

Оптимальные режимы работы устройства управления положением сельскохозяйственного орудия в агрегате

Степан Владимирович Семичев, Ростислав Александрович Филиппов

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Россия

e-mail: vim_sad@mail.ru

Аннотация. В статье представлен опытный образец управляемого навесного устройства, его устройство, принцип действия и технические характеристики. Описана методика проведения полевых исследований, а также представлены результаты полевого эксперимента (УНУ-3) в составе агрегата с трактором МТЗ-1221 и навесным культиватором КОН-2,8 и даны рекомендации по его применению. Установлено, что при использовании управляемого навесного устройства размах вариаций численных значений отклонения оси культиватора от линии заданной навигационным оборудованием при скорости движения агрегата от 1,39 до 1,94 м/с составил от 0,08 до 0,04, что меньше, чем без использования устройства, в 2–4 раза соответственно. Установлено, что это устройство повысит уровень позиционирования агрегируемого орудия, за счет минимизации поперечного смещения.

Ключевые слова: агрегат; орудие; управляемое навесное устройство; культивация междурядий; навесной механизм трактора; точность позиционирования.

Для цитирования: Семичев С. В., Филиппов Р. А. Оптимальные режимы работы устройства управления положением сельскохозяйственного орудия в агрегате // Аграрный научный журнал. 2023. № 6. С. 147–150. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i6pp147-150>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Optimal operating modes of the agricultural implement position control device in the unit

Stepan V. Semichev, Rostislav A. Filippov

Federal Scientific Agroengineering Centr VIM, Moscow, Russia

e-mail: vim_sad@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a field experiment of a developed controlled attachment device (UNU-3) as part of an aggregate with an MTZ-1221 tractor and a mounted cultivator KON-2.8 and provides recommendations for its use. It was found that when using a controlled mounted device, the range of variations in the numerical values of the deviation of the cultivator axis from the line set by the navigation equipment at the speed of the unit from 1.39 m/s to 1.94 m/s ranged from 0.08 to 0.04, which is 2–4 times less than without using the device, respectively. The process of functioning of a controlled attachment is described. It is determined that this device will increase the positioning level of the aggregated gun by minimizing the transverse displacement.

Keywords: unit; implement; controlled attachment; row spacing cultivation; tractor attachment mechanism; positioning accuracy.

For citation: Semichev S. V., Filippov R. A. Optimal operating modes of the agricultural implement position control device in the unit. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(6):147–150. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i6pp147-150>.

Введение. Система точного земледелия – базовый элемент ресурсосберегающих технологий. При этом точность позиционирования сельхозорудия является основным способом соблюдения защитной зоны растения, а также соблюдения ширины междурядий, образованных предыдущими проходами агрегата. Повышение точности достигается за счет использования систем управления ведущими колесами трактора совместно с навигационной системой или системой технического зрения. В то же время изменение плотности почвы, наличие уклонов на обрабатываемом поле, поперечное перемещение навесного механизма трактора, являющееся особенностью [1, 2], препятствуют точному позиционированию ору-





дия на линии обработки. При следовании агрегата к месту работы нижние навесные тяги трактора находятся в верхнем положении, при этом поперечное перемещение агрегируемого орудия не происходит, в рабочем положении возможно его поперечное отклонение относительно направления движения.

Повышение управляемости орудия в составе агрегата при обработке почвы – важное условие снижения повреждения корнеплодов и получения высоких урожаев. Такая конструктивная особенность механизма навески трактора позволяет избежать поломки его и креплений сельскохозяйственного орудия. Существующие сельскохозяйственные орудия со встроенными механизмами управления положением орудия выполняют только одну задачу [3, 4]. Универсальные устройства управления орудиями позволяют выполнять различные операции с одним классом тракторов, путем смены самого орудия. При этом с помощью дополнительных исполнительных механизмов управления орудием и системами его позиционирования в агрегате осуществлялся плавный переход на технологическую линию.

Цель исследования – определить наиболее эффективные режимы работы управляемого навесного устройства для обеспечения наиболее точного позиционирования орудия в агрегате.

Методика исследований. Разработанный специалистами ФГБНУ ФНАЦ ВИМ опытный образец управляемого навесного устройства УНУ-3 является исполнительным механизмом системы автопилотирования (рис. 1). Он устанавливается на машинно-тракторный агрегат между трактором и орудием и отклоняет сельскохозяйственное орудие в сторону относительно направления движения трактора.

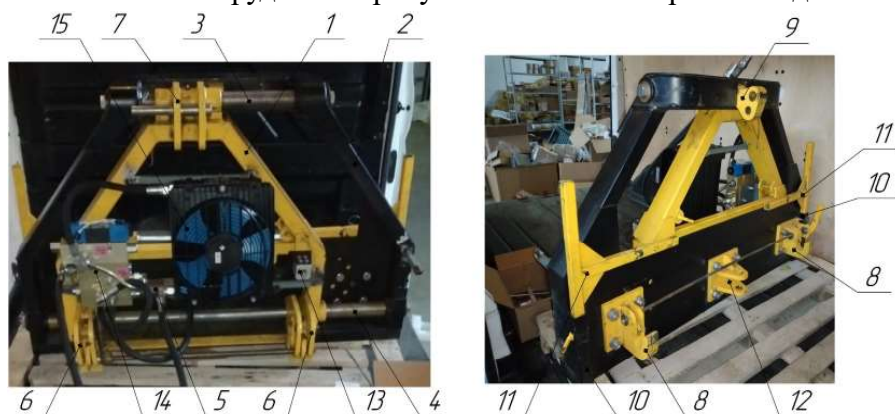


Рис. 1. Управляемое навесное устройство УНУ-3:

- 1 – внутренняя рамка; 2 – внешняя рамка; 3, 4 – направляющие; 5 – гидроцилиндр;
6 – нижний кронштейн навески; 7 – верхний кронштейн навески;
8 – нижний кронштейн навески; 9 – верхний кронштейн; 10 – кронштейн стойки;
11 – стойка; 12 – кронштейн, адаптер; 13 – потенциометр;
14 – гидрораспределитель; 15 – радиатор

Устройство состоит из внутренней 1 и внешней рам, соединенных друг с другом в верхней и нижней частях круглыми направляющими 3, 4. Перемещение внешней рамы относительно внутренней осуществляется посредством гидроцилиндра 5, соединяющего эти рамки 1, 2. Нижние тяги 6 со стороны трактора имеют полуавтоматические замки, упрощающие процесс присоединения трактора к устройству. Верхняя тяга 7 устройства со стороны трактора соединяется с трактором пальцем. Нижние тяги 8 устройства со стороны орудия, также имеют полуавтоматические замки. Серьга верхней тяги 9 имеет регулировку по высоте, что упрощает процесс присоединения устройства к орудью. Кронштейны стойки 10 со стойками 11 предназначены для постановку устройства на хранение. Для агрегатирования с прицепными орудиями на устройстве имеется кронштейн, адаптер 12. Установленный угловой потенциометр 13 позволяет постоянно контролировать положение внешней рамы 2 устройства относительно внутренней рамы 1, а также калибровать максимальное отклонение рамы устройства. Для точной и плавной регулировки положения орудия, на навесном управляемом навесном устройстве установлен гидрораспределитель 14 с системой охлаждения гидравлической жидкости 15. Технические характеристики УНУ-3 представлены в табл. 1.

Для установления целесообразности использования УНУ-3 при возделывании междурядий пропашных культур был разработан план проведения полевого эксперимента устройства. В качестве критерия оптимизации выбрано отклонение центра культиватора от линии заданной навигационным оборудованием. Испытания проводили агрегатом в составе трактора МТЗ 82, УНУ-3 и навесного культиватора КОН-2,8 на полях Краснодарского края. В качестве навигационного оборудования использовали комплект Trimble TrueTracker с заявленной точностью позиционирования 2,5 см.

Технические характеристики УНУ-3

Показатели	Значение
Поперечное смещение рамки устройства, мм	250±5
Масса, кг	240±5
Габаритные размеры устройства (Д×Ш×В), мм	562×1433×883
Агрегатируется с трактора, класс	2 и 3
Скорость, км/ч рабочая транспортная	По скорости заданной технологической операций По скорости трактора
Расстояние от оси подвеса навески до оси поворота верхней тяги трактора, мм класс трактора 2 класс трактора 3	610..635 685..700
Расстояние между крюками, мм класс трактора 2 класс трактора 3	1005 1130
Срок службы, лет	8

Методика эксперимента основана на сравнении результатов критерия оптимизации, полученных при обработке междурядий пропашных культур машинно-тракторным агрегатом (МТА) в сочетании с трактором МТЗ 1221, УНУ-3, культиватором КОН 2,8 с применением навигационного оборудования на тракторе; при обработке междурядий пропашных культур МТА в составе трактора МТЗ 1221, УНУ-3, культиватора КОН 2,8 с применением навигационного оборудования на тракторе и агрегируемом орудии.

Прохождение (МТУ) осуществлялось на заранее подготовленных участках поля протяженностью 30 м. По команде тракторист начинал движение трактора на заранее заданных для испытаний скоростях. Скоростной режим выбирается исходя из технологических требований к конкретной операции. В данном случае культивация междурядий картофеля на скорости от 5 до 7 км/ч. Глубина обработки 12 см. Навигационное оборудование управляло трактором в автоматическом режиме. Проведены замеры отклонения центра сельскохозяйственного орудия от средней линии ряда с 3-кратной повторностью с шагом 1 м. Для этого вдоль линии движения МТА устанавливали вешки через каждый метр, далее производилось движение агрегата, в процессе чего при проезде каждой вешки, фиксировались показания навигационного дисплея при помощи фото фиксации. Полученные данные заносились в таблицу.

Установленный на тракторе навигационный дисплей фиксировал отклонения орудия от фактической линии, заданной навигационным оборудованием. Определение необработанной площади поля проводилось графическим методом, в программной среде SolidWorks.

Результаты исследований. На основании полученных экспериментальных данных проведена их статистическая обработка, определены размах вариаций численных значений, среднеквадратичное отклонение, дисперсия по генеральной совокупности, необработанная площадь (табл. 2).

Таблица 2

Результаты натурных исследований МТА с УНУ-3

Повторность	Минимальное отклонение, мм	Среднее значение отклонения, мм	Стандартное отклонение, мм	Дисперсия по ген. сов., мм ²	Необработанная площадь, мм ²	Максимальное отклонение, мм
При использовании навигационного оборудования на тракторе						
1	1	4	15	298	429733	25
2	1	2	15	311	501698	28
3	1	3	13	232	421756	28
Навигационное оборудование устанавливается на трактор и орудие						
1	0	0	3	11	151226	12
2	0	1	3	18	164217	18
3	0	0	4	27	182974	18





В результате проведенных исследований получен график отклонения сельскохозяйственного орудия при различных способах управления его положением в агрегате (рис. 2)

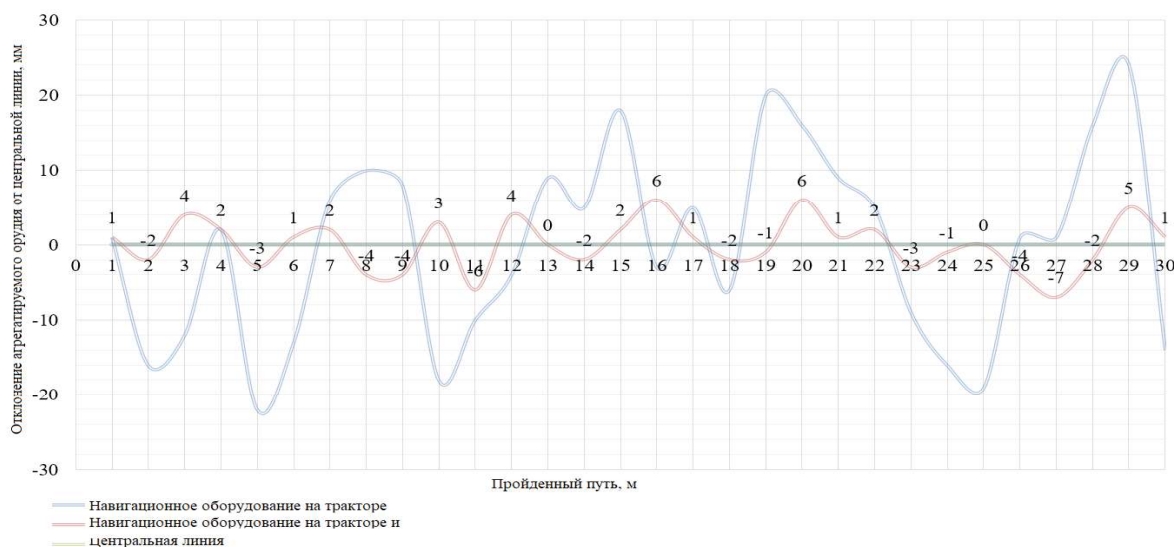


Рис. 2. График отклонений сельскохозяйственных орудий при различных режимах работы УНУ-3

Заключение. Установлено, что при использовании управляемого навесного устройства размах вариаций численных значений отклонения оси культиватора от линии заданной навигационным оборудованием при скорости движения агрегата от 1,39 до 1,94 м/с составил от 0,08 до 0,04, что меньше, чем без использования устройства, в 2–4 раза соответственно. Коэффициент вариации при использовании управляемого навесного устройства при оптимальной скорости движения агрегата 1,66 м/с и скорости смещения рамки устройства составил 8 % (без использования устройства 15 %), что положительно влияет на уменьшение отклонения оси культиватора от линии заданной навигационным оборудованием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семичев С. В. Анализ устройств управления траекторией движения сельскохозяйственных машин // Инновации в сельском хозяйстве. 2017. № 4(25). С. 217–221.
2. Semichev S.V., Smirnov I.G., Filippov R.A., Kutyrev A.I. Automated attachment device for controlling position of agricultural implements in an aggregate // E3S Web of Conferences. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2020), C. 01050, (2020)
3. Perez-Ruiz M., Slaughter D. C., Gliever C., Upadhyaya S. K., Tractor-based Real-time Kinematic-Global Positioning System (RTK-GPS) guidance system for geospatial mapping of row crop transplant. Biosystems Engineering, 111(1), pp. 64–71 (2012).
4. Thanpattranon P., Ahamed T., Takigawa T. Navigation of autonomous tractor for orchards and plantations using a laser range finder: Automatic control of trailer position with tractor // Biosystems Engineering, 147, pp. 90–103 (2016).
5. Семичев С. В., Панов А. И., Мосяков М. А. Методика проведения полевых исследований управляемого навесного устройства на посевах сахарной свёклы // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 3(36). С. 76–80.

REFERENCES

1. Semichev S. V. Analysis of control devices for the trajectory of agricultural machines. *Innovations in agriculture*. 2017; 4(25): 217–221.
2. Semichev S.V., Smirnov I.G., Filippov R.A., Kutyrev A.I. Automated attachment device for controlling position of agricultural implements in an aggregate. *E3S Web of Conferences. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2020)*, C. 01050, (2020)
3. Perez-Ruiz M., Slaughter D. C., Gliever C., Upadhyaya S. K., Tractor-based Real-time Kinematic-Global Positioning System (RTK-GPS) guidance system for geospatial mapping of row crop transplant. *Biosystems Engineering*. 2012; 111(1): 64–71.
4. Thanpattranon P., Ahamed T., Takigawa T. Navigation of autonomous tractor for orchards and plantations using a laser range finder: Automatic control of trailer position with tractor. *Biosystems Engineering*. 2016; 147: 90–103.
5. Semichev S. V., Panov A. I., Mosyakov M. A. Methods of carrying out field research of a controlled hitch on sugar beet crops. *Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region*. 2021; 3(36): 76–80.

Статья поступила в редакцию 12.01.2023; одобрена после рецензирования 20.02.2023; принята к публикации 2.03.2023.
The article was submitted 12.01.2023; approved after reviewing 20.02.2023; accepted for publication 2.03.2023.