

М). При эффективной работе системы стабилизации штанги точка М должна быть как можно ближе к началу координат и колебательное движение затухать за один цикл. Логарифмический декремент затухающих колебаний равен  $\delta = \ln \frac{A_i}{A_{i+1}}$ . Если  $\Delta A_i = A_{i+1} - A_i$

мало по сравнению с  $A_i$ , то можно записать как

$$\delta = \ln \frac{A_{i+1} - A_i}{A_{i+1}} = \ln \left( 1 - \frac{\Delta A_i}{A_{i+1}} \right) \approx -\frac{\Delta A_i}{A_i} \approx \frac{2\mu}{cA}$$

Таким образом, для случая кулоновского трения логарифмический декремент колебаний увеличивается с уменьшением амплитуды (рисунок 1, в).

### **Заключение**

Получены зависимости, позволяющие определить параметры колебаний штанги и рассчитать элементы системы ее стабилизации в вертикальной плоскости при использовании дополнительных демпфирующих пружинных элементов.

### **Список использованной литературы**

1. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний. Учебное пособие. – М.: Наука, 1980. – 272 с.

УДК 681.518.3

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА ВОЖДЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ**

Р.В.Балбуцкий<sup>1</sup>, В.К. Клыбик<sup>2</sup>, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь

### **Введение**

Машинно-тракторные агрегаты (МТА) широко применяются при выполнении всего комплекса полевых работ. Для обеспечения должной результативности данных мероприятий необходимо повысить качество вождения МТА, так как оно непосредственно влияет на конечный результат всего процесса.

В общем понимании термин качества представляет совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности. В данном случае объектом является процесс вождения, а потребностью является движение МТА по заданной траектории. Таким образом, оценка качества вождения сводится к оценкам основных показателей процесса вождения, таких как: максимальное и среднее отклонение МТА от заданной траектории.

### **Основная часть**

В рамках оценки качества вождения МТА механизатором по показаниям курсоуказателя проведен эксперимент с использованием трактора Беларус 2422 на испытательном полигоне НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства в п. Ждановичи. Целью эксперимента являлось определение величины фактического отклонения следа трактора от заданной траектории при осуществлении нескольких заездов по параллельным траекториям механизатором и оценке отклонений траекторий отдельных заездов друг от друга. В качестве курсоуказателя с функцией записи траектории движения использовался высокоточный комплекс оборудования, осуществляющий позиционирование объекта на базе спутниковых навигационных систем.

Для оценки приборной погрешности системы позиционирования предварительно были проанализированы результаты работы системы с несколькими антеннами в течение суток в неподвижном состоянии. В результате получен массив данных, состоящий из более чем 86 000 замеров. Обработка результатов проводилась в пакете прикладных программ Matlab. Ввиду схожести показаний по всем трем антеннам, результаты изменения положения в плане приведены только для антенны 1 (рисунок 1). Математическое ожидание представляет собой точку с координатами (0.6695, 0.1913), а СКО по осям X и Y – 3.1 мм и 5.2 мм соответственно, таким образом, порядка 99,7% всех значений координат попадают в интервалы (0.6602; 0.6788) и (0.1757; 0.2069) по осям X и Y соответственно.

В результате эксперимента были получены реальные траектории движения объекта, сформированные на основе данных записанных системой позиционирования, установленной на МТА (рисунок 2).

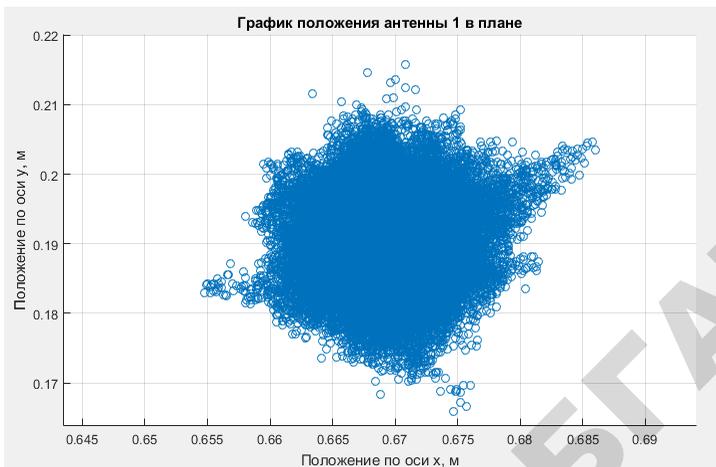


Рисунок 1. – График положения антенны 1 в плане

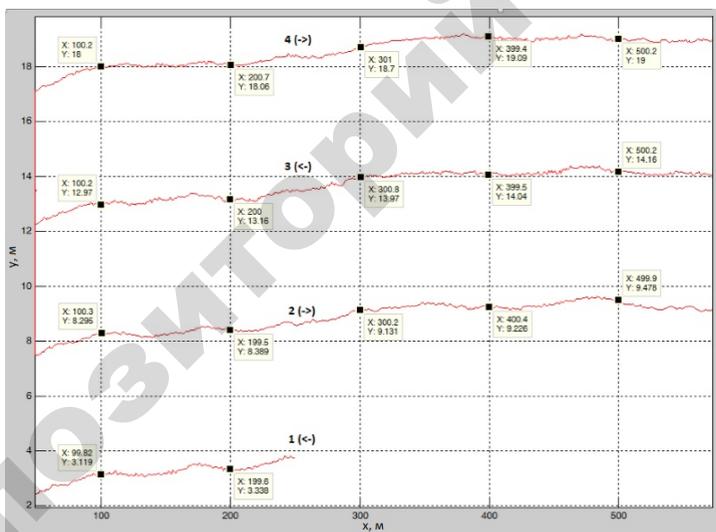


Рисунок 2. – Траектория движения, зафиксированная системой позиционирования

Для оценки отклонения следа трактора от заданной траектории движения оценивалось изменение расстояния между траекториями отдельных заездов. В связи с этим по полученным данным было рассчитано среднее значение расстояния и среднеквадратическое отклонение от этого значения. Таким образом, среднее значение расстоя-

ния между проходами 2 и 3 составляет 4.81 м, а между проходами 3 и 4 – 4.94 м (проход 1 в оценке не рассматривался в виду его краткой длительности из-за включения навигационного оборудования), а среднеквадратические отклонения – соответственно 9 см и 10 см.

### **Заключение**

Таким образом, анализ погрешности системы позиционирования показал, что ее вклад в общую погрешность зафиксированных отклонений незначителен и СКО не превышает 5,2 мм. Следовательно, результаты полевого эксперимента выявили величину отклонения среднего расстояния между проходами на 13 см при его ручном управлении механизатором по показаниям курсоуказателя.

Повышения качества вождения можно добиться автоматизацией этого процесса и исключением человеческого фактора. Реализация систем автоматизации может принять вид как системы подруливания для существующих МТА, так и автономных МТА с автоматическим управлением, в основе которых заложены алгоритмы адаптивных систем управления [1, 2].

### **Список использованной литературы**

1. Ткачев С.Б. Реализация движения колесного робота по заданной траектории // Вест. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Естественные науки”. 2008. № 2.
2. *Patent US20150198953 A1 Path planning autopilot / J.W. Peake, S. Pleines. Trimble Navigation Limited.*

УДК 631.356.46

## **К ВОПРОСУ СЕПАРАЦИИ ПОЧВЫ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНОМ ПКК-2-02**

Г.Н. Портянко, к.т.н., доцент, Н.П. Гурнович, к.т.н., доцент,  
Е.Г. Гронская, Ю.Н. Рогальская  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **Введение**

В картофелеуборочном комбайне ПКК-2-02 процесс сепарации протекает удовлетворительно только на легких и средних почвах. При уборке же картофеля на тяжелых почвах, особенно с повы-