

## ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

**Задорожня В.В., аспирант**

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенка*

*Исследована весомость основных факторов точности оценки ускорений контрольно-измерительной системы. Предложена конструкция приспособления установки датчиков ускорения в нулевую отметку. Использование этого приспособления позволяет снизить погрешность оценки ускорений с 3% до 1%.*

**Введение.** Важной научной задачей является точность оценки величины момента опрокидывания колесных машин, работающих на поперечном уклоне. Разработка устройства регистрирующего это внешнее возмущение поможет оператору принять решение снижения скорости движения колесной машины путём уменьшения подачи топлива в двигатель.

**Анализ публикаций.** Выполнение транспортно-технологических операций на уклонах оказывает большое влияние на динамические и тяговые качества, устойчивость и управляемость колесных машин. Полевые дороги между обрабатываемыми участками обычно проходят по неудобным землям, где уклоны как вдоль, так и поперек дороги, могут иметь крутизну до 10-15%.

Исследованиями установлено, что снижают безопасность использования машинно-тракторных агрегатов склоны различной ровности. Одни близки к наклонной плоскости, другие представляют вогнутую поверхность, третьи выпуклую или ступенчатую. Для них характерно обилие микронеровностей, впадин или выступающих камней [1].

Работе колесных машин на уклонах посвящены публикации [2, 3], в которых рассматриваются различные факторы устойчивости при выполнении транспортно-технологических операций.

Проведенные теоретические исследования показали, что безопасность использования колесных машин можно повысить разработкой и использованием системы контроля предельного значения параметров их устойчивости, составляющих сущность динамических свойств этих машин.

Поэтому, исследования точности оценки результатов динамических свойств и их влияние на момент опрокидывания, являются актуальными.

**Целью работы** является повышение точности оценки ускорений колесной машины при выполнении транспортно-технологических работ на уклоне, улучшающие ее безопасное использование.

**Исследование факторов точности измерений и приспособления для установки датчиков в нулевую отметку.**

Для проведения экспериментальных исследований определены участки со

склоном больше  $3^{\circ}$ , а в качестве силового агрегата выбрана колесная машина трактор Т-150К. Общий вид силового агрегата при выполнении транспортно-технологических операций приведен на рисунке 1.



Рис. 1 – Общий вид трактора Т-150К, агрегируемого с плугом и цистерной

Проведение экспериментальных исследований предусматривало обоснование структуры и схемы измерения ускорений машинно-тракторного агрегата при работе на уклоне, установку датчиков, настройку и проверку бортового контрольно-измерительного комплекса системы измерений, запись, обработку и анализ информации.

На рисунке 2 показана установка датчиков ускорений Freescale Semiconductor модели MMA7260QT на пахотный агрегат, для измерения линейных ускорений.



Рис. 2 – Установка датчиков ускорений на пахотный агрегат

Полученная от датчиков информация об изменении линейных ускорений агрегата по соединительным кабелям подаётся в бортовую контрольно-измерительную систему (рис. 3).



Рис. 3 – Бортовая контрольно-измерительная система.

В ходе эксперимента была проведена оценка влияния длины соединительных кабелей и температуры окружающей среды на точность измерений ускорений. Результаты исследований для датчика ускорения Freescale Semiconductor MMA7260QT (ДЛШ №29093115) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты оценки влияния длины соединительных кабелей, температуры окружающей среды на точность измерений датчиков ускорений

Длина кабеля, м	Температура окружающей среды, °C	код АЦП
1,5	28	482, 492
2,3	31	483, 498
3,1	36	483, 512
...	...	...
11,5	60	485, 548

Данные таблицы показывают, что наибольшее влияние на точность измерения ускорений имеет температура окружающей среды. Погрешность измерений достигает 5% при изменении температуры на каждые 10<sup>0</sup> C. Длина соединительного кабеля до 12 м не оказывает существенного влияния на точность измерений бортовой контрольно-измерительной системы. Погрешность измерений составляет менее 1%.

Исследованиями установлено, что начало и завершение измерений бортовой контрольно-измерительной системой происходит в различных координатных плоскостях. Поэтому, перед началом работы, важное значение

имеет настройка измерительной системы путём установки датчиков в нулевую отметку. Участвуя в работе творческого коллектива кафедр ХНАДУ «Технологии машиностроения и ремонта машин» и ХНТУСХ им. Петра Василенко «Тракторы и автомобили» нами разработана конструкция приспособления, которая позволяет установить датчики в нулевую отметку, не зависимо от того, на каком уклоне находится исследуемая машина или агрегат.

Конструкция приспособления приведена на рисунке 4. На основании 1, шарнирно установлены рамка 3 и коромысло 2, которые имеют возможность перемещаться в продольной и поперечной плоскостях. Вращая регулировочные винты 4 и 5 жестко закреплённые датчики 6 могут быть выставлены в горизонтальной плоскости. На данную конструкцию подготовлен патент и получено положительное решение. [4].

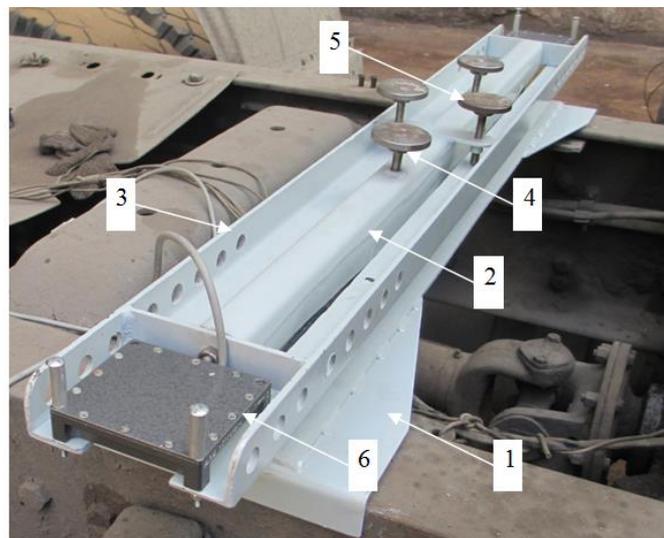


Рис. 4 – Приспособление для установки датчиков в нулевую отметку

Рассогласование фактического и нулевого положения испытываемого агрегата в программе бортовой контрольно-измерительной системы соответствует вводу автоматической поправки на неточность установки датчиков ускорений относительно его координатных осей. Величину поправки можно определить по формуле [5]:

$$a_{z1} = a_z \sqrt{\frac{1 + \frac{a_x^2}{a_z^2} + \frac{a_y^2}{a_z^2}}{1 + \left( \frac{1 + \frac{a_z}{a_x} \operatorname{tg} \alpha}{\frac{a_z}{a_x} - \operatorname{tg} \alpha} \right)^2 + \left( \frac{1 + \frac{a_z}{a_y} \operatorname{tg} \beta}{\frac{a_z}{a_y} - \operatorname{tg} \beta} \right)^2}} = a_z \delta_z \quad (1)$$

где  $a_x$ ;  $a_y$ ;  $a_z$  – значения линейных ускорений по координатным осям, м/с<sup>2</sup>;  
 $\delta_z$  – поправка на величину датчика, ориентированного по оси OZ;  
 $\alpha$ ,  $\beta$  – углы колесной машины относительно системы координат датчиков.

Условия проведения экспериментальных исследований пахотного агрегата иллюстрируются рисунком 5. Агрегат двигался на уклон, с уклона и вдоль уклона на участках с разными углами наклона.



Рис. 5 – Полевые условия для проведения эксперимента

В процессе движения, бортовая контрольно-измерительная система регистрировала следующие параметры:

- код АЦП по оси  $Ox$  (для перевода в продольные ускорения  $a_x$ );
- код АЦП по оси  $Oy$  (для перевода в боковые ускорения  $a_y$ );
- код АЦП по оси  $Oz$  (для перевода в вертикальные ускорения  $a_z$ ).

На рис. 6, 7 показаны графики ускорения трактора Т-150К на поперечном левом и правом уклоне.

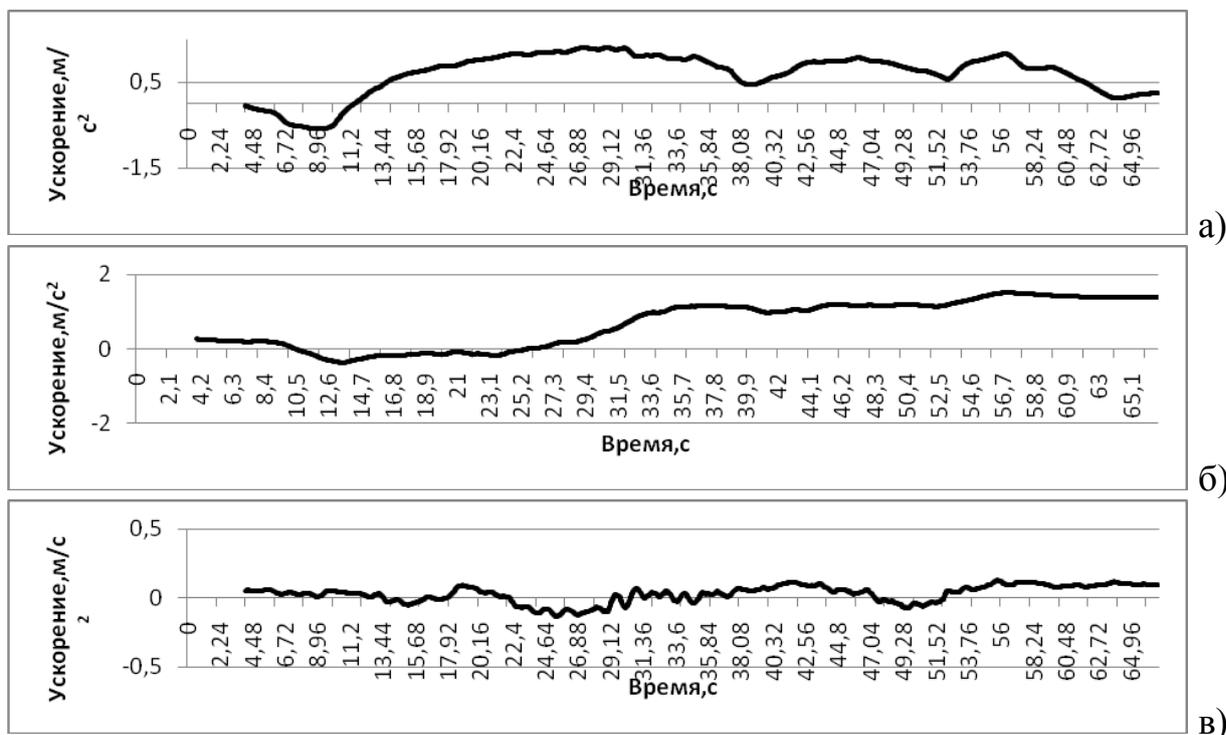


Рис.6 – Графики ускорения трактора Т-150К на поперечном левом уклоне: а) продольные ускорения; б) боковые ускорения; в) вертикальные ускорения

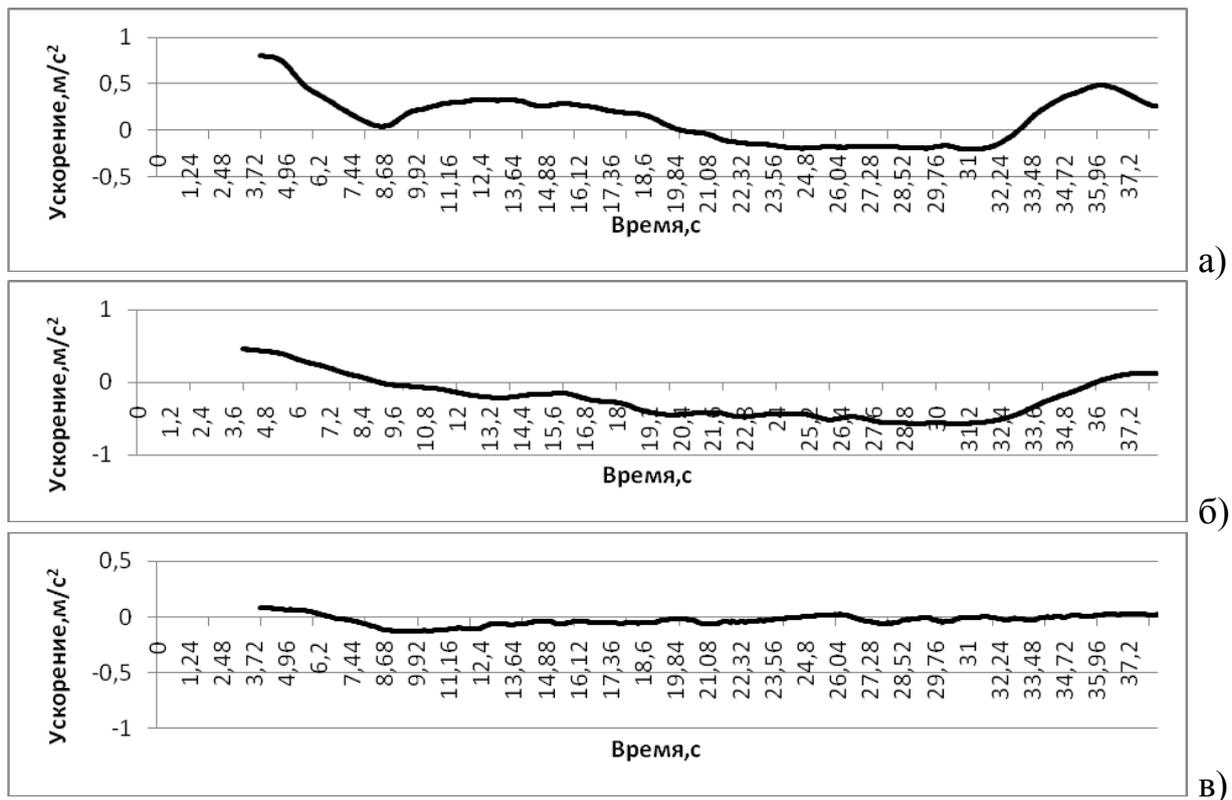


Рис. 7 – Графики ускорения трактора Т-150К на поперечном правом уклоне: а) продольные ускорения; б) боковые ускорения; в) вертикальные ускорения

С помощью разработанной программы, обрабатывались полученные в ходе эксперимента, значения продольных, боковых и вертикальных ускорений, относительная погрешность которых не превышает 1%.

Полученные результаты исследования позволили повысить точность оценки динамики движения колесной машины при выполнении работ на поперечном уклоне.

## Выводы

1. Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что в процессе движения на поперечном уклоне пахотного агрегата возникают боковые ускорения, т.е. появляются боковые силы, которые возрастают с увеличением скорости движения или повышения угла наклона обрабатываемого поля. Если отсутствует контроль за параметрами машины, она может попасть в зону неустойчивого движения.
2. Предложена конструкция приспособления установки датчиков ускорения в нулевую отметку относительно географических координат. Рассогласование фактического угла их положения от нулевого в виде коэффициента коррекции учитывает вычислительный комплекс. Использование приспособления позволяет снизить погрешность оценки ускорений с 3% до 1%.

## **Список использованных источников**

1. Коновалов В.Ф. Динамическая устойчивость тракторов. - М.: Машиностроение, 1981. - 144с, ил.
2. Коновалов В.Ф., Кудряшов Е.Ф. Влияние микрорельефа на поперечную устойчивость колесных тракторов. – Тракторы и сельхозмашины, 1966, №3, с. 15-18.
3. Хачатрян Х.А. Работа почвообрабатывающих орудий в условиях горного рельефа. – Ереван: Армгосиздат, 1963, - 127 с.
4. Подригало М.А., Полянский А.С., Клец Д.М., Дубинин Е.А, Задорожная В.В. Разработка метода градуировки датчиков линейных ускорений бортовой контрольно-измерительной системы средств транспорта. // Матеріали науково-практичної конференції «Проблеми розвитку, удосконалення та експлуатації озброєння та військової техніки у внутрішніх військах МВС України» 29 листопада 2012 року.- С. 19-22.
5. Подригало М.А., Полянский А.С., Клец Д.М., Дубинин Е.А, Артемов Н.П., Задорожная В.В. Пути точности измерений ускорений мобильных машин путем снижения монтажной погрешности датчиков.

## **Анотація**

### **ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОЦІНКИ РЕЗУЛЬТАТІВ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ**

Задорожня В.В.

*Досліджено вагомість основних факторів точності оцінки прискорень контрольно-виміральної системи. Запропоновано конструкцію пристосування установки датчиків прискорення в нульову позначку. Використання цього пристосування дозволяє знизити похибка оцінки прискорень з 3% до 1%.*

## **Abstract**

### **INCREASE THE ACCURACY OF THE EVALUATION OF THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES**

V. Zadorojnia

*Investigated the weight of the main factors of the accuracy of the assessment acceleration of control and measuring systems. Proposed design of adaptation of installation of the sensors acceleration in a zero mark. Using this device allows to reduce the uncertainty in estimating accelerations from 3% to 1%.*