

### Выводы

1. Совершенствование раздельной и двухфазной уборки хлебов в республике может быть обеспечено путем разработки универсальной 6-метровой жатки к реверсивному трактору, обеспечивающей при скашивании высокоурожайных хлебов укладку массы в одинарный валок, а при уборке хлебов с урожайностью менее 25-30 ц/га – в двоярные валки.

2. Ширина выбросного окна для валковой жатки с захватом 6 м должна составлять 1,35 м.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванцов, В.И. Валковые жатки / В.И. Иванцов, О.И. Солощенко. – М.: Машиностроение, 1984. – 200 с.

2. Гриньков, С.Г. Номограммы для определения массы погонного метра валка и степени его сушки / С.Г. Гриньков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / ЦНИИМЭСХ. – Мн.: Урожай, 1970. – Вып.10. – С.176-181.

3. Баранов, А.А. Валковые жатки российского производства. / А.А. Баранов, В.П. Козубов, А.В. Авдеев // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1998. – № 2.

4. Пиуновский, И.И. Уборка зерновых культур / И.И. Пиуновский // Вопросы технологии механизированного сельскохозяйственного производства, ч. II. – Мн.: Урожай, 1967. – С.

5. Протокол приемочных испытаний жатки валковой тракторной ЖТ-6 №127 от 31.12.04/ ГУ «Белорусская МИС».

УДК 631.559:551.5 (470.31)

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 10.08.2009

## СИСТЕМЫ ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А.В. Клочков, докт. техн. наук, профессор, А.Е. Маркевич, канд. техн. наук,  
доцент (УО БГСХА, г. Горки)

### Аннотация

*Приведен анализ существующих и разрабатываемых спутниковых систем глобального позиционирования и обоснованы пути их использования в сельскохозяйственном производстве.*

### Введение

Системы точного земледелия получают все большее распространение в различных странах мира. При этом каждое сельскохозяйственное поле рассматривается как неоднородное по рельефу, почвенному составу и агрохимическим характеристикам. С учетом полученных данных предполагается применение различных агротехнологий для каждого специфического участка поля. В общей технологии возделывания полевых культур необходимые этапы выполняются с корректировкой на локальные условия отдельных участков поля. Предусматривается также система «обратной связи» с анализом величины полученного урожая по отдельным участкам поля. Наряду с обеспечением ровного по площади состояния растений, указанные меры создают условия рационального использования регулируемых факторов продуктивности, оптимальное потребление элементов питания. Создаются также предпосылки для обеспечения экологической безопасности применяемых технологий.

Практическое использование данных по состоянию отдельных участков поля стало возможным благодаря применению компьютерных устройств на мобильных агрегатах и спутниковой глобальной системы GPS позиционного определения места нахождения источника информации. Данные устройства позволяют наносить на карту поля ситуацию по характеристикам условий возделывания или итоговому урожаю по отдельным участкам.

### Основная часть

#### Краткая характеристика современных навигационных систем

*Global Positioning System (GPS)* [1] – спутниковая навигационная система США, состоящая из работающих в единой сети 24 спутников, находящихся на 6 орбитах, высотой около 17000 км над поверхностью земли. Спутниковая система GPS известна также под другим названием – NAVSTAR.

*NAVSTAR GPS* (NAVigation Satellites providing Time And Range; Global Positioning System) — обеспечивающие измерение времени и расстояния навигационные спутники; глобальная система позиционирования. Система позволяет в любом месте Земли, при любой погоде определить местоположение и скорость объектов, разработана, реализована и эксплуатируется Министерством обороны США. Основной принцип использования системы — определение местоположения путем измерения расстояний до объекта от точек с известными координатами – спутников.

*GLONASS – Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС)* – российская спутниковая система навигации [2]. Основой системы должны являться 24 спутника, движущихся над поверхностью земли в 3-х орбитальных плоскостях с наклоном 64,8° и высотой 19100 км. Принцип измерения аналогичен американской системе GPS (NAVSTAR).

### Создаваемые системы навигации

*GALILEO (ГАЛИЛЕО)* — европейский проект спутниковой системы навигации [3]. Европейская система предназначена для решения навигационных задач для любых подвижных объектов с точностью менее одного метра. Ныне существующие GPS-приемники не смогут принимать и обрабатывать сигналы со спутников Галилео, хотя достигнута договоренность о совместимости и взаимном дополнении с системой NAVSTAR GPS третьего поколения. Так как финансирование проекта будет осуществляться, в том числе, за счет продажи лицензий производителям приемников, следует также ожидать, что цена их будет несколько выше сегодняшней.

*COMPASS BEIDOU (КОМПАС)* — спутниковая система навигации, созданная в Китае [4]. В 2000 г. включала в себя 2 спутника, расположенных на геостационарной орбите, и обеспечивала определение географических координат в Китае и на соседних территориях.

Система *Компас* (также известная как *Beidou-2*) не расширение к ранее развернутому *BEIDOU*, а новая система, подобная в принципах работы на GPS и Galileo.

*The Indian Regional Navigational Satellite System (IRNSS)* — индийская региональная навигационная спутниковая система. Разрабатывается индийской организацией по исследованию космоса (Indian Space Research Organization), контролируемой правительством Индии. Предполагается небольшим количеством спутников обеспечить точность местоопределения объектов (менее 20 м) на всей территории Индии и в радиусе 2000 км за ее пределами. Спутниковая группировка IRNSS будет состоять из семи спутников на геосинхронных орбитах.

*QZSS (Квази-Зенитная Спутниковая Система)* — предполагается как региональная система передачи времени с тремя спутниками и расширение для GPS, которая была бы доступна в пределах Японии.

### Точность систем навигации

Минимальная погрешность американской системы GPS составляет 3 м и зависит от качества GPS-приемника, погодных условий, окружающего ландшафта и многих других факторов. США планирует вывести на орбиту новое поколение навигационных спутников и к 2013 г. повысить точность определения координат до 1 м.

В настоящее время погрешность определения координат в системе ГЛОНАСС составляет порядка 50 м при использовании спутников «Глонасс» и порядка 15 м для спутников «Глонасс-М» с улучшенным бортовым стандартом частоты. К 2010 году планируется обеспечить точность до 5 м.

Подобные погрешности исключают возможность использования систем навигации в сельском хозяйстве. Для повышения точности необходимо использовать, так называемый, DGPS сервис, обеспечивающий получение дополнительных дифференциальных поправок, уточняющих местоположение GPS-приемника.

*DGPS (Differential Global Positioning System)* — дифференциальная система GPS. Используется для исключения атмосферных искажений сигнала на приемниках. Сигналы DGPS коррекции посылают пользователям по радио (рис. 1). Основные источники сигналов DGPS — это радионавигационные маяки и

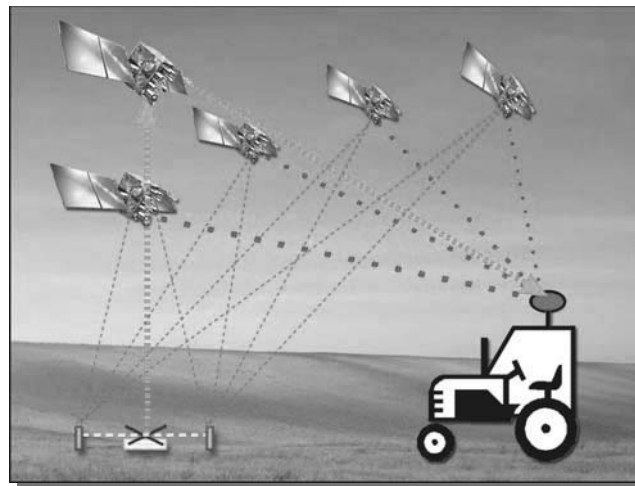


Рисунок 1. Схема передачи сигналов в системе DGPS

спутники на геостационарной орбите. Сигналы дифференциальной коррекции от радиомаяков передаются на средних частотах (283,5-325 кГц). Радиосигналы на этих частотах подвержены отражению от земной поверхности. Поэтому холмистая и горная местность обычно не влияет на прием сигнала.

### Возможные системы навигации для сельского хозяйства

На данном этапе развития сельскохозяйственной техники и соответствующих технологий наиболее перспективным является использование системы глобального позиционирования для обеспечения параллельного вождения агрегатов для защиты растений и внесения удобрений с заданным смещением относительного предыдущего прохода. При их использовании технологические операции выполняются с минимальными перекрытиями, экономятся удобрения и средства защиты растений, рабочее время. Это позволит отказаться от использования технологической колеи или пенных маркеров. Использование систем параллельного вождения облегчает работу оператора, позволяет работать в темное время суток и в условиях плохой видимости.

Системы параллельного вождения подразделяются на курсоуказатели, системы подруливания и устройства автопилотирования.

Курсоуказатели являются наиболее простыми устройствами и показывают на светодиодной панели или жидкокристаллическом экране отклонение агрегата от требуемой траектории. Стоимость таких устройств составляет 2500-4500 EUR.

Системы подруливания подключаются к рулевому управлению машины и самостоятельно ведут аг-

регат по заданной траектории. Стоимость таких устройств обычно превышает 15 000 EUR.

Системы автопилотирования обеспечивают автоматическое управление агрегатом, включая работу в загоне и развороты. Их стоимость составляет до 45 000 EUR.

Наиболее реально использование простых систем с курсоуказателями. Среди них известны следующие устройства: CenterLine 220/230 фирмы «TeeJet-LH», Track-Guide фирмы «Muller Electronic», Green Stare фирмы «John Deere», EZ-GUIDE 250/500 фирмы «Trimble», OUTBACK и E-Drive фирмы «AGROCOM».

Например, GPS-курсоуказатель CenterLine 220 с линейкой светодиодов использует высококачественный GPS-приемник WAAS/EGNOS и дополнительно включает универсальный GPS-курсоуказатель в виде компактного переносного блока. Имеет навигационный курсоуказатель с линейкой светодиодов плюс графический дисплей для выдачи полной информации о выдерживании направления движения, а также высококачественный встроенный GPS-механизм с наружной антенной и износостойкую клавишную панель с фоновой подсветкой, легко различимой даже при недостаточном освещении.

Простота настройки позволяет без затруднений начать пользование системой, при помощи которой можно устанавливать режимы движения по прямой (параллельным курсом) и по криволинейной траектории. Встроенная функция прогнозирования позволяет предвидеть будущее положение транспортного средства, также существует функция возврата к заданной точке, обеспечивается подача на выход сигнала скорости, полученного от радарного определителя для использования с другими системами, которые требуют сигнала скорости движения относительно поверхности почвы.

Курсоуказатель Track Guide фирмы «Muller Elektronik» имеет цветной дисплей, информация с которого легко читается при любых условиях. Внизу дисплея графически отображается машина с ее соответствующим курсом. При желании изображение можно увеличить.

После проезда вокруг поля рассчитывается площадь поверхности и определяется граница. Система также позволяет пометить препятствия, при приближении к которому появляется звуковой сигнал и визуальное предупреждение.

Прибор оснащен встроенной памятью, которая способна сохранять как информацию о границах поля, так и местонахождение препятствий и линии прохождения каждого поля. Кроме этого, имеется функция, позволяющая присваивать и регистрировать названия полей. Прерванный рабочий процесс может быть сохранен и возобновлен в любое время.

Обеспечиваемые преимущества: меньшее количество перекрывающих полос, экономия продукта, топлива и повышенная производительность. Сокращение огрехов снижает возможность потери урожая, обеспечивает предупреждение о препятствиях и защите от расходов на ремонт.

Производилась сравнительная оценка [5] указанных в таблице систем точности работы с использованием системы навигации DGPS EGNOS. Оценка осуществлялась по количеству осталяемых огрехов и допускаемых перекрытий (рис. 2). Площадь поля составляла 10 га. Исследовалась работа опрыскивателей захватом 24 м при скорости движения 10 км/ч за

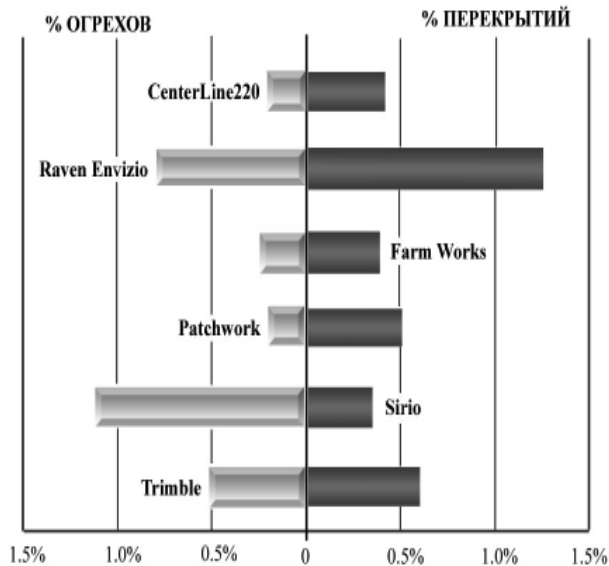


Рисунок 2. Результаты сравнения различных курсоуказателей по величине огрехов и перекрытий

5 проходов по параллельным линиям. Шаг замеров точности вдоль линии движения составлял 1 м.

Результаты замеров показали, что большую сумму баллов (80 из 100 возможных) имеют системы CenterLine 220 и Trimble. Более низкие показатели по точности обеспечивали устройства Raven Envizio (76 баллов) и Sirio (58 баллов). В большинстве случаев количество огрехов и перекрытий находилось в пределах 0,5%, что характеризует достаточно высокую точность работы сравниваемых устройств.

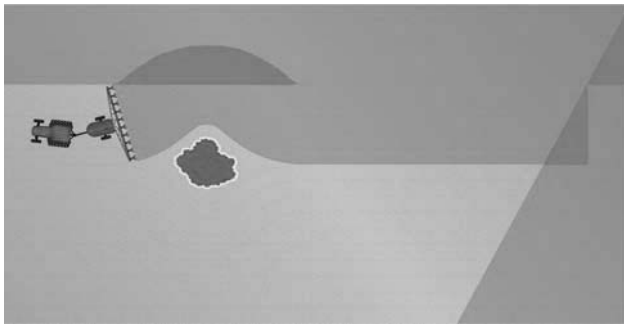
#### **Расширенное использование навигационных систем**

В настоящее время многие системы параллельного вождения интегрированы в компьютерные блоки управления нормой внесения рабочей жидкости опрыскивателей. Например, компания «Teejet» предлагает систему CenterLine 230 Boom Pilot, позволяющую автоматически управлять штангой (рис. 3) посредством отключения секций, выполняющих перекрытие (повторную обработку посевов).

Стоимость подобных интегрированных систем практически не отличается от стоимости исходных компонентов, однако их практическая выгода очевидна (исключение ошибок вождения агрегата, экономия пестицидов, горюче-смазочных материалов и времени).

#### **Эффективность систем GPS**

Экономическая эффективность от применения систем GPS в Республике Беларусь была оценена фирмой «Белросагросервис» и складывалась с учетом



*а*



*б*

*Рисунок 3. Использование GPS навигации без управления штангой (а) и с системой Boom Pilot (б)*

переменных издержек на технику, горюче-смазочных материалов, семян, удобрений и средств защиты растений, затрат рабочего времени.

На предлагаемом первом этапе внедрения оборудования для точного вождения машинно-тракторных агрегатов главным преимуществом является уменьшение перекрытий между отдельными проходами.

Расчеты фирмы «Белросагросервис», сделанные на основании справочника КТБЛ – планирование предприятия и КТБЛ – стандартные калькуляции маржинального дохода, проводились со следующими параметрами: 10 % перекрытий кроме посева и работы с технологической колеей (5%); технология производства пшеницы озимой без вспашки; размер участка 5 га.

Для описанной выше технологии экономия составит: 0,31 ч-часов/га рабочего времени; 6,12 EUR/га – переменных издержек, из них 3 л/га – дизельного топлива по цене 85 центов/л. К этому добавится экономия семян, удобрений и средств защиты растений. 3,2 EUR/га – стоимость семян; 5,0 EUR/га – азотных удобрений; 11,6 EUR/га – основных удобрений; 5,4 EUR/га – средств защиты растений.

При стоимости оборудования 20 000 EUR и сроке амортизации 10 лет, а также с учетом годовой стоимости эксплуатации 3 000 EUR безубыточность использования данной системы обеспечивается при размерах хозяйства 180-300 га.

Реальной цифрой для дальнейших расчетов может быть информация о 3,4-10,0% перекрытий при работе по традиционным технологиям.

Проверка в условиях Могилевской области показала наличие на посевах с технологической колеей перекрытий в пределах 3,8-5,2% площади. В численном выражении типичная величина перекрытий при ширине технологической колеи 12 м составляет 45,2-62,3 см.

Системы управления фирмы «JOHN DEERE», по информации производителя, сокращают перекрытия на 10%. Реальная точность вождения систем CenterLine (США) и TRACK-Guide (Германия), которые предлагаются для Республики Беларусь, составляет 30 см.

Таким образом, возможное перекрытие площади может быть уменьшено до 2,7-3,0%. Разница между эффектом работы с технологической колеей и применением системы GPS составляет 1,1-2,2%. В условиях реальной эксплуатации сельскохозяйственной техники данная величина может быть не существенна для получения экономического эффекта и окупаемости системы вождения с GPS.

### **Заключение**

Достижение окупаемости устройств с GPS предполагается, прежде всего, на высокопроизводительных самоходных опрыскивателях. Эффективность применения курсоуказателей может особенно проявиться при работе с глифосатосодержащими препаратами, когда отсутствует возможность использования технологической колеи. Незаменимость рассматриваемых систем может быть также обеспечена при значительных объемах внесения минеральных удобрений центробежными рассеивателями, где нет других возможностей обеспечения заданной точности распределения удобрений по полю.

С учетом всего комплекса социально-экономических факторов и приоритетов современного сельского хозяйства Республики Беларусь, а также значительной стоимости оборудования системы GPS (от 2500-4500 до 15000-45000 EUR за комплект) существуют сомнения в целесообразности массового применения систем точного вождения агрегатов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. National Space-Based Positioning, Navigation, and Timing Coordination Office [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gps.gov>. – Дата доступа: 30.07.2009
2. Информационно-аналитический центр Федерального космического агентства РФ [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.glonass-ianc.rsa.ru>. – Дата доступа: 3.08.2009.
3. Материал из Википедии [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Galileo>. – Дата доступа: 30.07.2009.
4. Материал из Википедии [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http://en.wikipedia.org/wiki/Compass\\_navigation\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Compass_navigation_system). – Дата доступа: 3.08.2009.
5. А. Pearce. GPS test. // Farmers Weekly. 24.08.2007. – P. 58-65.