

Издебски В., Корончок Е., Шкудлярски Я., Заяц С., Гордейчик М.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Введение. Условием эффективного управления производством в фермерском хозяйстве является доступ к текущим и надежным данным, характеризующим производственный процесс. Инструментом для получения и обработки информации, необходимой в процессе управления производством, являются информационные технологии. Внедрение современных информационных технологий позволяет лучше использовать производственные ресурсы фермерских хозяйств. Использование информационных технологий при производстве поддерживает и повышает эффективность функционирования предприятия за счет ускорения процедур управления и повышения качества многочисленных операций [1]. Большие возможности в области эффективного управления производством предоставляют технологии точного земледелия. Точное земледелие рассматривается как система управления фермерским хозяйством, в котором используются информационные технологии в целях обеспечения максимальной эффективности сельскохозяйственного производства [2]. Развитие этого направления ведения фермерских хозяйств стало возможным, благодаря электронной революции, прогрессирующей со второй половины XX века [3]. Точное земледелие, использующее новейшие достижения техники, является системой, которая позволяет производить экологически чистую сельскохозяйственную продукцию при оптимизации средств производства. Основным положением системы является выбор технологии производства, соответствующей специфическим условиям окружающей среды, с учетом непостоянства на территории отдельных возделываемых земель [4, 5, 6].

Технологии точного земледелия позволяют:

- осуществлять мониторинг урожайности дифференцированно по отдельным участкам поля;
- выполнять работы круглогодично [7];
- создавать в программе геоинформационной системы электронные карты сельскохозяйственных угодий, которые используются для анализа почв [8];
- дифференцировать внесение удобрений в системе *off-line* в зависимости от обеспеченности почвы питательными веществами [9];
- дифференцировать внесение удобрений в системе *on-line* в зависимости от потребностей растений в настоящее время [9].

Основой точного земледелия является сбор информации, анализ и обработка данных, необходимых для того, чтобы принимать правильные агротехнические решения [10, 11]. Данные в системе точного земледелия, относящиеся к конкретному фермерскому хозяйству, могут поступать из многих источников и могут включать в себя большое число элементов, таких как: форма и размер земельного участка, рельеф, почвенные условия, наклон, временно или постоянно исключенные из производства площади, выращиваемые виды растений, применяемые средства защиты растений и урожайность [12].

Точное земледелие – это использование современной техники и современного оборудования в сочетании с информационно-коммуникационными технологиями в сельскохозяйственной практике [13].

Цель и круг тематики работы. Работа имеет теоретический характер. В работе рассмотрены основные вопросы, касающиеся использования технологий точного земледелия для управления производством на сельскохозяйственных предприятиях и в фермерских

хозяйствах. Круг тематики работы включает в себя представление применения технологий точного земледелия на четырех уровнях процесса управления производством, начиная с управления производственным процессом в режиме реального времени, заканчивая управлением ресурсами предприятия.

Методы управления производственным процессом в режиме реального времени. Управление производственным процессом в режиме реального времени на сельскохозяйственном предприятии включает в себя помимо прочего работу тракторов и машин. Современные тракторы и сельскохозяйственные машины используют новейшие мехатронные технологии для управления работой, как приводной единицы и функциональных компонентов агрегата, так и рабочих элементов машины. Тракторы и самоходные машины оснащены бортовыми компьютерами с широкими возможностями.

Преимущества, связанные с их работой, заключаются в возможности контролировать и регулировать работу агрегатов машины. ЖК-экран показывает эффективность работы отдельных частей, расход топлива, а также возможные неисправности, если такие появились. Современные машины могут быть оснащены электроникой, которая не только постоянно информирует оператора о параметрах работы машины, но также обеспечивает постоянную связь бортового компьютера со стационарным компьютером. Сбор информации на компьютер также может происходить непосредственно после окончания работы. Электронные терминалы, работающие с компьютерами разбрасывателей минеральных удобрений, обеспечивают автоматический и зависящий от скорости езды размер внесения их в почву (также выполнимо для оператора, сидящего в кабине трактора). Электронный контроллер внутри трактора контролирует работу агрегата, предоставляя информацию о числе оборотов разбрасывающих дисков и оборотов ротационного питателя, а также о положении сервомоторов, управляющих задвижками дозирования аппарата. Могут также быть отображены текущие параметры работы, такие как пройденное расстояние, рабочие значения ширины и скорости, относительное отклонение от запрограммированной дозы, количество вносимого удобрения, количество удобрения в баке с указанием, для какой площади его еще достаточно. В случае опрыскивателей можно выключить во время работы машины все секции опрыскивателя или только часть, что позволяет сохранить дозу на соответствующем уровне. Дополнительные функции электронного контроллера: указатель давления, уровня бака, а также положения полевой балки. В случае зерновой сеялки можно контролировать уровень заполнения бака, количество семян в рамках посева. Существует также возможность автоматически устанавливать технологические дорожки. Параметры текущей работы отображаются на экране бортового компьютера. Машины, работающие с трактором, благодаря сотрудничеству с бортовым компьютером, также могут контролироваться со стороны их исправности, если компьютер оснащен меню для диагностики. Компьютер может обнаружить неисправность, и тогда оператор получает информацию о том, что машина или одна из ее частей не работает должным образом. Эти терминалы могут архивировать данные, которые были обработаны на основе работы исполнительных подузлов агрегата.

В настоящее время целью работы по развитию электронных терминалов является их универсализация. Цель состоит в том, чтобы они могли работать со всеми сопровождающими машинами, например сеялками или опрыскивателями. Переломным моментом в

Издебски Вальдемар, dr hab. inż., Варшавский политехнический университет.

Корончок Ежи, mgr inż., Agroscom Polska.

Шкудлярски Яцек, dr inż., Варшавский университет естественных наук SGGW.

Заяц Станислав, dr inż., Государственная высшая профессиональная школа в г. Кросно.

Гордейчик Мария Владимировна, м.э.н., научный сотрудник Регионального центра по Брестской области ГНУ «НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь», ассистент кафедры менеджмента Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

этом отношении является технология ISOBUS, которая обеспечивает удобное решение и предоставляет возможность контролировать несколько инструментов и их функции с помощью одного терминала. ISOBUS, то есть стандартизация электрических соединений, электроники и обработки данных, вероятно, будет еще более важным моментом в истории развития сельскохозяйственной техники. ISOBUS определяет совместимый интерфейс передачи данных для подключения трактора, инструмента и бортового компьютера, синхронизируя обмен информацией между трактором, машиной и оператором. ISOBUS расширяет возможности точного земледелия, благодаря «более умным» функциям и интеграции данных GPS. Одной из таких функций являются системы параллельной езды, в том числе система сопровождения оператора при вождении машины и система автоматического вождения [14].

Система сопровождения оператора при вождении автоматически удерживает средство передвижения на заданной трассе, вмешиваясь в работу системы управления с помощью электродвигателей, установленных при рулевом колесе или рулевой колонке. Осуществляемая для этой системы точность 5–10 см. Самую большую точность (1–3 см) обеспечивает система автоматического вождения, которая непосредственно вмешивается в работу системы управления [15]. Преимущества использования систем параллельной езды заметны в области внесения удобрений и средств защиты растений. Эти системы в состоянии устранить совпадение рабочих полос и образование «пустых» зон, что значительно улучшает качество мероприятий, связанных с внесением удобрений и средств химической защиты. Повышенная точность мероприятий гарантирует экономию времени. Использование GPS устройств для управления тракторами и машинами позволяет продлить время работы в хозяйстве, потому что, благодаря этим устройствам, есть возможность работать в условиях ограниченной видимости (например, ночью) [16].

Применение технологии Precision Farming для контроля производства сельскохозяйственных культур. Важным вопросом в фермерском хозяйстве (на предприятии) является надзор за производством, который включает в себя надзор за движением средств производства, архивирование данных и создание отчетов по результатам контроля производства. Технологии, входящие в состав точного земледелия, предлагают широкий спектр инструментов для контроля производства сельскохозяйственных культур в фермерском хозяйстве (на предприятии). В значительной мере в точном земледелии используются методы дистанционного зондирования, которое позволяет идентифицировать потребности и состояние культур [17].

На основе спутниковых снимков и аэросъемок можно определить изменения состояния растений, которые коррелируют, между прочим, с наличием воды в почве, внесением удобрений и выполняемыми агротехническими процедурами [18].

Методы дистанционного зондирования позволяют внедрять в фермерских хозяйствах и на предприятиях инновационные технические решения и технологии. Примером инновации в сельском хозяйстве является система переменного дозирования минеральных удобрений VRC (Variable Rate Control). Целью переменного дозирования удобрений – рациональное использование и распределение минеральных ресурсов в соответствии с переменным содержанием минералов на отдельных полях и разными потребностями каждого вида растений. Технология переменного дозирования VRC основана на замкнутой системе, использующей данные из GPS-модулей, цифровых карт и цифровые данные из образцов почвы. Основанием для использования VRC являются правильно проведенные GPS-измерения и точно отобранные образцы почвы. В системе VRV разбрасыватели удобрений, управляемые бортовыми компьютерами, соединенными с GPS-модулями, оснащены системами автоматического изменения количества удобрения, подаваемого на распределяющие диски. Изменение дозы происходит автоматически на основе информации, предоставляемой системой VRA. Неотъемлемым элементом системы являются приложенные карты с назначенными дозами удобрений, разработанные на основе карт урожайности, содержания минералов в почве, электромагнитной проводимости почвы и показателей состояния и количества биомассы растений [19, 20].

Описанную выше технологию дополняет использование беспилотных летательных аппаратов UAV (Unmanned Aerial Vehicle), которых обычно называют «дроны». Они управляются дистанционно или

автоматически. Они могут быть оснащены камерами, цифровыми фотоаппаратами и другими устройствами. UAV широко используются в сельском хозяйстве. Прежде всего, они используются для фотоинтерпретации аэрофотоснимков, что развивается в разных направлениях в течение многих лет.

Сделанные изображения позволяют определить участки, где, например, зерновые культуры уже созрели или еще зеленые, что, в свою очередь, является показателем плодородия почвы в данном месте и урожайного потенциала. На основе сделанных фотографий создается карта, которая затем будет коррелирована с почвенными, сельскохозяйственными картами или картами урожайности, образованными с помощью зерноуборочных комбайнов во время уборки зерновых культур. Такие карты позволяют определить места, где рост сельскохозяйственных культур не соответствует установленным нормам. Использование дронов для наблюдения полей также позволяет получать точную информацию о состоянии питания растений по вегетационным индексам NDVI и SAVI. На их основе можно создать специальные карты, которые используются для создания карт внесения удобрений и средств защиты растений.

Использование технологий точного земледелия для управления предприятиями и фермерскими хозяйствами. Элементом управления производством является оптимизация производственного процесса для обеспечения качества и снижения затрат. Важным фактором является получение полной и достоверной информации, необходимой для принятия эффективных решений. Решением этой проблемы являются инструменты Precision Farming, которые обеспечивают возможность получения и обработки данных из различных источников, в частности, от датчиков, расположенных на машинах. С помощью специальных программных приложений, таких как AGRO-NET и AGRO-MAP от компаний Agroscom и Claas, SGI от компании TopCop или программы Farm Works (от компании, являющейся отделением Trimble), пользователь может создать полную документацию производственных процессов в фермерском хозяйстве, а также обрабатывать данные. Такие программы делают возможным создавать карты урожайности для отдельных полей в хозяйстве, а затем карты внесения удобрений. Упомянутые программы имеют функции калькуляции издержек с возможностью их оптимизации. На основе имеющейся информации можно создавать планы процедур в фермерском хозяйстве и определять директивы для управляющих машинами [21, 22].

Все более популярными становятся системы для контроля работы машин и корректировки настроек ее отдельных рабочих узлов. С помощью беспроводной передачи данных можно управлять машинным парком из любой точки на земле, увеличивая качество и эффективность его работы. Специальные системы, основанные на спутниковой технологии и специальном программном обеспечении, такие как TELEMATICS (Claas), Connected Farm (Trimble), JD Link (John Deere) или AGROCONTROL (от российской компании Agrossturman), позволяют отслеживать движение агрегатов машин и транспортных средств, а также наблюдать за параметрами работы машин и инструментов, в том числе за расходом топлива [21, 22].

Наиболее важные преимущества использования системы отслеживания движения транспортных средств [23]:

- полный контроль работы машин в реальном времени, контроль времени, необходимого для выполнения данной операции, определение реального времени работы (операторов, водителей и оборудования), оценка выполненных разными группами задач, обнаружение злоупотреблений работниками с точки зрения ненадлежащего использования оборудования, учет рабочего времени сотрудников;
- контроль расхода топлива, отчеты о фактическом расходе топлива по отношению к заданному стандарту (созданному на основе рабочих параметров);
- контроль мест, где была выполнена работа, возможность готовить отчеты по результатам работы с определением места завершения работы, анализ отдельных процессов (длительность обсева, эффективное время работы соломорезки и т.д.);
- визуализация выполненных работ по точной, индивидуально разработанной цифровой карте обрабатываемой земли.

В Польше системы контроля машинного парка используются в сервисных компаниях, для которых информация, полученная от устройств, использующих GPS технологии, является надежной основой для расчетов с пользователями услуг [21].

Использование технологий точного земледелия для управления ресурсами предприятия. Основное преимущество точного земледелия – возможность использовать полученную информацию в принятии эффективных решений в процессе управления фермерским хозяйством. Инструмент, целью которого является поддержка принятия решений в хозяйстве – это веб-платформа 365 FarmNet. Новая платформа является источником знаний из разных областей сельского хозяйства, которые автоматически дополняются интернет-ресурсами. Она является своего рода связующим звеном между фермером и консультативными компаниями, чьи платными услугами он может пользоваться.

Платформа также включает в себя программное обеспечение, которое используется для управления фермерским хозяйством. Оно делает возможным создавать карты полей в фермерском хозяйстве со списком сделанных процедур и использованных средств производства. Таким образом, фермер может создать полную документацию производственного процесса в фермерском хозяйстве. Данные, содержащиеся на платформе, архивируются, и они защищены от кражи. Прикладные программы позволяют сортировать данные для того, чтобы, например, определить используемые при выращивании данных культур средства производства. Такие данные могут быть предоставлены консультанту, который посоветует соответствующую программу внесения удобрений или химической защиты.

Платформа FarmNet предоставляет надежную информацию о погоде; благодаря консультационным услугам фермер может без отсрочки получать предупреждающие сообщения о возможной опасности грибковых заболеваний или наличии вредителей. Доступный в рамках FarmNet опцион – возможность приобретения информации, полученной от устройств, использующих спутниковые технологии. Фермер может с помощью платформы заказать услугу по ежедневному мониторингу развития биомассы на данном поле. Таким образом, с помощью специального программного обеспечения, он может прогнозировать урожайность, и, благодаря консультационным услугам, он может планировать уровень и сроки внесения удобрений и средств химической защиты. В настоящее время платформа FarmNet доступна в Германии, но в скором времени ее услугами смогут пользоваться сельхозпроизводители из других стран.

Заключение. Доступ граждан к глобальной системе позиционирования объектов (GPS) открыл совсем новые возможности в области сельскохозяйственной техники, находясь в основе использования системы точного земледелия при сельскохозяйственном производстве. Информационные системы, основанные на спутниковой технике, поддерживаемые наземным оборудованием, предоставляют широкие возможности для развития сельского хозяйства. Информационные технологии точного земледелия обеспечивают эффективное управление предприятием (фермерским хозяйством) на всех четырех уровнях управления производством.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Łobejko, S. Systemy informacyjne w zarządzaniu wiedzą i innowacją w przedsiębiorstwie. – Warszawa: SGH, 2005.
2. Mandal, S Kr. Precision Farming for Small Agricultural Farm: Indian Scenario // American Journal of Experimental Agriculture / S. Kr. Mandal, A. Maity – 2013. – № 3(1) – S. 200–217.
3. Minta, S. Rolnictwo precyzyjne jako nowoczesny sposób podniesienia konkurencyjności gospodarstw rolniczych-aspekty ekonomiczne i środowiskowe. Roczniki Naukowe SERIA. – T. 10, z. 3, 2008. –

- S. 403–406.
4. Леонтьев, А.А. Система спутникового мониторинга состояния полей и прогнозирования урожайности GEOMATICS. – № 2. – 2013. – С. 77–78.
5. Гриненко, С.П. Система точного землеробства як фактор підвищення конкурентоспроможності підприємницьких формувань / С.П. Гриненко // Економіка АПК. – № 6. – 2008. – С. 117–119.
6. Munack, A. Rolnictwo w trzecim tysiącleciu - bieżące trendy i nowe wyzwania w Inżynierii Rolniczej. Postępy Nauk Rolniczych. – № 3. – 2004. – S. 3–12.
7. Параллельное и автоматическое вождение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // <http://egps.ru/tech/>. – Дата доступа: 2010.
8. Составление карт полей, исследование почвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // <http://egps.ru/tech/>. – Дата доступа: 2010.
9. Білоусько, Я.К. Сільськогосподарське машинобудування: бути чи не бути? / Я.К. Білоусько, В.Л. Товстопят. – К.: ННЦ ІАЕ, 2010. – 160 с.
10. Roszkowski, A. Aktualne problemy rolnictwa precyzyjnego, Problemy Inżynierii Rolniczej. – № 3. – 1998. – S. 107–117.
11. Башилов, А.М. Управление аграрным производством на основе электронно-оптических технологий наблюдения, навигации и роботизации [Системы точного земледелия]. / А.М. Башилов // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве / Всерос. науч.-исслед. ин-т электрификации сел. хоз-ва [и др.]. – Москва, 2010. – Ч. 5. – С. 107–114.
12. Gozdowski, D. Rolnictwo precyzyjne / D. Gozdowski, S. Samborski, S. Sioma. – Warszawa: SGGW, 2007.
13. Шинделов, А.В. Аграрная техника для точного земледелия / А.В. Шинделов // Социально-экономическое развитие села и информационные технологии в науке и сельскохозяйственном производстве / Рос. акад. с.-х. наук, Сиб. регион. отд-ние. – Новосибирск, 2009. – С. 148–157.
14. Anonim Jazda równoległa-jaki stopień dokładności? // Agromechanika. – № 12. – 2012. – S. 22–25.
15. Ekielski, A. Nawigacja satelitarna, czyli jak to działa // Agromechanika. – № 12. – 2012. – S. 18–20.
16. Параллельное и автоматическое вождение [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – // <http://egps.ru/tech/>. – Дата доступа: 2010.
17. Хлян, Я. Практичні аспекти застосування космічних методів у моніторингу наволишнього сереловища // Геодезія, картографія та аерофотознімання: міжвідомчий науково-технічний збірник (Вип. 71). – Львів – 2009 – С. 78–80.
18. Banaszkiwicz, M. Zastosowanie technik satelitarnych w rolnictwie zrównoważonym – wybrane przykłady zastosowań / M. Banaszkiwicz, S. Lewiński, S. Aleksandrowicz, E. Woźniak, A. Kotarba, M. Krupiński // Problemy Inżynierii Rolniczej (VII–IX): z. 3 (77). – 2012. – S. 109–122.
19. Skudlarski, J. Precyzyjne nawożenie // Agromechanika. – № 12. – 2012. – S. 26–29.
20. Маринич, Л.А. Перспективы применения систем мониторинга в растениеводстве Беларуси: тенденции развития информационных технологий и электронного оборудования для полевой техники / Л.А. Маринич, И.Н. Шило, Е.И. Михайловский, А.В. Ленский, А.А. Кудревич, Беларус. сел. хоз-во. – 2010. – N 7. – С. 54–59.
21. Skudlarski, J. Smart Farming, czyli inteligentne rolnictwo // Agromechanika. – № 12. – 2012. – S. 14–17.
22. Абрамов, Н.В. Точное земледелие в системе ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых. Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве / Н.В. Абрамов; О.Н. Абрамов, С.А. Семизоров, С.В. Шерстобитов. – 2013. – С. 30–39.
23. Komarnicki, P. Wykorzystanie satelitarnego systemu GPS do monitorowania parametrów pracy pojazdów i maszyn w rolnictwie. Inżynieria Rolnicza. – № 4 (129). – 2011. – S. 135–142.

Материал поступил в редакцию 28.09.14

IZDEBSKI W., KORONCZOK J., SKUDLARSKI J., ZAJĄC S., HARDZEICHYK M.V. Applying of precision farming technology for production management in agricultural enterprises

This paper is theoretical in nature. The article deals with issues relating to the use of precision agriculture technologies for production management of agricultural enterprises and farms.