

УДК 53.087.45/621.37/39

СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ВОЖДЕНИЯ, СОЗДАННЫЕ НА БАЗЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

О.В. Рехлицкий¹, В.Н. Шкирский¹, В.Б. Попов²

¹Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь;

²УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Современная сельскохозяйственная техника представляет собой сочетание сложных механических и электронных устройств, которые призваны обеспечить максимальную эффективность машины и при этом снизить напряженность труда механизатора. Одним из наиболее перспективных электронных устройств является система автономного вождения, созданная на базе технического зрения с элементами искусственного интеллекта.

Одним из направлений в технологиях автовождения является система автономного управления сельскохозяйственной техникой (зерноуборочным комбайном, трактором, опрыскивателем) на базе технологий технического зрения с использованием элементов искусственного интеллекта. Интеллектуальная система позволяет снизить рутинную нагрузку на водителя, что дает ему возможность сосредоточиться на контроле параметров технологического процесса, влияющих на качество уборки урожая [1].

С целью оснащения выпускаемой техники данными системами ОАО «Гомсельмаш» ведутся работы с фирмой «Когнитив Роботикс» по адаптации разработано фирмой системы Cognitive Agro Pilot на серийном зерноуборочном комбайне КЗС-1218А-1, проходящем испытания на уборке пшеницы (рис. 1). Единственным сенсором, позволяющим комбайну ориентироваться в пространстве, является видеокамера. В данной системе не используются дорогостоящие лазерные сканеры, привычные по зарубежным аналогам, что делает систему доступнее для потребителя. Система распознавания анализирует информацию с камеры и координирует все движения машины: комбайн подстраивается под изменяющееся положение кромки поля и автоматически выстраивает траекторию движения [2].

В автоматическом режиме комбайн может распознавать структуры поля и посторонние объекты, самостоятельно ехать по кромке, рядку или валку, в зависимости от задачи и типа культур, а также избегать столкновения с объектами (рис. 2).



Рис.1. Процесс сегментирования участков поля. КЗС-1218А-1 на уборке пшеницы. Август 2020 г.

При этом не имеет значения, какой комбайн ранее убирал эту часть поля и по какой траектории он передвигался. В будущем такая технология может стать основой для создания беспилотного комбайна, над разработкой которого активно ведутся работы зарубежными фирмами. Фирма «Когнитив Роботикс», исходя из имеющегося опыта, заявляет, что внедрение беспилотной технологии позволит сократить потери зерна во время уборки до двух раз и тем самым снизить себестоимость зерна примерно на 3-5 процентов [3].

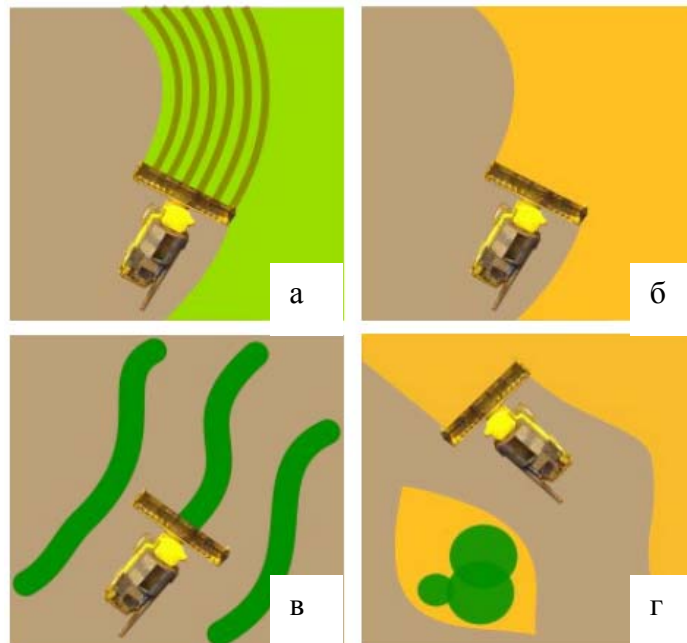


Рис.2. Режимы работы и движения комбайна при уборке урожая: а - по рядку; б – по кромке; в – по валку; г – обнаружение препятствия.

По сравнению с системами, работающими со спутниковым сигналом GPS/GLONASS, данная технология имеет ряд преимуществ (рис. 3), хотя и не лишена недостатков[1].

Критерии для сравнения	AgroPilot	Trimble EZ series	Topcon AGI-4	AgLeader	Raven SC1+CR7+600S
Управление движением	✓	✓	✓	✓	✓
Гидравлическая система управления	✓	Электрические «подрульки»	Электрические «подрульки»	Электрические «подрульки»	Электрические «подрульки»
Дисплей управления	✓	✓	✓	✓	✓
Движение по рядкам	✓	Дополнительные насадки на жатку и ПО	—	Дополнительные насадки на жатку и ПО	—
Движение по кромке	✓	—	—	—	—
Движение по валкам	✓	—	—	—	—
Независимость от спутниковой навигации	✓	—	—	—	—
Необходимость в платных поправках RTK* для достижения точности 10-15 см	—	✓	✓	✓	✓
Групповая работа в смешанном парке **	✓	—	Только заложенный курс	Только заложенный курс	Только заложенный курс
Работа на произвольном поле	✓	Заранее оцифрованные карты полей	Заранее оцифрованные карты полей	Заранее оцифрованные карты полей	Заранее оцифрованные карты полей
Определение искусственных и естественных препятствий	✓	Только заранее нанесенные	Только заранее нанесенные	Только заранее нанесенные	Только заранее нанесенные

* RTK – относится к навигации. Дополнительная система из неподвижной базовой станции и приемников, которая передает специальные поправки к GPS сигналам по радио. Только с ее помощью достигается точность 10-15 см в системах вождения по сигналам GPS. Поправки обычно платные, стоимость подписки в среднем 1,5 тыс USD за квартал.

** Смешанный парк – машины оснащенные системами вождения и не оснащенные ими, работающие в бригаде во время уборки.

Рис.3. Сравнительные параметры систем автовождения [1]

В 2020 году проведены предварительные испытания на уборке злаковых культур и заготовке кукурузы на зерно комбайна КЗС-1218А-1, оснащенного системой Cognitive Agro Pilot. По результатам работы на уборке пшеницы можно сделать заключение, что система позволяет повторять траекторию кромки поля с точностью вождения в пределах 15-20 см. Однако, в процессе испытаний выявлено, что точное следование кромке неубранного стеблестоя вызывает в результате нескольких проходов комбайна увеличение размаха неровностей и необходимость выравнивания кромки. Данная операция, с учетом ее неоднократно повторения, ощутимо снижает эффект повышения производительности комбайна, обусловленного полностью использованием конструктивной ширины захвата адаптера. Следует отметить, что данная особенность проявляется на злаковых культурах, при уборке кукурузы, где ориентиром являются рядки, такого эффекта нет, система уверенно ведет комбайн по стеблестояю. Также, еще одним фактором, сдерживающим реализацию потенциальной производительности комбайна, является возможность работы только по левой кромке убираемой культуры (применительно к злаковым культурам). При использовании способа уборки "челноком" видеокамера не может работать по правой кромке, для устранения данной проблемы требуется применять либо две видеокамеры, либо изменить место расположения и тип видеокамеры. С учетом того, что по ряду причин не удалось произвести полноценную

калибровку системы на уборке злаковых культур, данный вопрос требует дальнейшего исследования. Выводы:

Проведенные в 2020 году испытания комбайна КЗС-1218А-1, оснащенного системой Cognitive Agro Pilot, фирмы “Когнитивные технологии”, показали существенное снижение напряженности труда механизатора, однако, в связи с наличием замечаний, связанных с необходимостью периодической корректировки кромки стеблестоя на уборке злаковых культур и отсутствием возможности реализации челночного способа передвижения комбайна при уборке зерновых, необходимо продолжение испытаний в сезоне 2021 года усовершенствованного варианта системы.

Результаты работы КЗС-1218А-1 на заготовке кукурузы на зерно демонстрируют возможность системы Cognitive Agro Pilot обеспечивать уверенное автоматическое вождение комбайна по стеблестоя кукурузы при наличии как минимум одного непрерывного рядка растений.

Дополнительного изучения требуют аспекты экономической эффективности применения комбайнов с автономными системами вождения, такие как влияние на сменную и годовую производительность зерноуборочной техники при выполнении уборочных работ различных сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Сайт <https://promo.cognitivepilot.com/> Система Cognitive Agro Pilot
2. Журнал Хабр, «Как мы первыми в мире роботизируем кормоуборочные комбайны», 18 августа 2020.
3. Журнал Агро Бизнес, «Как автоматизация комбайнов помогает экономить ресурсы во время сбора урожая» 27 мая 2020