



Экономить при езде

Автоматические системы управления сельхозмашинами при правильном их применении приносят чистую прибыль

Ни один из элементов технологии прецизионного земледелия не распространяется в странах Восточной Европы так быстро, как автоматические системы управления. И для этого имеется веская причина: они позволяют в кратчайшие сроки сэкономить значительные средства. Как функционируют предлагаемые на рынке системы и на что надо обратить внимание при их применении поясняют д-р Райнхарт Швайбергер, Дива Энтерпрайз, г. Хуттурм (Германия) и Хендрик Ниман, Попечительский совет по технике и строительству в сельском хозяйстве (КТВЛ), Дармштадт (Германия).

Инвестиции в системы автоматического управления самоходными машинами в настоящее время находятся на повестке дня во многих крупных аграрных предприятиях России, Казахстана и Украины. Однако прежде чем принять решение о покупке одной системы, необходимо проанализировать, отвечает ли выбранное устройство требованиям по эксплуатационной надежности, удобству обслуживания и экономичности.

- Эксплуатационная надежность может быть ограниченной, если, например, из-за характера местности несколько раз в день связь со спутником при использовании GPS прерывается и это ведет к нежелательным паузам для проведения калибровки.
- Высокие требования предъявляются и к удобству обслуживания системы. Если операторы после длительного обучения все еще не могут справиться с системой управления, то радость от приобретения такой техники очень скоро улетучится.

- Кроме того, затраты на приобретение должны быстро окупаться. Для этого экономленные затраты за период эксплуатации должны, по крайней мере, компенсировать издержки системы.

Почти все распространенные системы управления сегодня используют систему глобального позиционирования GPS. Самой распространенной является система NAVSTAR (Navigation System for Timing and Ranging), эксплуатируемая Министерством обороны США. Текущая позиция управляемой машины при этом определяется на основе переработки поступающих на GPS-приемник координат и времени прохождения сигналов как минимум от четырех спутников. Получаемая при этом точность составляет около 5 м и является приемлемой для определения конфигурации поля без какой-либо последующей коррекции, но недостаточной для параллельного вождения. Кроме того, целый ряд источников внешних возмущений искажает сигналы.

С помощью специальных дополнительных корректировочных сигналов большинство источников внешних возмущений можно отфильтровать (дифференциальные GPS, DGPS). Дифференциальные поправки предлагаются на мировом рынке сегодня многими фирмами. Бесплатные сигналы позволяют достичь точности примерно около одного метра. Сигналы корректировки, обеспечивающие более высокую точность, являются платными. Стоимость их колеблется в пределах 1000 евро в год (табл. 1).

Тот, кто не хочет зависеть от этих систем и работает на крупных полях, может построить себе собственную базовую станцию. Благоприятное расположение станции обеспечивает прием скорректированных сигналов и точность до 2 см на удалении 15 км и более. В этом случае речь идет о системе коррекции сигналов Real Time Kinematik (RTK). Инвестиционные затраты на сооружение такой

станции находятся в пределах от 10 000 до 15 000 евро, зато после ввода ее в эксплуатацию платить взносы за пользование радиосигналами уже не нужно.

Более того, в России дополнительно работает система ГЛОНАСС. Информацию о возможностях ее использования в гражданских целях можно получить на сайте www.glonass-ianc.rsa.ru и у местных компаний, реализующих GPS-технику.

В наличии – широкий выбор

Современные системы управления можно подразделить на три вида: навигационные помощники, навигационные ассистенты и автопилоты. В табл. 2 представлена информация об их точности, сфере применения и фирмах-изготовителях.

Навигационные помощники не вмешиваются в процесс управления, а показывают водителю с помощью индикаторного табло траекторию движения и требуют при необходимости ручной корректировки. Для этого они располагают приборами, визуализирующими отклонения от заданного маршрута или указывающими точную траекторию въезда в следующую колею. Оптически, а в некоторых случаях и акустически, они «сообщают» водителю об имеющихся отклонениях от идеальной траектории, которые водитель может скорректировать, вращая рулевое колесо.

Наиболее дешевым решением для навигационного помощника является ис-

Табл. 1. Источники получения дифференциальной поправки и достижимая точность

Источник сигналов	Точность (повторяема)
EGNOS (бесплатно)	около 1 м
Omnistar VBS, John Deere SF1	менее 1 м
Omnistar HP, John Deere SF2	от 5 до 10 см
Сигнал станции RTK*	от 1 до 2 см

*до 500 мВт

пользование карманного персонального компьютера (КПК), который многие руководители уже используют для оперативной работы, например с картой полей. Для дооснащения и использования его в качестве навигационного помощника системы параллельного вождения необходимо дополнительно иметь соответствующее программное обеспечение, кронштейн для крепления в кабине, GPS-приемник с антенной и кабелем. Однако предлагаемые в обычных магазинах КПК имеют один недостаток: они не всегда приспособлены к условиям работы в сельском хозяйстве. Удары, падения, пыль, вибрация и т.п. – все это негативно сказывается на КПК. Маленький дисплей и ввод данных с помощью стилуса (пластикового «пера») тоже являются недостатками. Управлять машиной в режиме параллельного вождения, уставившись в «мышинный экран» КПК, – это многими водителями воспринимается как напряженная работа. Поэтому у некоторых систем имеется возможность подключения широкоэкранный дисплея (Lightbar), существенно улучшающего считываемость. Минимальная цена – менее 2 000 евро.

Навигационные ассистенты относятся к приборам следующей, более высокой степени точности и почти полностью освобождают водителя от управления. Начальная цена таких устройств составляет около 10 000 евро. Навигационные ассистенты берут на себя управление машиной, причем объектом воздействия здесь является рулевое колесо, а исполнительным механизмом – серводвигатель. Автоматическое управление осуществляется до тех пор, пока механи-

Совсем незаметен серводвигатель для автоматической корректировки траектории движения (Auto-farm).



Для формирования базовых линий система «Райххардт» использует GPS, ультразвук, копир и оптические сенсоры.

затор сам активно не включится в процесс управления. Навигационные ассистенты, так же как и навигационные помощники, могут переставляться с одной машины на другую, поскольку им ничего кроме электрического питания от машины не требуется. Однако после каждой перестановки водитель обязательно должен ввести основные параметры, такие как позиция антенны на машине и ширина захвата навесной машины.

Вариантом данной технологии является «переносное рулевое колесо», оснащенное встроенным серводвигателем, который невидимо устанавливается на или под специальным рулевым колесом. Указанные рулевые колеса подходят ко всем распространенным рулевым колонкам и их, таким образом, можно переставлять с машины на машину. Так как принцип их работы сравним с принципом работы фрикционного колеса на оригинальном рулевом колесе, настоящее их преимущество заключается в том, что исключается защемление пальцев между рулем и серводвигателем.

Автопилоты подключаются непосредственно к гидросистеме механизма управления и автоматически удерживают трактор на заданном маршруте. Они имеют максимальную точность, кото-

рая, конечно же, отражается на их цене, составляющей как минимум 20 000 евро. С точки зрения точности и комфорта автопилот является оптимальным решением. Непосредственная установка автопилота на механизм управления машиной как правило не допускает полной перестановки системы на другие машины. Однако некоторые производители предлагают отдельные унифицированные элементы автоматического управления, такие как терминалы (мониторы, дисплеи) или навигационные процессоры, которые можно применять на различных машинах. В некоторых странах дооснащение машин автопилотами требует проведения их экспертизы службой технического надзора и внесения соответствующих отметок в технический паспорт машины.

Эксплуатация автопилота достаточно несложна. Активирование автопилота происходит за счет нажатия кнопки. При достаточном приближении к следующей технологической колее система перенимает контроль над управлением и ведет агрегат по запланированным виртуальным линиям. Активное вмешательство водителя в управление агрегатом путем вращения рулевого колеса возможно в любой момент. Для преду-

Специалист по разбрасывателям минеральных удобрений

RAUCH

- высокая точность разбрасывания
- прост в регулировке
- наивысшее качество

www.rauch.de



Бизон

344093, Россия
Ростов-на-Дону
ул. Днепропетровская, 81/1
Тел./факс: +7 (86) 290-86-86 доб 309

Немецкая аграрная группа «DAG»

Варшавское Шоссе, 17
117105 Москва
Тел. +7 (095) 956 95 16

Агротрейд

Проспект Ленина, 11, оф. 202
603140 Нижний Новгород
Тел./факс: 007-8312-452-220



Внешний блок GPS фирмы «Агроком» (Agrosom) установлен на воздушных присосках на переднем стекле кабины трактора.



Серводвигатель устройства EZ-steer установлен на рулевом колесе и автоматически удерживает трактор на заданном маршруте.



КПК служит в качестве прибора-индикатора, показывающего отклонение машины от заданного маршрута (Isagri).



Прибор LH Agro Centerline 220 показывает заданную траекторию и количество находящихся на связи спутников DGPS (слева).

преждения ошибок системы при движении по дорогам общего пользования в некоторых странах необходимо дополнительно установить ряд технических средств обеспечения безопасности, таких как, например, конечный выключатель на сиденье и ограничитель скорости.

Следующий шаг в развитии автоматических систем управления – это использование их для автоматизации процессов маневрирования. Прототип полевого робота «Джон Дир» (John Deere) представил уже несколько лет тому назад.

Параллельное вождение возможно и без GPS

Наряду с весьма амбициозной техникой на базе GPS в настоящее время существует целый ряд более простых и независимых от спутников систем параллельного вождения сельскохозяйственных машин: механические копиры-водители, ультразвуковые сенсоры и оптические устройства.

Автоматическое вождение по колее с помощью механических копирводителей уже давно используется как надежная техническая система и применяется на свеклоуборочных машинах и силосоуборочных комбайнах. На пропашных культурах успешно применяются пластмассовые и металлические копиры, способные противостоять высоким механическим нагрузкам. Автоматические помощники водителя на базе ультразвуковых сенсоров или видеокамер являются современными разработками и предлагаются, например, фирмами «Агроком» (Agrosom) и «Райххардт» (Reichhardt). Их преимущество в сравнении с GPS заключается в том, что они не имеют проблем с экранированием радиоволн, погрешностями и могут обходиться без дорогих служб коррекции сигналов.

- Системы «Райххардт» используются в основном в овощеводстве, поскольку здесь из-за низких рабочих скоростей у работающих на базе GPS приборов могут возникнуть проблемы. Ультразвуковые сенсоры зондируют оптические линии, образованные, например, рядами растений, валками, технологической колеей или насыпями, перерабатывая полученную информацию в сигналы автоматического управления. Точность управления составляет здесь +/- 3 см.

- С помощью двух объективов установленной на приборах «Агроком» стереокамеры «Ай-Драйв» (EYE-Drive) также можно распознавать пространственные линии. Стоимость приборов составляет от 10 000 до 15 000 евро.

Двигаться не только прямо

Навигационные помощники, навигационные ассистенты и автопилоты обеспечивают не только прямолинейное движение. В зависимости от формы поля или протекания технологического процесса возможны следующие способы движения.

- В простейшем случае водитель проезжает вначале первый ряд без корректировки управления, отмечая ручную начальную (А) и конечную (В) точки. Связывая эти две точки, система формирует линию (АВ) и запоминает ее как опорную (базовую) линию. На ее основе можно с учетом ширины захвата агрегируемой машины рассчитать координаты последующих параллельных рядов и представить их водителю. Расширением концепции движения на основе базовой линии АВ является концепция проезда по загонам. И здесь на основе первого базового прохода рассчитываются координаты для прохода машины «через одну ширину захвата» (или через две). Таким образом предотвращается ненужное маневрирование, и агрегат быстрее возвращается в работу. Тем самым сильно сокращается время, затрачиваемое на повороты.

- Поскольку сельскохозяйственные угодья не всегда прямоугольны, а расположены зачастую вдоль рек или дорог, предусмотрен так называемый контурный режим. Этот режим позволяет запомнить и использовать в качестве опорной линии криволинейную траекторию первого (или последнего) рабочего прохода.

- Применение в качестве опорных линий окружностей при обработке круглых участков (дождевание по кругу или скашивание травы от середины к периферии) завершает комплектование набора возможных вариантов движения.

Почти все существующие в настоящее время системы управления могут реализовать все три способа движения (по прямой линии АВ, по криволинейному контуру, по кругу). Вышеназванные новые системы в ближайшее время полностью вытеснят при проведении полевых работ и работ по уходу за лугопастбищными угодьями традиционные следоукладатели, такие как механические маркеры, пеномаркеры и переносные мерные штанги: они значительно точнее, их можно использовать и ночью, они пригодны для применения почти на всех видах работ и могут зачастую даже непосредственно использоваться для управления машиной.

Необходимая точность выбранной системы управления зависит, однако, от того, на какой работе система будет использоваться. Например, при внесении известковых удобрений широкозахватным разбрасывателем по стерне точность навигационного помощника, составляющая около 30 см, является вполне достаточной. Использование системы коррекции сигналов RTK здесь не требуется, поскольку равномерность распределения материала повысить нельзя, да и свойства вносимого материала более точного распределения не позволяют. Напротив, при пунктирном посеве требуемое расстояние между рядами могут обеспечить только высокоточные системы с поправками DGPS. И при возделывании овощных и пропашных культур использование систем с погрешностью, превышающей 3 см, исключено.

Экономические аспекты

Для того чтобы сделать однозначное заключение о рентабельности систем параллельного вождения, требуется учесть параметры всего предприятия в целом, это означает, что необходимо

	Помощники	Ассистенты	Автопилоты
Точность (абсолютн.)	50 до 300 см	10 до 80 см	2 до 5 см
Точность (из колеи в колею)	~ 30 см до 10 см с DGPS (EGNOS)	30 см до 5 см с Omnistar HP, или Starfire SF1/2	до ~ 5 см с Omnistar или SF2 до 2 см с RTK-DGPS
Сфера применения	Внесение удобр. на лугах и пастбищах, известков., разбрасыв. орг. удобр., дождевая/сплошная аппл. СЗР, почвообработка	луга и пастбища, почвообработка, уборка, возможно посев	повсеместно
Уменьшение нагрузки на водителя	низкое	высокое	высокое
Управление	ручное	автоматическое	автоматическое
Цена, нетто	от 1800 евро до ~ 8 000 евро	от 9 000 евро до ~ 19 000 евро	от 10 000 евро (DGPS) до ~ 40 000 евро (RTK)
Фирма-изготовитель, (выборка)	Agrocom Autofarm Farmworks John Deere Lacos Müller-Elektronik Trimble TeeJet LH Agro	Autofarm John Deere Reichhardt Trimble	AGCO Agrocom Autofarm John Deere TeeJet LH Agro Müller-Elektronik Reichhardt Trimble
Совместимость	на тракторах и самоходных машинах всех производителей	на тракторах и самоходных машинах почти всех производителей	на тракторах и самоходных машинах с гидравлическим управлением всех производ. возможна установка систем Agrocom, Autofarm, LH-Agro, Reichardt, Müller, TeeJet и Trimble. Системы AGCO и John Deere специфичны для машин марок этих концернов.

Табл. 2. Точность и сфера применения различных систем управления

Аккредитованный поставщик ОАО "РосСельхозБанк"
ТЕХНИКА
ГАРАНТИЯ
СЕРВИС

АгроКапитал
ПАРТНЕРСТВО, ОСНОВАННОЕ НА ДОВЕРИИ

Смоленск: +7 (4812) 27-26-07, 27-26-09, 27-04-04, 69-94-40
Москва: +7 (495) 586-91-74, 589-02-63, +7 (916) 671-36-12

Белгород: +7 (910) 320-36-78
Минск: +375 (17) 280-34-93, +375 (29) 335-15-55, 645-55-20

провести индивидуальные расчеты с учетом загрузки систем, направления производственной деятельности хозяйства, его размеров и состава МТП. Поскольку системы управления особенно большую выгоду сулят на культурах, возделываемых без технологической колеи, необходимо также учесть возможное наличие в хозяйстве лугопастбищных угодий.

Конкретно возможная экономия определяется рабочей операцией, шириной захвата и скоростью движения орудия, а также условиями видимости. Если ширина машины используется полностью, то повышается ее производительность, снижаются переменные затраты и уменьшается время работы. Поясним это на следующем примере.

Если для обработки стерни (11 км/ч) применяется культиватор с рабочей шириной захвата 4,50 м, то, опираясь на опыт, следует исходить из того, что фактически могут использоваться лишь 4 м. При восьмичасовом рабочем дне и с учетом расхода времени на техобслуживание, повороты, перерывы и перегоны можно обработать около 20 га. Суммируя переменные машинные затраты и зарплату, получим 23,71 евро/га. За счет использования системы параллельного вождения, которая обеспечит рабочую ширину захвата 4,45 м, затраты снижаются до 22 евро/га. Таким образом можно сэкономить 1,55 евро/га. И дневная производительность повысится на 2 га.

По вопросу экономической эффективности систем параллельного вождения имеется достаточно много различных исследований и модельных расчетов. При этом зачастую расчет ведется по отдельным рабочим операциям, и затем на основе полученной производительности определяется минимальная годовая загрузка в гектарах или часах. Однако наиболее достоверную информацию можно получить только при рассмотрении всего производственного процесса. Также сильно варьируют данные по срокам службы приборов. В отдельных случаях учитывается лишь потенциал экономии на тракторе и соответствующей машине. Такие статьи затрат, как зарплата или другие оборотные средства в различных опубликованных материалах зачастую тоже не учитывались. Поэтому и не удивительно, что приводимые в литературе данные по годовой загрузке колеблются от 100 до 1000 га.

Нельзя упускать из виду и относительную предпочтительность обрабатываемой культуры. Если, например, использование системы управления на овощах или спарже оправдывается уже при 100 га, то на зерновых культурах из-за меньшей выручки требуется значительно большая площадь. Если же несмотря на все это попытаться дать общие рекомендации, то можно утверждать следующее: применение навигационных помощников оправдывается при 100 га, навигационные ассистенты должны окупаться в

Центральной Европе при 350 га, а для автопилотов требуется как правило более 500 га, чтобы оправдать сделанные инвестиции в приемлемые сроки.

Резюме

Системы управления доказали свою практическую пригодность, а достигаемая при их использовании точность является вполне удовлетворительной, так что от слепоуказателей и устройств для пенной маркировки можно отказаться. Прецизионные системы, однако, недешевы, да и рынок систем параллельного вождения на первый взгляд недостаточно хорошо обозрим. В целом, системы управления помогают снизить переменные затраты за счет увеличения эксплуатационной ширины захвата орудий. Системы с точностью около 30 см в зависимости от вида операции и условий видимости уже могут принести значительный экономический эффект.

НСХ

Эта статья подготовлена в рамках проекта «Трансферт Precision Farming», являющегося частью совместного научно-исследовательского проекта «Информационно-управляемое растениеводство с Precision Farming как основное по содержанию условие и техническая предпосылка для устойчивого развития сельскохозяйственного землепользования» (pre agro II, www.preagro.de). Проект поддерживается Федеральным министерством образования и науки (BMBWF).

На сайте www.ktbl.de Вы найдете подробную информацию по прецизионному земледелию на немецком языке. Контакт с автором: «Попечительский совет по технике и строительству в сельском хозяйстве KТВL» (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. – KТВL), господин Хендрик Ниманн (Hendrik Niemann)

Факс: + 49-6151-7001-204, E-mail: h.niemann@ktbl.de

Примеры удачных решений

Немецкие фирмы по продаже техники «Кейс» (Case) – «Гератех» из г. Геры и «Пфайффер Ландтехник» из г. Риххайма – смонтировали базовую станцию для корректировки сигналов RTK (Аутофарм) на башне высотой 35 м. Дифференциальными поправками этой станции могут пользоваться предприятия в радиусе до 20 км. Два крупных аграрных предприятия из данного региона пользуются указанными сигналами для точного выполнения технологического процесса, уплатив одноразовый взнос за каждую систему управления.



Автоматическая система управления «Ультра Гайденс PSR» (Ultra Guidance PSR) фирмы «Райххардт» для регистрации направляющих линий использует наряду с GPS и другие сенсоры, такие как ультразвук, механические копиродители и видеокамеры. До 8 машин на предприятии пользуются автоматическим управлением. Модульная концепция обеспечивает гибкое использование этой системы. Например, одно крупное овощеводческое предприятие в Ольденбургском Мюнстерланде (Германия) использует сразу 10 таких систем. На снимке: Ultra Guidance PSR в исполнении SKY (GPS) и SONIC (ультразвук) на самоходном шасси «Мацотти» (Mazotti).



На полях хозяйства «Больдевиц», расположенного на немецком острове Рюген в Балтийском море, два года эксплуатируется автопилот «Тримбл» (Trimble). Для того чтобы исключить проблемы, связанные с приемом спутниковых сигналов корректировки из-за экранирования окраинной леса и кустарником, фирмой «Агри Кон» (Agri Con) создана постоянная базовая станция RTK. Она смонтирована на зерносушильной установке высотой 22 м и обеспечивает на всей территории предприятия (максимальное удаление 13 км) устойчивый прием корректировочных сигналов. И здесь дифференциальными поправками этой станции могут пользоваться другие предприятия.