Обзор и выбор бесконтактных измерительных преобразователей высоты рабочих органов сельскохозяйственных машин

Абдазимов А.Д.- проф., Атажанова М.М.-доц., Ниязов М.А.-соискатель
Ташкентский государственный технический университет

Автоматизация точного земледелия требует постоянного контроля положения рабочих органов (сошников, режущих аппаратов, штанг опрыскивателей, уборочных аппаратов) сельскохозяйственных машин (СХМ) относительно микрорельефа поля. Бесконтактные датчики - это «глаза» системы управления, которые позволяют технике адаптироваться к неровностям на ходу.

1. Основные типы датчиков

Для контроля высоты и положения рабочих органов СХМ используют три основные технологии:

Ультразвуковые датчики (Sonar):

Принцип: Измеряют время возврата отраженного звукового сигнала.

Плюсы: Нечувствительны к цвету поверхности и пыли (до определенного предела), доступны по цене.

Минусы: На точность влияют сильный ветер, температура воздуха и густота стеблестоя (могут срабатывать от верхушек растений, а не от земли).

Лазерные датчики (LiDAR / ToF):

Принцип: Измерение времени полета светового луча.

Плюсы: Высочайшая точность и мгновенная реакция. Позволяют строить 3D-профили поверхности.

Минусы: Сбоят в условиях сильной запыленности или густого тумана, чувствительны к загрязнению линзы.

Радарные датчики (FMCW):

Принцип: Использование радиоволн миллиметрового диапазона.

Плюсы: Самые надежные в тяжелых условиях. «Видят» сквозь пыль, дождь, туман и даже через редкую растительность непосредственно поверхность почвы.

Минусы: Высокая стоимость и более сложная обработка сигнала.

2. Критерии выбора

При выборе преобразователя для конкретного узла сельхозмашины следует ориентироваться на следующие параметры:

Рабочая дистанция: для жаток это 10–50 см, для штанг опрыскивателей — до 2–2.5 метров.

Степень защиты: минимум IP67/IP69K. Датчик должен выдерживать мойку под давлением и воздействие агрохимии.

Интерфейс передачи данных: Стандартом является CAN-шина (J1939 / ISOBUS), что позволяет легко интегрировать датчик в общую систему управления трактором. Аналоговые выходы (4–20 мА или 0–10 В) уходят в прошлое.

Частота обновления данных: Для работы на высоких скоростях (15–25 км/ч) требуется частота опроса не менее 50–100 Гц.

3. Рекомендации по применению

Для кормо- и зерноуборочных комбайнов, прицепных косилок (контроль высоты среза):Оптимально сочетание ультразвуковых датчиков с механическими копирами или использование радарных систем для работы в условиях сильной пыли. Такое же сочетание рекомендуется и для хлопкоуборочных машин для контроля высоты уборочного аппарата.

Для посевных комплексов: Лазерные ToF-датчики позволяют с миллиметровой точностью отслеживать глубину заделки семян.

Для опрыскивателей: лучшим выбором являются ультразвуковые датчики с функцией «отсечения» сигнала от растительности (Dual Echo), чтобы штанга ориентировалась по почве, а не по верхушкам сорняков.

Ниже представлен обзор ключевых производителей и моделей бесконтактных датчиков, наиболее часто используемых в СХМ.

Лидеры систем контроля высоты (готовые решения):

NORAC (Topcon): Серия UC7 / Hybrid Call

Особенности: Признанный мировой стандарт для опрыскивателей. Используют ультразвуковые датчики с технологией Hybrid Call, которая позволяет одновременно «видеть» и верхушки растений, и почву.

Trimble: Система GFX-750 / Field-IQ

Особенности: Комплексные решения, включающие ультразвуковые преобразователи для автоматического выравнивания штанг и контроля высоты среза. Высокая степень интеграции с GPS-навигацией.

Многие производители сельхозмашин (John Deere, CLAAS, PCM) используют в своих узлах компоненты следующих брендов:

Ifm electronic (ФРГ):Серия ecomatmobile.Модели: O3D (Smart 3D Sensor).

Преимущества: Эти 3D-камеры (на базе технологии ToF) позволяют не просто измерять расстояние в одной точке, а видеть весь рельеф перед рабочим органом. Датчики серии ecomat разработаны специально для мобильной техники: выдерживают вибрации, перепады температур и мойку горячей водой (IP69K).

Pepperl+Fuchs(ФРГ): Серия UC(Ultrasonic) Модель: UC2000-F42-I-V15.

Преимущества: Популярный ультразвуковой датчик с широким температурным диапазоном и возможностью настройки зоны обнаружения. Часто применяется в системах контроля уровня в бункерах и для позиционирования навесного оборудования.

SICK (ФРГ): Серия DT (Laser Distance).Модели: DT35 / DT50.

Преимущества: Лазерные датчики среднего радиуса действия. Отличаются высокой стабильностью луча, что критично для контроля глубины хода сошников на сеялках.

Заключение

Выбор датчика - это баланс между стоимостью и условиями эксплуатации. Ультразвук остается «золотым стандартом» по соотношению цена/качество, однако для высокоскоростной и точной работы в сложных метеоусловиях будущее за радарными технологиями.