитуды $A_i^{(a_x)}$ в результирующую величину $x(t)$ или $y(t)$. Не сложно убедиться, что уменьшение n от максимального $\max\{n\} = N / 2 = 602$ вплоть до десяти раз не приводит к сколь-нибудь заметному искажению зависимостей $x(t)$ или $y(t)$.

Последнее обстоятельство, как косвенный результат можно использовать, во-первых, для контроля адекватности теории эксперименту и, во-вторых, для обоснования минимальной величины n , опре-

деляющей степень сглаживания экспериментальных данных (19) выражениями (20). Это необходимо, если метод парциальных ускорений применяется с целью изучения других задач динамики машинотракторных агрегатов, когда изначально не предполагается восстановление параметрических зависимостей $x = x(t)$ или $y = y(t)$ (2) траектории $y = y(x)$. Для реализации такого критерия необходимо в процессе проведения эксперимента замерить Δ_y , а затем сравнить его с теоретическим значением, которое получено после восстановления зависимости $y(t)$ (32). Обоснованным считаем то минимальное n , при котором разница между теоретическим и экспериментальным значениями Δ_y укладывается в допустимый предел.

Выводы.

1. Решение задачи восстановления траектории сошника базируется на применении метода парциальных ускорений.
2. Предлагаемая методика обработки экспериментальных данных движения центра тяжести сошника позволяет восстановить проекцию траектории хода сошника на горизонтальную плоскость (функции параметрического представления траектории).
3. Описанный подход применим для решения других задач динамики машинно-тракторных агрегатов.
4. Восстановление траектории движения элементов конструкции машинно-тракторных агрегатов можно использовать для обоснования степени сглаживания результатов измерений парциальных ускорений методами Фурье в случаях, когда сама по себе восстановленная траектория не является искомым результатом исследования.

Литература:

1. *Onal I.* An evaluation of seed spacing accuracy of a vacuum type precision metering unit based on theoretical considerations and experiments / I. Onal, A. Değirmencioğlu, A. Yazgi // Turk J Agric For. – 2012. – No. 36. – P. 133-144.
2. *Karayel D.* Comparison of vertical and lateral seed distribution of furrow openers using a new criterion / D. Karayel, A. Özmerzi // Soil & Tillage Research. – 2007. – No 95. – P. 69–75.
3. *Altikat S.* Effects of strip width and tractor forward speed on sowing un iformity of maize and sunflower / S. Altikat // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2012. – Vol. 18. – No. 5. – P. 375-382.
4. *Seidi E.* Effects of Geometry of Disk Openers on Seed Slot Properties / E. Seidi // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2012. – Vol. 6. – P. 83-87.
5. *Korucu T.* Effects of Direct and Conventional Planting on Soil Properties and Yield Characteristics of Second Crop Maize /

T. Korucu, S. Arslan // *Tarim Bilimleri Dergisi*. – 2009. – Vol. 15. – No. 2. – P. 157-165.

6. *Kurylo V.* Energy value of sugar sorghum depending on planting and seeding depth / V. Kurylo, A. Ganzhenko, L. Gerasimenko // *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. – 2013. – Vol. 15. – No. 4. – P. 55-61.

7. Laboratory evaluation of seed metering device using image processing method / H. Navid, S. Ebrahimian, H.R. Gassezadeh, M.J. Mousavi Nia // *Australian Journal of Agricultural Engineering*. – 2011. – Vol. 2. – No. 1. – P. 1-4

8. *Önal O.* Development of a Computerized Measurement System for in-Row Seed Spacing Accuracy / O. Önal, I. Önal // *Turk. J. Agric. For.* – 2009. – No 33. – P. 99-109.

9. *Мельник В.И.* Распределение жидкостей под слоем почвы: Монография. – Saarbrücken: LAPLAMBERT Academic Publishing, 2012. – 441 с.

10. *Backman J.* Navigation system for agricultural machines: Nonlinear Model Predictive path tracking / J Backman, T. Oksanen, A. Visala // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2012. – Vol. 82. – P. 32–43.

11. *Fleischmann P.* Trajectory Planning and Lateral Control for Agricultural Guidance Applications / P. Fleischmann, T. Föhst, K. Berns, // *The 8th International Conference on Information Technology and Applications*. – 2013. – P. 128–133.

12. *Jingtao Hu.* Cascaded navigation control for agricultural vehicles tracking straight paths / Hu Jingtao, Li Taochang // *Int J Agric & Biol Eng.* – 2014. – Vol. 7. – No. 1. – P. 36-44.

13. *Н.П. Артемов* Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / Н.П. Артемов, А.Т. Лебедев, М.А. Подригало, А.С. Полянский, Д.М. Клец, А.И. Коробко, В.В. Задорожня. – Под ред. М.А. Подригало. – Харьков: «Міськдрук», 2012. – 220 с.

14. *Мельник В.И.* Математическое моделирование посева пропашных культур / В.И. Мельник, Аль-Фтиххат Моусаб Абдулвахид Моххамед // *Бюллетень научных работ. Выпуск 31. Белгород: Издательство БелГСХА им. В.Я. Горина*, 2012. – С. 182 - 192.

15. *Graham C.* Stochastic Simulation and Monte Carlo Methods: Mathematical Foundations of Stochastic Simulation / C. Graham, D. Talay. – Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer, 2013. – 264 p.

16. *Мельник В.И.* Проверка адекватности разработанной математической модели посева пропашных культур / В.И. Мельник, Аль-Фтиххат Моусаб Абдулвахид Моххамед, С.А. Никитенко // *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*

[Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, Т. 3. – С. 95 - 100. – Режим доступу: <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/nvtdau>.

17. Привалов И.И. Ряды Фурье / И.И. Привалов. – [4-е изд.] – М.: Книжный дом «Либроком», 2012. – 168 с.

18. Rao K.R. Fast Fourier Transform – Algorithms and Applications / K.R. Rao, D.N. Kim, J.J. Hwang. – Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2010. – 423 p.

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ВІДНОВЛЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ СОШНИКА МЕТОДОМ ПАРЦІАЛЬНИХ ПРИСКОРЕНЬ

Мельник В.І., Аль-Фтіххат Моусаб Абдулвахід Моххамед,
Антощенко Р.В.

Анотація – в роботі використовувався метод парціальних прискорень. Для апроксимації або інтерполяції експериментальних даних застосовуються методи Фур'є. Розроблено спосіб врахування складових прискорення вільного падіння, які породжуються завдяки кутовим коливанням машини в процесі руху під час випробування. Спираючись на експериментальні дані, показана процедура відновлення функцій параметричного рівняння траєкторії сошника.

FEATURES OF A METHOD OF RESTORATION OF THE COULTER TRAJECTORY BY THE METHOD OF PARTIAL ACCELERATIONS

V.Mel'nik, Al-Ftihhat Mousab Abdulvahid Mohhamed,
R.Antoshchenkov

Summary

In this paper we used the method of partial acceleration. For approximation or interpolation of the experimental data Fourier methods are used. A way is developed to integrate components of the gravitational acceleration generated by angular variations of the test machine in test motion. The procedure of reconstructing functions of parametric representation of the coulter trajectory is shown on basis of experimental data.