

Деформация нижнего слоя почвы s_n толщиной $t_n=25$ см с плотностью $\rho_{d0,n}=0,175$ г/см³ после прохода агрегата

$$s_n = \left(1 - \frac{\rho_{d0,n}}{\rho_{di,n}}\right)t_n = \left(1 - \frac{0,175}{0,225}\right) \cdot 25 = 5,55 \text{ см.}$$

Суммарная деформация обоих слоев

$$s = s_b + s_n = 3,35 + 5,55 = 8,90 \text{ см.}$$

Заключение

В результате исследований разработан метод оценки уплотнения торфяно-болотной почвы движителями сельскохозяйственных машин с использованием энергетических затрат в процессе проведения полевых механизированных работ. Плотность почвы предлагается прогнозировать на основании использования результатов динамических испытаний, проводимых в лабораторных условиях в приборе стандартного уплотнения. Для установившегося процесса динамического уплотнения низинного торфа со степенью разложения 25-50 % и зольностью 7-10 %, где прослеживается логарифмическая зависимость между величиной обратной плотности сложения и количеством ударов груза предложено уравнение и расчетные зависимости для количественной оценки показателей уравнения, позволяющие сократить количество проводимых лабораторных испытаний.

Плотность сложения почвы в полевых условиях рассчитывается исходя из сравнения расходов энергии из расчета на 1 м³ уплотняемого грунта в лабораторных и полевых условиях. Установление затрат механической энергии на уплотнение почвы сельскохозяйственными машинами определяется расходом химических энергоресурсов на выполнение технологической операции при проведении полевых механизированных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ногтиков, А.А. Влияние параметров МТА на уплотнение почвы / А.А. Ногтиков // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2004. – № 6. – С. 41-42.
2. Шупилов, Я.М. Уплотнение торфяного грунта при действии динамической нагрузки // Строительство: матер. Межд. науч.-техн. конф. «Геотехника Беларуси: наука и практика», Минск, 17-20 ноября 2003. – Мн.: БНТУ, 2003. – С. 169-172.
3. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учеб. пос. для с.-х. вузов / А.П. Ляхов [и др.]; под общ. ред. Ю.В. Будько. – Минск: Урожай, 1991. – 336 с.
4. Дрозд, П.А. Сельскохозяйственные дороги на болотах / П.А. Дрозд. – Мн.: Урожай, 1966. – 167 с.
5. Флорин, В.А. Основы механики грунтов / В.А. Флорин. – Т. 1. – Л. – М.: Госстройиздат,

УДК 629.113.001

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 11.03.2014

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НА СОВРЕМЕННЫХ ТРАКТОРАХ

В.П. Бойков, докт. техн. наук, профессор, А.И. Бобровник, докт. техн. наук, доцент (БНТУ);
С.А. Дорохович, аспирант (БГАТУ)

Аннотация

В статье рассмотрены достижения в области электронных систем курсовой устойчивости тракторов. Предложена сравнительная диаграмма скоростей мировых производителей тракторов, которая может служить в качестве показателей скорости и курсовой устойчивости тракторов с электронными системами курсовой устойчивости и без них.

Achievements in the fields of tractors electronic systems of directional stability are described in the article. A comparative chart of speeds of the world tractors manufacturers is offered there. And this chart can be served as the indexes of speeds and directional stability of the tractors with electronic systems of directional stability and without them.

Введение

В условиях возросших скоростей и интенсивности движения, а также существенного усложнения функций водителя значительно затрудняется управление транспортным средством. От водителя требуется большое нервное и физическое напряжение, приводящее к росту утомляемости, неуверенности в своих действиях, а в некоторых случаях и к аварийным ситуациям.

В связи с этими вопросами в последнее время получили первостепенное значение исследования,

связанные с изучением курсовой устойчивости движения трактора, направленные на изыскание оптимальных параметров скорости движения агрегата и курсовой устойчивости.

Целью данной работы является исследование целесообразности оборудования тракторов электронными системами курсовой устойчивости.

Задачей исследования является анализ использования электронных систем курсовой устойчивости современных тракторов и разработка рекомендаций для отечественных производителей тракторной техники.

Основная часть

Оборудование электронными системами энергонасыщенных тракторов имеет большое значение для сельскохозяйственного производства. Электронные системы курсовой устойчивости: (ESP) – электронная система динамической стабилизации; (ABS) – антиблокировочная система тормозов; (ASR) – антипробуксовочная система; (EBD) – система распределения тормозных усилий; (EDS) – электронная блокировка дифференциала, как легковых и грузовых автомобилей, так и тракторов приводит к улучшению курсовой устойчивости и управляемости, увеличению скорости движения, сокращению тормозного пути и снижению утомляемости водителя.

Принцип действия любой системы ABS заключается в поддержании узкого диапазона относительного скольжения (s) затормаживаемых колес, при котором обеспечивается высокое значение продольного коэффициента сцепления (φ_x) колес с дорожным покрытием. Благодаря этому также гарантируется достаточный запас боковой устойчивости, так как коэффициент сцепления в поперечном направлении (φ_y) в этом диапазоне имеет достаточную величину [1].

Зависимости продольного φ_x и поперечного φ_y коэффициентов сцепления от относительного скольжения s иллюстрируются так называемой $\varphi - s$ диаграммой. Типичные $\varphi - s$ диаграммы для дорожных шин в наиболее распространенных условиях движения представлены на рис. 1 [1].

Под величиной относительного скольжения s понимается:

$$s = (V - \omega r) / V, \%$$

где V – линейная скорость автомобиля, км/ч;

ω – угловая скорость затормаживаемого колеса, об/мин;

r – динамический радиус колеса, м [2].

Максимуму продольного коэффициента сцепления на диаграмме $\varphi - s$ соответствует относительное скольжение $s_{кр}$, а заштрихованная область вокруг $s_{кр}$ составляет диапазон оптимальных скольжений (рис. 1).

Благодаря внедрению ABS транспортное средство приобретает ряд неоспоримых достоинств. Наличие ABS в конструкции транспортного средства создает предпосылки для уменьшения тормозного пути на большинстве твердых дорожных покрытий. Однако наиболее важным следствием применения ABS является сохранение устойчивости и возможности совершения маневра при экстренном торможении. Антиблокировочная система тормозов ABS также способствует увеличению ресурса шин.

Несмотря на то, что ABS предотвращает блокировку колес и позволяет сохранить контроль над курсовой устойчивостью, она не гарантирует существенного уменьшения тормозного пути.

При торможении транспортного средства с ABS на деформируемых опорных поверхностях (песок, снег, гравий) тормозной путь оказывается, как правило, больше, чем без ABS. Это объясняется тем, что заблокированные колеса «нагребают» перед собой горку и

замедление происходит более интенсивно. Однако при этом присутствует риск потери устойчивости и разворота транспортного средства. При этом транспортное средство практически не реагирует на поворот рулевого колеса, то есть имеет место явление полной потери управляемости при экстренном торможении.

При торможении автомобиля с ABS на покрытии типа «микст» (дороге с различным сцеплением под колесами левого и правого борта) тормозной путь также может увеличиться. Это связано с тем, что для сохранения устойчивости транспортного средства в алгоритме работы ABS заложено уменьшение тормозного момента, подводимого к колесам, имеющим лучшее сцепление с дорогой. Однако при этом машину без ABS будет намного труднее удержать от разворота на покрытии типа «микст».

Первая электронная система курсовой устойчивости ESP под названием «управляющее устройство» была запатентована еще в 1959 году компанией «Daimler-Benz» (Германия), но реально воплотить ее удалось лишь в 1994 году. С 1995 года система стала серийно устанавливаться на «Mercedes-Benz CL 600» (Германия). Сегодня система динамической стабилизации доступна хотя бы в качестве опции почти на любом автомобиле [3].

Задача ESP заключается в том, чтобы контролировать поперечную динамику транспортного средства и помогать водителю в критических ситуациях – предотвращать его срыв в занос и боковое скольжение. То есть, сохранять курсовую устойчивость, траекторию движения и стабилизировать положение транспортного средства в процессе выполнения маневров, особенно на высокой скорости или на скользком покрытии.

Работа системы ESP по поддержанию заданного курса движения заключается в том, что при прохождении поворота радиуса R и ширины дороги B при наезде на препятствие транспортное средство остается управляемым (работа показана на примере легкового автомобиля). A – траектория движения ав-

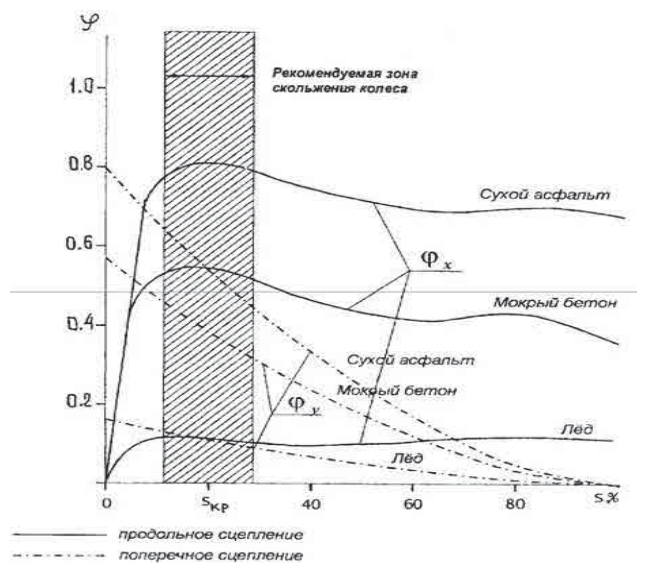


Рисунок 1. Диаграммы $\varphi - s$ в тормозном режиме для различных дорожных условий

томобилia с ESP (автомобиль остался управляемым); C – траектория движения автомобиля без ESP (автомобиль потерял курсовую устойчивость) (рис.2).

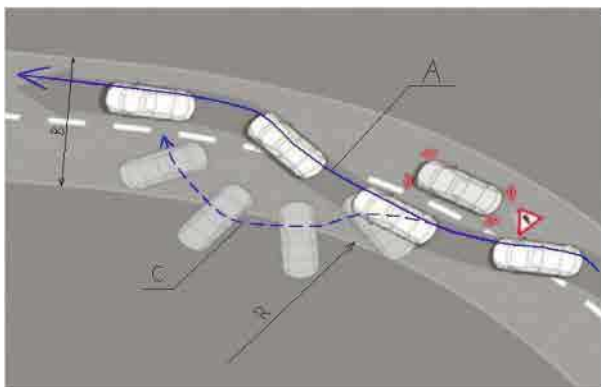


Рисунок 2. Работа системы ESP по поддержанию заданного курса движения

Система курсовой устойчивости ESP (Фирма Bosch) комбинирует свою работу с другими активными системами безопасности автомобиля: ABS, ASR, EBD и EDS [4].

В настоящее время в области внедрения электронных систем курсовой устойчивости тракторов работают следующие зарубежные тракторостроительные фирмы: «JCB» (Великобритания), «Fendt» (Германия), «John Deere» (США), «New Holland» (США) и другие. За основу систем курсовой устойчивости тракторов данные фирмы взяли системы, годами устанавливаемые на автомобили, и адаптировали их под трактор.

На фирме «JCB» тракторы модели «Fastrac» оборудуются системой ABS, что позволяет им передвигаться со скоростью до 80 км/ч.

Тракторы «JCB» имеют полностью независимую переднюю и заднюю подвеску. Данная система обеспечивает высокий уровень комфорта для оператора и устойчивое положение рабочего оборудования, а также улучшает сцепную характеристику без необходимости добавления балласта.

На моделях «Fastrac» установлены внешние дисковые автомобильные тормоза, которые имеют воздушное охлаждение и по своим характеристикам значительно превосходят системы с масляным охлаждением, применяемые на обычных тракторах. Антиблокировочная система ABS обеспечивает управление на любом дорожном покрытии.

Тракторы «JCB» «Fastrac» остаются пока единственными тракторами сельскохозяйственного назначения, обладающими такой высокой скоростью [5].

Инновацией в тракторостроении является управление трактором без механического или гидравлического соединения между его рулем и колесами, так называемая, система «Steer by Wire» (фирма Fendt). Она призвана предотвращать неконтролируемые колебания трактора и имеет то же действие, что и система ESP у легковых автомобилей.

Фирма «Fendt» оборудует тракторы системой безопасного вождения и комфорта водителя – FSC (зависимая от скорости система контроля стабильности), ко-

торая самоактивируется при прохождении наклонов и стабилизирует положение энергосредства [6].

Корпорация «John Deere» оборудует тракторы системой рулевого управления «Active Command» – концепция, не требующая рулевой колонки. Вместо этого есть гироскоп в комбинации с сенсорами, которые подстраивают колеса под фактическую скорость трактора.

Фирма «New Holland» помимо системы ABS использует поворот переднего моста, что увеличивает общий угол поворота колес до 65° и улучшает маневренность и курсовую устойчивость [6].

От скорости и курсовой устойчивости трактора напрямую зависит время, затрачиваемое на выполнение той или иной операции. Сравнительная диаграмма скоростей представлена на рис. 3.

Минский тракторный завод на энергонасыщенных тракторах «БЕЛАРУС» пока не применяет электронные системы курсовой устойчивости тракторов ESP и блокировки тормозов ABS.

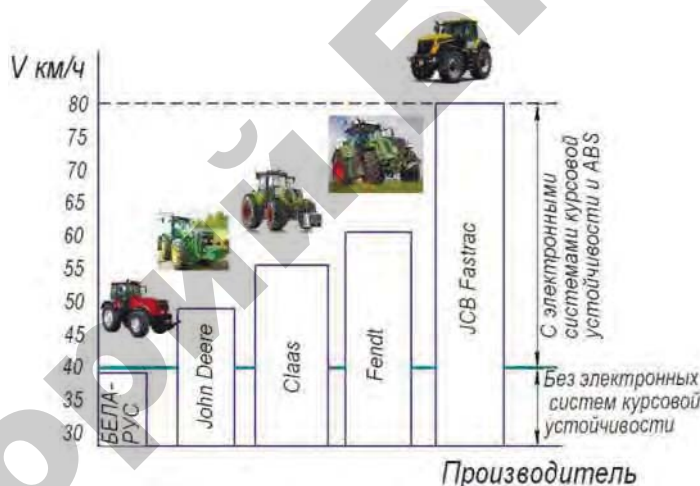


Рисунок 3. Сравнительная диаграмма скоростей тракторов с электронными системами курсовой устойчивости и без них

Мировые производители тракторов с целью повышения курсовой устойчивости, увеличения скорости и управляемости внедряют в производство давно отработанные и устанавливаемые на легковые и грузовые автомобили системы курсовой устойчивости. Однако эти системы применяются с уменьшенным быстродействием, с поправкой на колеса большого диаметра. Данные системы прошли испытания и как заявляют производители, системы работают, как при работе в поле, так и на транспортных работах в любых климатических условиях [6].

Обобщенная схема электронной системы ESP для трактора (рис. 4) имеет следующие системы: 1 – датчик угловой скорости колеса; 2 – датчик давления в тормозной системе; 3 – датчик положения рулевого колеса; 4 – датчик угловой скорости трактора; 5 – датчик поперечного ускорения; 6 – модулятор давления; 7 – датчик управления работой двигателя. Схема составлена на основе схем, применяемых на автомобилях. Контроллер ESP показан на рис. 5.

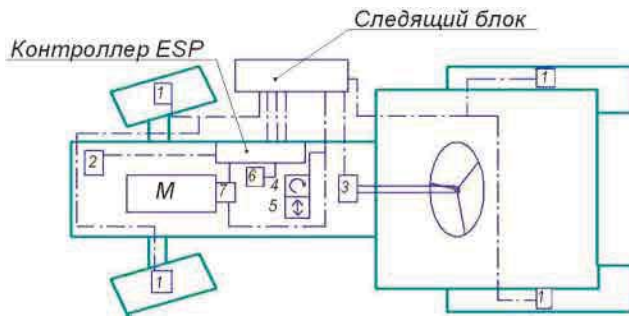


Рисунок 4. Обобщенная схема электронной системы ESP для трактора



Рисунок 5. Контроллер ESP фирмы «Bosch»

Выводы

Для внедрения современных передовых технологий по механизации сельскохозяйственного производства, связанных с увеличением транспортных и технологических скоростей энергонасыщенных тракторов, требуется улучшение курсовой устойчивости и управляемости агрегатов для обеспечения высокопроизводительного и качественного выполнения работ тракто-

рами мощностью свыше 250 л. с., увеличение скорости до 80 км/ч, уменьшение тормозного пути.

Поэтому целесообразно оборудование тракторов электронными системами курсовой устойчивости, несмотря на увеличение стоимости трактора на 7-10 % в зависимости от системы [5].

Для повышения конкурентоспособности и технического уровня трактора «БЕЛАРУС» класса 5 рекомендуется разработка антиблокировочной системы тормозов ABS, а в дальнейшем и электронных систем курсовой устойчивости ESP.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ютт, В.Е. Эксплуатация антиблокировочных систем легкового автомобиля: учеб. пос. / В.Е. Ютт, А.М. Резник, В.В. Морозов, А.И. Попов. – М., 2003. – 225 с.
2. Фрумкин, А.К. Антиблокировочные и противобуксовочные системы легковых автомобилей / А.К. Фрумкин, И.И. Альшев, А.И. Попов. – М.: ЦНИИТ ЭИАВТОПРОМ, 1989. – 52 с.
3. Restraint and assistance systems. Сайт компании «Daimler-Benz» (Германия). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.daimler.com. – Дата доступа: 27.02.2014.
4. Bosch Automotive Technology. Сайт компании «Bosch» (Германия). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.bosch-automotivetechnology.com. – Дата доступа: 27.02.2014.
5. Гольяпин, В.Я. Новые интегральные тракторы JCB / В. Я. Гольяпин // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2006. – № 4. – С. 38 – 41.
6. Максимов, А. Тенденции развития механизации сельского хозяйства / А. Максимов // Веды. – 2012. – 12 сакав. – С. 4.

Измерители-регуляторы МТ2

Предназначены для измерения и регулирования температуры (в комплекте с датчиками температуры), а также других неэлектрических величин (давление, уровень, влажность и т.д.)



Измерители-регуляторы МТ2 являются универсальными цифровыми программируемыми микропроцессорными устройствами. Они могут быть использованы при создании систем автоматического контроля и регулирования различных параметров технологических процессов в промышленности и сельском хозяйстве.

Основные технические данные

Напряжение питания	230 В ± 10%, 50 Гц
Потребляемая мощность, не более	4 ВА
Масса, не более	0,4 кг
Габаритные размеры	120x96x48 мм
Входной сигнал (измерительный преобразователь)	Термопреобразователь сопротивления: ТСН50П, ТСН100П, ТСМ50М, ТСМ100М; Термопара типа: «L», «J», «K»; Унифицированный токовый сигнал: 0...5мА, 0...20мА, 4...20мА
Предел основной приведенной погрешности измерения	±0,5 %
Закон регулирования	позиционный, ПИД