

УДК 631.33.023

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ОРУДИЙ В АГРЕГАТЕ**

С.В. Семичев, младший научный сотрудник

Д. О. Хорт, кандидат сельскохозяйственных наук

Р. А. Филиппов, кандидат сельскохозяйственных наук

А. И. Кутырёв, младший научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,

г. Москва, Россия

E-mail: alexeykutyrev@gmail.com

Аннотация. *Качество работы навесных посадочных машин не всегда соответствует агротехническим требованиям. Одним из нерешенных вопросов при работе посадочного агрегата остается недостаточная управляемость орудием относительно линии посадки. В процессе работы агрегата, навесное посадочное орудие из-за неравномерности плотности почвы, наличия уклонов стремится отклониться от линии посадки культур. Также этому способствуют маневры подруливающего устройства, стремящегося подкорректировать посадочный агрегат на курс, задаваемый навигацией. При этом не учитывается наличие степеней свободы навески трактора, негативно влияющих на синхронное его движение с навешанной сажалкой.*

Цель исследования – разработать алгоритм работы управляемого навесного устройства для позиционирования положения сельскохозяйственных орудий.

Представлена конструкция управляемого навесного устройства (УНУ), разработанного в агроинженерном центре ВИМ и даны рекомендации по его использованию. Описан процесс функционирования устройства в составе посадочного агрегата. Определено, что данное устройство позволит повысить уровень позиционирования посадочного орудия в агрегате за счет сведения к минимуму поперечного смещения.

Ключевые слова: *управляемое навесное устройство, позиционирование орудия, навигационные системы, курсовая устойчивость*

Актуальность. *Повышение управляемости орудия в составе агрегата при обработке почвы является важным условием для получения высокой урожайности.*

Точность позиционирования трактора достигается применением навигационной

системы, установленной на тракторе. При движении агрегата по линии обработки почвы происходит постоянное его подруливание на линию обработки почвы, при этом орудие из-за особенности навесного устройства трактора также постоянно отклоняется. В транспортном положении нижние навесные тяги трактора зафиксированы, а в рабочем положении возможно их поперечное отклонение с навешенным орудием относительно направления движения. В этом случае при помощи дополнительных исполнительных механизмов управления орудием и навигационной системы, установленной на тракторе, возможно добиться высокой точности позиционирования орудия на линии обработки.

Практическое применение технологий автоматизированного положения орудий сдерживается отсутствием технических решений, обеспечивающих высокую точность выполнения сельскохозяйственных операций при низкой себестоимости системы. В связи с этим есть необходимость создания такой системы автоматического управления, которая позволила бы конкурировать с зарубежными аналогами.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросом позиционирования орудия занимались еще в 60-х годах 20 века [1]. В культиваторе КРН-2.8М был встроен исполнительный механизм в виде гидроцилиндра, позволяющего смещать раму культиватора поперек направления движения. Из-за не совершенности узлов данной системы точность обработки была на низком уровне. В настоящее время для позиционирования положения орудия в агрегате существуют различные виды активного управления орудием (рис.1), используется навигационное оборудование, установленное непосредственно на самом орудии [2-4].

Компания Trimble Navigation (США) разработала систему активного управления сельскохозяйственными орудиями, которая позволяет трактору и рабочему органу двигаться по одной линии. При смещении орудия система автоматического вождения «Autopilot» сигнализирует орудию самостоятельно выравнивать свою позицию по отношению к траектории, задаваемой навигационным контроллером.

Для определения положения орудия используется дополнительная антенна GNSS, соединенная с агронавигатором FmX, в котором активирован второй приемник. На рабочем органе также устанавливается NavController и управляемый им исполнительный механизм.

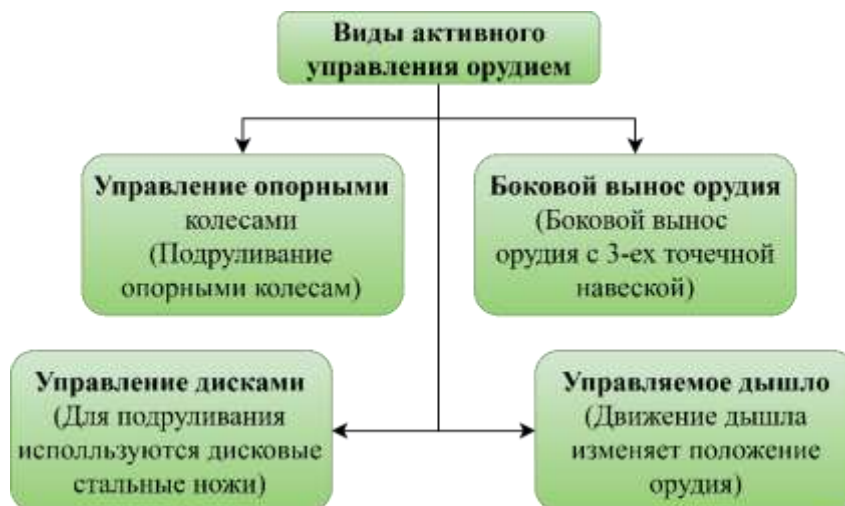


Рис. 1. Виды активного управления орудием

Компания John Deere (США) разработала систему iSteer Plough для использования на плугах, для которых предусмотрена возможность регулировки рабочей ширины. Система iSteer позволяет возделывать поля с непрямыми маршрутами, повысить точность совпадения траекторий движения трактора с орудием.

Анализ существующих способов позиционирования сельскохозяйственных орудий показал, что реализация данных способов приводит к существенному усложнению и удорожанию конструкций агрегатов.

Цель исследования – разработать алгоритм работы управляемого навесного устройства для позиционирования положения сельскохозяйственных орудий.

Материалы и методы исследования. Для реализации предлагаемого способа позиционирования орудия, используя методы математического моделирования, теоретической механики и оптимального проектирования, в программном комплексе САПР SolidWorks разработано устройство корректировки положения

сельскохозяйственных орудий (рис. 2), позволяющее точно корректировать движение орудия по линии посадки культур без дополнительного оснащения навигационной системой.

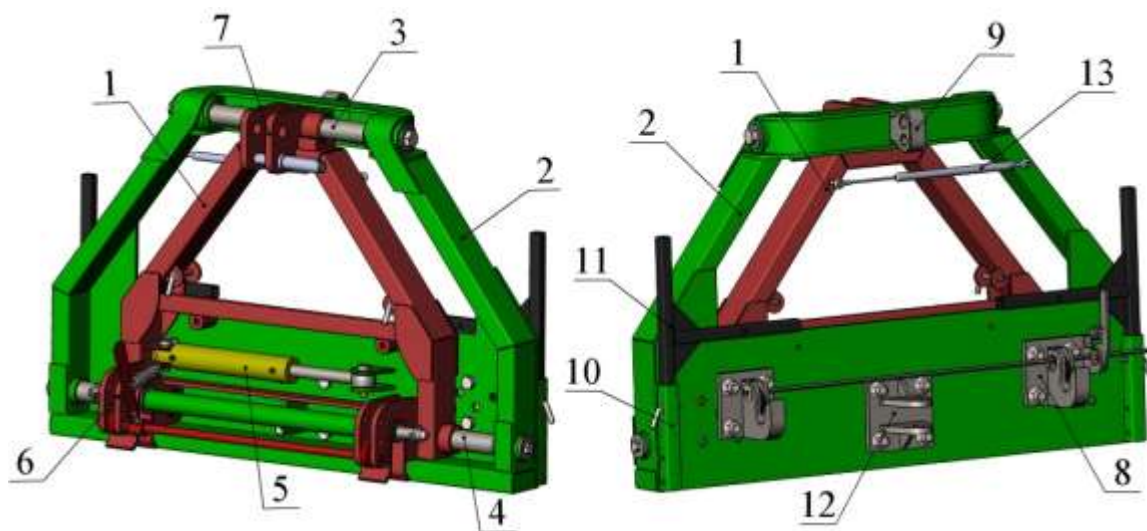


Рис. 2. Управляемое навесное устройство УНУ для сельскохозяйственных орудий:

1 – внутренняя рамка, 2 – наружная рамка, 3,4 – трубы крепления рамок, 5 – гидроцилиндр, 6 – нижние тяги, 7 – верхняя вилка, 8 – навесные крюки, 9 – серьга верхней тяги, 10 – кронштейн стойки, 11 – стойка, 12 – кронштейн

Гидромеханическое следящее навесное устройство имеет внутреннюю 1 и наружную 2 рамки, установленные с возможностью поперечного скольжения друг относительно друга и соединенные между собой в верхней 3 и в нижней 4 частях круглыми трубами. Смещение наружной рамки 2 относительно внутренней 1, осуществляется гидроцилиндром 5, шарнирно связывающим эти рамки 1 и 2. Нижние навесные тяги 6 со стороны трактора выполнены с полуавтоматическими замками для соблюдения техники безопасности при агрегатировании машинотракторного агрегата, приводящимися в действие рычагом, размещенным с правой стороны по ходу движения агрегата для более удобного отпирания и автоматического запирания замков. Верхняя навесная вилка 7 соединяется с верхней тягой трактора. Нижние навесные крюки 8 со стороны орудия, также снабжены

полуавтоматическими замками, имеющими регулировки по высоте и ширине для смены класса трактора в соответствии с имеющимся орудием. Верхняя серьга 9 имеет регулировку по высоте и соединяется с сельскохозяйственным орудием для более удобного присоединения к орудью. На наружной рамке 1 имеются кронштейны 10 с подставками 11, облегчающими процесс навески управляемого навесного устройства на трактор. Для перевода орудия в транспортное положение с обеспечением техники безопасности имеются фиксаторы, предотвращающие произвольное перемещение рамок 1 и 2 друг относительно друга. Для агрегатирования с прицепными сельскохозяйственными орудиями, на внешнюю рамку 2 устанавливается кронштейн 12.

Результаты исследований и их обсуждение. Предлагаемый способ позиционирования орудия работает следующим образом. При смещении сельскохозяйственного орудия с линии обработки почвы, подается сигнал на гидрораспределитель о необходимости подачи масла в ту или иную полость гидроцилиндра 5, установленного на гидромеханическом следящем навесном устройстве. Подвижная наружная рамка 2 смещается относительно неподвижной внутренней рамки 1, за счет чего происходит возвращение сельскохозяйственного орудия на линию обработки. Координаты положения трактора, полученные навигацией трактора, поступают в электронный блок управления и туда же поступают данные с потенциометра, о угловом отклонении нижней тяги трактора.

После получения этих данных, электронный блок управления навигацией (ЭБУ) производит расчет положения рабочих органов орудия относительно линии, задаваемой навигацией трактора (рис. 2).

В результате проведенных исследований разработана блок-схема, описывающая алгоритм работы УНУ (рис.3). Цикл включает в себя определение текущих координат трактора и навесного оборудования, сравнение полученных данных, расчет необходимой дистанции перемещения рамки устройства.



Рис. 3. Схема работы управляемого навесного устройства

При отклонении сельскохозяйственного орудия с линии обработки почвы, подается сигнал от ЭБУ о смещении орудия с линии обработки. Угловой потенциометр, установленный на нижней тяге трактора, фиксирует её угловое отклонение и передает данные в ЭБУ. Далее ЭБУ производит расчет координатного положения поперечины навески трактора от линии, задаваемой навигацией трактора и подает команду на гидрораспределитель устройства о подаче масла в левую или правую полость гидроцилиндра 5, при этом происходит смещение наружной рамки 2 относительно внутренней рамки 1 и орудие возвращается на линию обработки. Линейный потенциометр, установленный на наружной рамке устройства, также фиксирует отклонение наружной рамки 2 относительно внутренней 1.

Алгоритм (рис. 4), заложенный в навигационный контроллер орудия, предусматривает сравнение и сопоставление координат, полученных с навигации трактора и спутниковых координат положения орудия. Для этого на орудии устанавливается навигационная антенна. Процесс курсового выравнивания орудия повторяется до совпадения координат задаваемых навигационной системой и координат, заложенных в электронной карте поля.

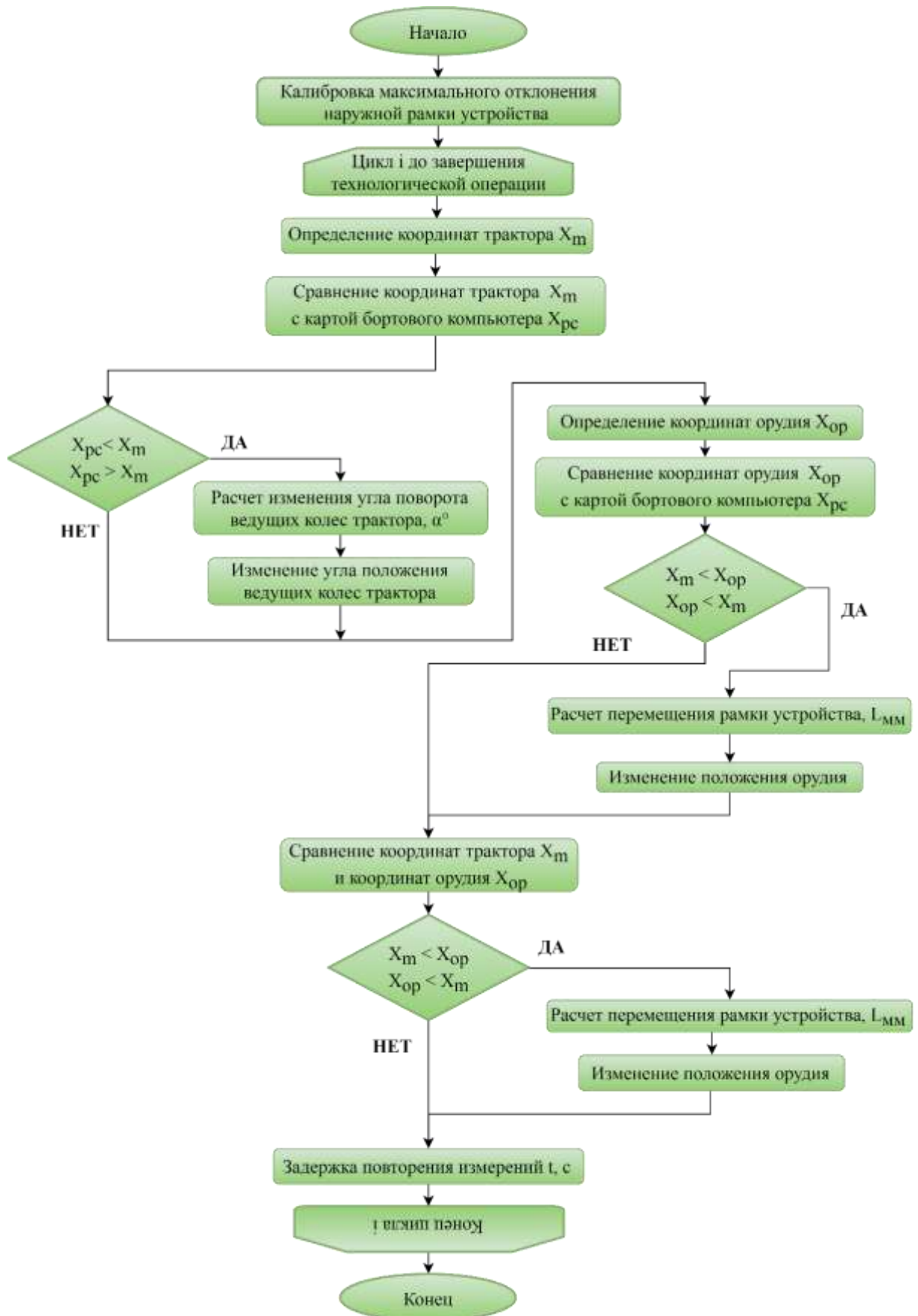


Рис. 4. Алгоритм работы управляемого навесного устройства

Выводы и перспективы. В результате проведенного исследования предложено устройство для автоматизированного позиционирования положения сельскохозяйственных орудий и алгоритм его работы. Устройство позволит орудью и трактору находиться на повторяемой траектории с точностью до 2,5 см, сократить повреждение и укатку сельскохозяйственных культур, компенсировать неровности при работе на местности со сложным рельефом, повысить точность посадки сельскохозяйственных культур и повысить качество урожая.

Список литературы

1. Семичев С.В. Анализ устройств управления траекторией движения сельскохозяйственных машин // Инновации в сельском хозяйстве. 2017. № 4 (25). С. 217-221.
2. Труфляк Е. В. Использование систем точного земледелия ведущими производителями сельскохозяйственной техники // Краснодар: КубГАУ, 2016. 76с.
3. Пат. 2680451 РФ Гидромеханическое следящее навесное устройство / Семичев С.В., Смирнов И.Г., Мосяков М.А., Зволинский В.Н. патент на изобретение от 04.05.2018.
4. Кутырёв А.И., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Смирнов И.Г., Вершинин Р.В. Система автоматизированного управления параметрами агрегата магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве / Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 1. С. 16-21.

References

1. Semichev, S. V. (2017). Analiz ustroystv upravleniya trayektoriyey dvizheniya sel'skokhozyaystvennykh mashin [Analysis of control devices trajectory of agricultural machinery]. Innovatsii v sel'skom khozyaystve, 4 (25), 217-221.
2. Truflyak, E. V. (2016). Ispol'zovaniye sistem tochnogo zemledeliya vedushchimi proizvoditelyami sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [The use of precision farming systems by leading manufacturers of agricultural machinery]. Krasnodar: Kubgau, 76.
3. Patent 2680451 RF Gidromekhanicheskoye sledyashcheye navesnoye ustroystvo [Hydromechanical servo hitch]. Semichev, S.V., Smirnov, I.G., Mosyakov, M.A., Zvolinskiy, V.N., the patent from 04.05.2018.
4. Kutyrev, A. I., Hort, D. O., Filippov, R. A., Smirnov, I. G., Vershinin, R. V. (2018). Sistema avtomatizirovannogo upravleniya parametrami agregata magnitno-impul'snoy obrabotki rasteniy v sadovodstve [System of automated control of parameters of the unit of magnetic pulse processing of plants in gardening]. Agricultural machines and technologies, 12 (1), 16-21.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПОЗИЦІОНУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗНАРЯДЬ В АГРЕГАТІ

С. В. Семичев, Д. О. Хорт, Р. О. Філіппов, А. І. Кутирьов

Анотація. *Якість роботи навісних посадкових машин не завжди відповідає агротехнічним вимогам. Одним з невирішених питань при роботі посадкового агрегату залишається недостатня керованість знаряддям щодо лінії посадки. У процесі роботи агрегату навісне посадкове знаряддя через нерівномірність щільності ґрунту, наявності ухилів прагне відхилитися від лінії посадки культур. Також цьому сприяють маневри підрулювального пристрою, який прагне підкоригувати посадковий агрегат на курс, що задається навігацією. При цьому не враховується наявність ступенів свободи навішування трактора, що негативно впливає на синхронний його рух з навішаною саджалкою.*

Мета дослідження - розробка алгоритму роботи керованого навісного пристрою для позиціонування положення сільськогосподарських знарядь.

Представлена конструкція керованого навісного пристрою (УНУ), розробленого в Агроінженерному центрі ВІМ та надано рекомендації щодо його використання. Описано процес функціонування пристрою в складі посадкового агрегату. Визначено, що цей пристрій дозволить підвищити рівень позиціонування посадкового знаряддя в агрегаті за рахунок зведення до мінімуму поперечного зсуву.

Ключові слова: *керований навісний пристрій, позиціонування знаряддя, навігаційні системи, курсова стійкість*

DEVELOPMENT OF ALGORITHM OF WORK OF THE AUTOMATED DEVICE FOR POSITIONING AGRICULTURAL IMPLEMENTS IN ASSEMBLY

S. Semichev, D. Khort, R. Filippov, A. Kutyrev

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM», Moscow, Russia

Abstract. *The quality of the work mounted planting machines does not always meet agricultural requirements. One of the unresolved issues in the operation of the landing unit is the lack of controllability of the gun relative to the landing line. In the process of operation of the unit, hinged planting tool due to the uneven density of the soil, the presence of slopes, tends to deviate from the planting line of crops. Also, this is facilitated by maneuvers, thruster, seeking to adjust the landing unit on the course set by navigation. This does not take into account the presence of degrees of freedom tractor hitch, negatively affecting its synchronous movement with the hanging planter.*

The purpose of the study is to develop an algorithm for the operation of a controlled attachment for positioning the position of agricultural implements.

The design of the controlled hinged device (UNU) developed in the Agroengineering center of VIM is presented and recommendations for its use are given. The process of operation of the device as part of the landing unit is described. It is determined that this device will increase the level of positioning of the landing gun in the unit, by minimizing the transverse displacement.

Key words: *controlled by mountable device, positioning instruments, navigation systems, directional stability*