

Анатолий САЙГАНОВ¹, Василина ЛИПСКАЯ²,

Вячеслав ШКИРСКИЙ²

¹*Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси,
Минск, Республика Беларусь
e-mail: agreconst@mail.belpak.by*

²*Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
Гомель, Республика Беларусь
e-mail: linav84@mail.ru, ntck@gomselmach.by*

УДК 631.35:339.13

<https://doi.org/10.29235/1818-9806-2024-6-61-71>

Цифровизация как направление развития белорусского комбайностроения и повышения уровня его конкурентоспособности

Проведен анализ термина «цифровизация», а также предложена его формулировка в отношении такой отрасли экономики, как сельское хозяйство. Установлено, в каких областях агропромышленного комплекса указанный процесс нашел применение.

Определены направления проводимых ОАО «Гомсельмаш» работ по внедрению цифровых технологий, обозначены основные фирмы-партнеры, с которыми осуществляется взаимодействие в области цифровизации. Отражены результаты испытаний систем, устанавливаемых либо планируемых к применению в ближайшей перспективе на серийных зерно- и кормоуборочных комбайнах ОАО «Гомсельмаш». Приведены достоинства и недостатки систем автономного управления сельскохозяйственной техникой на основе искусственного интеллекта.

Ключевые слова: цифровизация агропромышленного комплекса, цифровые технологии в сельском хозяйстве, зерно- и кормоуборочные комбайны, конкурентоспособность комбайностроения.

Anatoly SAIGANOV¹, Vasilina LIPSKAYA²,

Vyacheslav SHKIRSKY²

¹*Institute of System Researches in the Agroindustrial Complex
of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: agreconst@mail.belpak.by*

²*Scientific and Technical Center for Combine Harvester Manufacturing OJSC “Gomselmash”,
Gomel, Republic of Belarus
e-mail: linav84@mail.ru, ntck@gomselmach.by*

Digitalization as a direction for the development of the Belarusian combine harvester industry and increasing its competitiveness

The term “digitalization” is analyzed and its wording is proposed in relation to such a sector of the economy as agriculture. It was established in which areas of the agroindustrial complex this process has been applied.

© Сайганов А., Липская В., Шкирский В., 2024

The directions of the works carried out by Gomselmash OJSC on the introduction of digital technologies are defined, the main partner firms with which the interaction in the field of digitalization is carried out are outlined. The results of tests of the systems installed or planned to be installed in the nearest future on serial grain and forage harvesters of OJSC Gomselmash are reflected. The advantages and disadvantages of the systems of autonomous control of agricultural machinery based on artificial intelligence are presented.

Keywords: digitalization of agroindustrial complex, digital technologies in agriculture, combine harvesters and forage harvesters, competitiveness of combine industry.

Введение

В настоящее время в Республике Беларусь огромное внимание уделяется вопросам цифровизации. И это неслучайно, поскольку современные технологии проникают во все области жизнедеятельности. Основной сферой их применения является экономика, которая направлена на стремительное и эффективное развитие всех отраслей. Уже сегодня цифровые платформы внедряются в образование, науку, здравоохранение, связь, промышленность, транспорт, сельское хозяйство и др.

Актуальность обозначенных вопросов подтверждает интерес к этой теме со стороны правительства страны. Так, в республике разработана и действует Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 годы, предусматривающая выполнение мероприятий по созданию (развитию) современной информационно-коммуникационной инфраструктуры, внедрению цифровых инноваций в отраслях экономики и технологий «умных городов», а также обеспечению информационной безопасности таких решений [1]. Кроме того, в ноябре 2023 г. подписан Указ Президента Республики Беларусь «О цифровом развитии», направленный на реализацию и финансирование мероприятий, пилотных проектов в сфере цифровизации [2].

Следует отметить, что цифровые технологии не обошли стороной аграриев и производителей сельскохозяйственной техники. Первые либо предпринимают попытки применения технологий точного земледелия, либо уже используют их в своей хозяйственной деятельности, вторые – активно внедряют в машины электронные системы. Заметим, что между ними прослеживается тесная связь, поскольку реализация инновационных методов ведения сельского хозяйства невозможна без установки систем автоматического управления на технических средствах для возделывания полей и уборки урожая. Эти усовершенствования в конечном итоге делают машины более привлекательными для потребителей и способствуют повышению уровня конкурентоспособности такой техники.

Материалы и методы

Теоретической и методологической базой исследования послужили наработки по изучаемой теме. При подготовке статьи были использованы методы сравнительного и системного анализа, синтеза и обобщения.

Основная часть

Как показывает практика, в современном обществе все еще возникают трудности в понимании и трактовке категории «цифровизация». В этой связи остановимся на рассмотрении ее определений в различных источниках. Так, в распоряжении Правительства Москвы от 11 октября 2010 г. № 2215-РП встречается формулировка, которая описывает данное понятие слишком обобщенно и потому не может широко применяться – переход с аналоговой формы передачи информации на цифровую [3].

В работе Т. А. Герасимовой и Н. В. Москвитиной приведена более удачная интерпретация, точнее раскрывающая содержание цифровизации – это процесс, включающий внедрение и использование инновационных технологий, а также принципы цифровой экономики в контексте социально-экономической жизни общества, сопровождающейся абсолютной автоматизацией, роботизацией и внедрением искусственного интеллекта [4].

Достаточно точное определение представлено в белорусском государственном стандарте «Цифровая трансформация. Термины и определения», в котором цифровизация трактуется как новый этап автоматизации и информатизации экономической деятельности и государственного управления, процесс перехода на цифровые технологии, в основе которого лежит не только использование для решения задач производства или управления информационно-коммуникационных технологий, но также накопление и анализ с их помощью больших данных в целях прогнозирования ситуации, оптимизации процессов и затрат, привлечения новых контрагентов и т. д. [5].

В то же время в рамках проводимых исследований целесообразно разобраться, что понимается под цифровизацией сельского хозяйства и в каких областях агропромышленного комплекса она применяется. На протяжении длительного периода времени оно удерживало позиции одной из самых консервативных отраслей экономики, несмотря на пристальное внимание со стороны государства. В последние годы ученые страны все чаще стали приходить к мнению, что указанный процесс способен существенно улучшить ситуацию в сельскохозяйственном секторе.

В работе О. П. Советниковой предпринята попытка сформулировать определение термина «цифровое сельское хозяйство» – это сфера деятельности, связанная с сельским хозяйством, которая включает точное земледелие, «предпринимательное земледелие» (использование интегрированных систем земледелия), системы управления сельскохозяйственными предприятиями и зависит от сбора, использования, координации и анализа данных из множества источников с целью оптимизации производительности, рентабельности и устойчивости сельскохозяйственных предприятий. У фермеров появляется больше эффективных инструментов для принятия решений благодаря цифровому сельскому хозяйству, которое использует большие данные (Big Data) [6].

Данная трактовка понятия содержит множество повторений, а отсутствие четкости и лаконичности делает его трудно воспринимаемым. Для облегчения понимания стоит выделить области использования цифровизации в АПК:

- 1) растениеводство (для роста урожайности, снижения затрат и т. п.);
- 2) животноводство (с целью отслеживания поведения животных, их здоровья, контроля за содержанием и питанием, мониторинга показателей производительности и т. д.);
- 3) сельскохозяйственные машины и оборудование (для повышения точности и производительности выполняемых операций, снижения потерь, расхода топлива, затрат времени на проведение уборочных работ и т. п.).

Таким образом, цифровизация сельского хозяйства – это процесс, направленный на повышение эффективности и производительности как животноводства, так и возделывания и уборки продукции растениеводства. Он включает применение разнообразных информационных и коммуникационных технологий, инновационных инструментов для оптимизации производимых операций и уровня затрат. Замечено, что данная сфера уже давно нуждается в системах, которые позволили бы планировать и управлять урожайностью полей, предвидеть негативные факторы, автоматизировать посев и сбор урожая.

В рамках данного исследования более подробно остановимся на области АПК, связанной с автоматизацией технических средств для аграриев, а точнее уборочных машин.

Следует отметить, что в последнее десятилетие в мировом сельскохозяйственном машиностроении и конкурентной борьбе внедрение цифровых технологий получило достаточно бурное развитие. Они вводятся как инструменты для реализации технологий точного земледелия, как оборудование для автоматизации процессов и облегчения управления, а также как системы для дистанционного мониторинга рабочих процессов и контроля технического состояния машин. ОАО «Гомсельмаш» постоянно развивается в этом направлении, чтобы не допустить отставания в сфере оснащения своей техники наукоемкими цифровыми технологиями. Так, в настоящее время потребителю серийных машин доступен ряд современных электронных систем:

- контроля параметров технологического процесса;
- автоматического копирования рельефа поля;
- точного земледелия;
- видеообзора;
- удаленного мониторинга параметров рабочих органов, агрегатов комбайна и т. д.

Другие системы находятся в разработке, например: анализа качества зерна с автоматическими настройками рабочих органов зерноуборочного комбайна в зависимости от параметров убираемой культуры; автоматического управления силосопроводом кормоуборочного комплекса при загрузке прицепа и др.

Принцип работы последней системы основан на цифровой обработке 3D-изображений и их анализе. С помощью камер она определяет как внешние края, так и степень заполнения движущегося рядом транспортного средства в любой его точке. Система способствует равномерной загрузке независимо от того, где расположен прицеп. Управление потоком осуществляется посредством перемещения силосопровода в продольном и поперечном направлениях по отношению к оси машины, а также козырька силосопровода, обеспечивая тем самым оптимальное заполнение.

Устанавливаемая система анализа качества зерна функционирует следующим образом: в зерновом элеваторе фиксируется камера с высоким разрешением, которая с заданной периодичностью фотографирует зерно. Эти снимки анализируются и сравниваются с эталонными с целью вычисления доли поврежденных, процента присутствия в массе остатков соломы, мякины. Все полученные данные выводятся на дисплей бортового компьютера комбайна в виде диаграммы и картинки, при этом повреждения или примеси выделяются цветом (рис. 1). Оператор может визуально оценить, насколько качественно ведется уборка, а бортовой компьютер на основе полученных измерений и в случае возникновения отклонений от заданных параметров меняет регулировки рабочих органов техники: настраивает скорость потока вентилятора, размер зазора в молотильном аппарате, частоту вращения молотильного барабана, величину открытия жалюзи верхних и нижних решет, скорость перемещения машины по полю.

Необходимо подчеркнуть, что сегодня система дистанционного мониторинга параметров самоходных комбайнов ОАО «Гомсельмаш» позволяет контролировать до 70 показателей одновременно, например:

для зерноуборочного комбайна: зазор молотильный; количество материала в колосовом элеваторе; текущий зазор верхних и нижних решет; скорость вращения мотовила; заполненность бункера; состояние лаза бункера, включения молотилки и измельчителя соломы и др.;



Рис. 1. Фотография собранного зерна с выделением доли поврежденного и примесей

для кормоуборочного комбайна: скольжение ремня; задаваемый коэффициент влажности; длина резки (заданная); номер установленной позиции металлодетектора; циклы заточки установленный и суммарный; зазор заданный и суммарный; давление шин; таймер технического обслуживания двигателя; необходимость ТО; удельный расход топлива на единицу площади; обслуживание двигателя; срабатывание металло- и камнедетектора; уровень биоконсервантов; нейтраль, рабочий ход и реверс питающе-измельчающего аппарата; режимы заточки ножей и установки зазора и др.

Кроме того, имеется возможность контроля за текущим и недопустимым состоянием:

- оборотов двигателя и рабочих органов, его загрузки;
- уровней топлива и охлаждающей жидкости;
- напряжения в бортсети;
- температуры двигателя и компонентов ходовой системы;
- температуры охлаждающей жидкости в моторе, масла в баке и гидросистеме;
- фильтров силовых цилиндров, двигателя и трансмиссии;
- подключения адаптеров;
- давления в пневмо- и гидросистемах;
- исправности датчиков;
- связи с моторной установкой;
- скорости движения;
- пройденного пути суммарного, текущего и общего при работе;
- расхода топлива мгновенного и суммарного;
- производительности мгновенной и текущей средней;
- времени основной работы и убранной площади текущих и суммарных.

Как показывает практика, перспективной для ОАО «Гомсельмаш» является система автономного управления сельскохозяйственной техникой на основе искусственного интеллекта с использованием технологии технического зрения Cognitive Agro Pilot, разработанная российской компанией ООО «Когнитив Роботикс». В отличие от других систем параллельного вождения на базе GPS она позволяет ориентироваться по фактической ситуации на поле, так как обнаруживает препятствия и опасные сближения и дает возможность предотвращать столкновения, а также видеть полегшую культуру. В числе ее преимуществ можно выделить следующие:

- увеличение дневной выработки;
- сокращение потерь урожая;
- снижение аварийности;
- уменьшение потребления топлива;
- повышение скорости уборки.

В 2021 г. она устанавливалась на зерноуборочный комбайн КЗС-3321КР и испытывалась ГУ «Белорусская МИС» на уборке ячменя, тритикале с жаткой для сои ЖЗС-9-1 и кукурузы на зерно с комплектом КОК-8-2. По итогам система

была доработана производителем и представлена для дальнейших исследований. В 2023 г. выпущена опытная партия машин GS2124 с Cognitive Agro Pilot, которая прошла оценку эффективности в Алтайском крае. По результатам ее испытаний в сезонах 2021–2023 гг. и опытной эксплуатации в хозяйствах Беларуси и России были выявлены достоинства и недостатки. К первым можно отнести следующие характеристики:

является самостоятельной системой и может работать без дополнительных устройств и подписок на сервисы в отличие от систем с использованием сигналов GPS;

обеспечивает движение и работу комбайна в автономном режиме, что улучшает условия труда механизатора путем снижения напряженности при уборке (особенно в условиях использования широкозахватных жаток);

предоставляет возможность эксплуатации при ограниченной видимости в темное время суток как с включенным рабочим освещением, так и без него, что увеличивает сменную выработку техники;

не требует сложных настроек;

может работать в группе комбайнов, не оборудованных опцией автовождения (даже в такой обстановке образование волнообразной кромки проявляется в меньшей степени);

при уборке кукурузы на зерно уверенно ведет машину по рядкам, преодолевая помехи: полеглость стеблей, их качание от бокового ветра, буксование на переувлажненных почвах со смещением от траектории движения.

В качестве недостатков системы выявлены:

после пяти-шести проходов комбайна по полю при жатве зерновых культур появляются отклонения от первоначального прямолинейного движения влево и вправо, образуя тем самым волнообразную кромку (рис. 2). Для исправления этого недостатка требуется проход машины в ручном режиме по прямолинейной траектории, при этом 83–85 % времени техника работает автономно;

не предусмотрен автономный режим ориентации и включения при въезде в загонку техники после разворота;

в вечернее время при движении в направлении заката отмечалось «ослепление» системы автовождения и как результат – ее отключение;

при длительной уборке кукурузы наблюдались отклонения от траектории движения в виде пропуска крайнего рядка или смещения в сторону по причине полеглых растений, а также беспричинно;

в условиях повышенного запыления проявлялось ухудшение точности вождения;

при уборке зерновых колосовых культур прямым способом комбайнирования возникали ситуации, когда машина объезжала засоренные участки поля, воспринимая их как уже убранные;

во время работы с подборщиком (до 30 % общего времени) прослеживалось смещение комбайна влево на расстояние 5–10 м до окончания валка.



Рис. 2. Край стеблестоя на уборке пшеницы после пяти-шести проходов комбайна

Следует отметить, что уже в 2022 г. некоторые недостатки были устранены фирмой-изготовителем. Кроме того, зафиксировано увеличение производительности работ на 10–20 % в зависимости от применяемых организационных приемов (выгрузка на ходу, оптимизация логистики в поле).

В конце 2023 г. прошло совместное совещание специалистов Научно-технического центра комбайностроения ОАО «Гомсельмаш» с представителями фирмы ООО «Когнитив Роботикс», на котором были озвучены результаты эксплуатации системы автовождения Cognitive Agro Pilot, намечены планы по устранению недостатков и проведению испытаний на зерноуборочных комбайнах GN810 и GS2124T в сезоне 2024 г. Кроме того, запланированы работы по проверке системы на новой технике: кормоуборочном комбайне FS650 и косилке самоходной CS140. Предполагаются также испытания систем анализа качества зерна и картирования урожайности на GS2124T, а также управления силосопроводом FS650 при загрузке прицепа.

Другими перспективными системами автоматизации кормо- и зерноуборочных комбайнов ОАО «Гомсельмаш» с применением искусственного интеллекта являются разработки компании ОАО «Пеленг» (ведущее проектно-конструкторское предприятие опико-электронной промышленности Республики Беларусь).

Совместные работы по созданию и испытаниям опытных образцов систем автоматического вождения на базе технического зрения (далее – САВ), а также контроля качества зерна (далее – САКЗ) с указанной организацией ведутся с 2021 г. В соответствии с техническими требованиями первая должна обеспечивать автоматизированное управление курсом машин при уборке сельскохозяйственных культур вдоль видимых ориентиров (при условии их распознавания

оптическими датчиками), а также работать в обстановке запыленности, если дальность видимости оптико-электронной системы позволяет определять ориентиры для построения траектории движения. При невозможности выделения ориентиров она должна сообщать оператору о необходимости перехода на ручной режим. Вторая – формировать данные оценки качества бункерного зерна на выходе из очистки комбайна в соответствии с ГОСТ 28301-2015 по следующим параметрам: степень содержания дробленых зерен и засоренность инородными фракциями.

В результате первых испытаний было установлено, что нейронная сеть программного обеспечения САВ имеет ряд ограничений по применению на полях, содержащих большое количество сорняков, которые перемешаны с полезными культурами. Кроме того, на угодьях в процессе уборки могут возникать ситуации, затрудняющие детектирование кромки с помощью САВ, например она может исчезать из-за отсутствия культуры. Что касается САКЗ – в ней есть цветовая индикация, сообщающая о превышении пороговых значений дробленого зерна и общего мусора, но отсутствуют предупредительные звуковые сигналы. В этой связи принято решение о внесении изменений в работу указанных систем, устраняющих замечания, после чего предполагается введение изделий САВ и САКЗ в опытно-промышленную партию машин для дальнейших исследований.

Заметим, что давнее сотрудничество связывает ОАО «Гомсельмаш» и ООО «Технологии земледелия», которое ранее являлось официальным дилером американской компании Trimble на территории Республики Беларусь. После введения санкционных ограничений предприятие переориентировалось на предложения китайских систем автовождения на основе GPS. В конце 2023 г. проводились их испытания с гидравлическим и электроуправлением в составе зерноуборочных машин КЗС-3321КР на уборке зерновых колосовых культур и кукурузы. Определено, что они обеспечивают прямолинейность движения, точность вождения и способствуют снижению утомляемости оператора. Кроме того, выявлены недостатки и сформулированы замечания испытываемых систем. В будущем планируется продолжить сотрудничество с указанной фирмой.

Заключение

Цифровизация сельского хозяйства является важнейшим направлением развития белорусской техники для аграриев. Этот процесс ориентирован на повышение эффективности и производительности как животноводства, так и возделывания и уборки продукции растениеводства и включает применение разнообразных информационных и коммуникационных технологий, инновационных инструментов для оптимизации производимых операций и уровня затрат.

Установлено, что в последнее время внедрение цифровых технологий получило мощный импульс в мировом сельскохозяйственном машиностроении и конкурентной борьбе. ОАО «Гомсельмаш» также постоянно развивается в этой сфере, чтобы не допустить отставания по оснащению своей техники наукоемкими элементами цифровизации. Потребителям самоходных комбайнов уже сегодня доступен ряд современных электронных систем, которые устанавливаются на серийные машины. Другие находятся в разработке.

Выявлено, что ОАО «Гомсельмаш» ведет тесное сотрудничество и активную совместную работу с различными белорусскими и российскими компаниями (в их числе ООО «Когнитив Роботикс» и ОАО «Пеленг»), которые предлагают средства автоматического управления машинами, оснащенные искусственным интеллектом, а также с ООО «Технологии земледелия», обладающим разработками на основе GPS. Главные преимущества таких систем:

- увеличение дневной выработки;
- сокращение потерь урожая;
- снижение аварийности и утомляемости оператора;
- уменьшение потребления топлива;
- повышение скорости уборки.

Следует отметить, что указанное направление является перспективным для существенного повышения уровня конкурентоспособности уборочной сельскохозяйственной техники, выпускаемой ОАО «Гомсельмаш». С 2024 г. система Cognitive Agro Pilot входит в число стандартных опций ряда зерно- и кормоуборочных комбайнов. В ближайшее время количество моделей, оснащенных рассмотренными выше информационными технологиями, значительно возрастет, что, безусловно, позволит обеспечивать как экономическую независимость АПК, так и его технологический суверенитет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О Государственной программе «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 2 февр. 2021, № 66 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100066>. – Дата доступа: 28.04.2024.

2. О цифровом развитии [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 29 нояб. 2023 г., № 381 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P32300381>. – Дата доступа: 28.04.2024.

3. О Концепции обеспечения жителей города Москвы телекоммуникационными услугами для получения социально значимой информации путем создания условий равного доступа к кабельному телевидению и интернет-ресурсам [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Москвы, 11 окт. 2010 г., № 2215-РП // ГАРАНТ.РУ. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/295900>. – Дата доступа: 28.04.2024.

4. Герасимова, Т. А. Содержание понятий «цифровая экономика» и «цифровизация в сфере государственного управления» / Т. А. Герасимова, Н. В. Москвитина // Социальная реальность виртуального пространства: материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Иркутск, 20–23 сент. 2019 г. / Иркут. гос. ун-т; под общ. ред. О. А. Полюшкевич, Г. В. Дружинина. – Иркутск: ИГУ, 2019. – С. 310–315.

5. Научно-методическое обеспечение развития информатизации [Электронный ресурс] // Национальная академия наук Беларуси. – Режим доступа: <https://nasb.gov.by/rus/activity/nauchno-metodicheskoe-obespechenie-razvitiya-informatizatsii>. – Дата доступа: 28.04.2024.

6. Советникова, О. П. Основные направления развития сельского хозяйства в условиях цифровой экономики / О. П. Советникова // Передовые технологии и материалы будущего: сб. ст. IV Междунар. науч.-техн. конф. «Минские научные чтения-2021», Минск, 9 дек. 2021 г.: в 3 т. – Минск: БГТУ, 2021. – Т. 3. – С. 207–212.

Поступила в редакцию 08.05.2024

Сведения об авторах

Сайганов Анатолий Семенович – главный научный сотрудник отдела организации и управления, доктор экономических наук, профессор;

Липская Василина Константиновна – ведущий экономист, кандидат экономических наук;

Шкирский Вячеслав Николаевич – заведующий конструкторским отделом автоматизированных и микропроцессорных систем

Information about the authors

Saiganov Anatoly Semenovich – Chief Researcher of the Department of Organization and Management, Doctor of Economic Sciences, Professor;

Lipskaya Vasilina Konstantinovna – Leading Economist, Candidate of Economic Sciences;

Shkirsky Vyacheslav Nikolaevich – Head of the Design Department of Automated and Microprocessor Systems