

УДК 629.114.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОСТИ КУРСОВОГО ДВИЖЕНИЯ
БЕСПИЛОТНЫХ КОЛЕСНЫХ МАШИН

Э. И. ЯСЮКОВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Мобильность колесных машин, эксплуатируемых в реальных дорожных и климатических условиях, представляет собой их способность самостоятельно (автономно), без водителя, ориентироваться на дороге и является одним из важнейших показателей эффективности их курсового движения.

В настоящее время разрабатываются проекты, в которых автономные транспортные средства вписываются в новую концепцию их мобильности. При этом большое внимание уделяется беспилотности и автономности колесных машин [1, 2]. Автономность колесных машин разделяется на пять уровней.

Первый уровень автономности поддерживает переменную скорость движения и обеспечивает безопасное расстояние до движущейся впереди колесной машины.

Второй уровень автономности включает системы помощи водителю, такие как управление скоростью и курсовым движением по полосе дороги.

На третьем уровне предполагается, что от водителя колесной машины не требуется постоянного внимания и он может не держать руль постоянно, а в критических условиях дорожного движения может вмешиваться в ситуацию в любое время, например при возникновении угрозы аварии.

Четвертый уровень автономности позволяет колесной машине в идеальных условиях самостоятельно доехать до пункта назначения. Но если во время движения начнется дождь или снег, то водителю придется взять управление машиной на себя. На этом уровне автономности колесным машинам нужны 3D-карты местности, необходимые для сверки с ними во время движения. Если такой карты не окажется, то управление машиной перейдет в режим третьего уровня автономности.

На пятом уровне автономности для управления колесной машиной водитель не требуется. Машины этого уровня уже созданы, но используются они только для перевозки товаров.

Американская компания Nuro тестирует колесные машины, которые доставляют различные продукты от супермаркетов к покупателям. При этом машины перемещаются на небольшой скорости, ими никто не управляет, т. к. в них нет механизма рулевого управления. Время же появления колесных машин пятого уровня автономности, которые будут способны перевозить людей на больших скоростях, пока неизвестно.

Одним из самых интересных новинок беспилотных карьерных самосвалов является пятидесятитонный автосамосвал КамАЗ-6559 (Юпитер-30) грузоподъемностью 27 т, который полностью лишен кабины водителя, приводится в

движение по схеме последовательного гибрида, развивает мощность до 450 л. с. и является беспилотником для автономной работы в карьерах.

Еще один беспилотник – это полноприводная колесная машина КамАЗ-43118 с колесной формулой 6×6, на крыше кабины которой установлено оборудование для построения объемной модели пространства. По краям крыши кабины колесной машины установлены модули навигации, которые позволяют определить ее местоположение с точностью до 20 см. На задней части кабины установлена антенна, используемая для координации с другими беспилотными машинами и для поддержки связи с диспетчером.

По центру бампера колесной машины установлен радар дальнего действия, определяющий наличие автомобилей, пешеходов и препятствий на большой дистанции. По бокам бампера и в районе лобового стекла содержится специальное оборудование, позволяющее отслеживать препятствия на малой дистанции и определять расстояние до них. Под лобовым стеклом установлены также видеокамеры, используемые для построения цифровой дорожной карты.

Для оценки мобильности и проходимости беспилотных колесных машин, оснащенных средствами повышения проходимости, можно использовать имитационные математические модели, описывающие динамику их движения с учетом взаимодействия их колес с опорной поверхностью.

В работе рассматриваются разработанные расчетные схемы для вывода уравнений курсового движения, вертикальной динамики, а также продольно- и поперечно-угловых перемещений поддрессоренной массы колесной машины [3]. На основе разработанных расчетных схем получены дифференциальные уравнения курсового движения и вертикальной динамики большегрузной трехосной колесной машины со всеми управляемыми колесами, которая состоит из 12 обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка и шести дифференциальных уравнений первого порядка, описывающих движение колес на упругих пневматиках по опорной поверхности.

На основе полученной математической модели разработано программное обеспечение имитационного моделирования исследуемой колесной машины по опорным поверхностям с моделируемым микро- и макропрофилям.

Получаемые результаты расчетных исследований представляются в виде массива числовых значений и графических зависимостей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Зелова, М. И.** Беспилотные технологии на транспорте. Перспективы развития / М. И. Зелова, А. В. Комаров // Молодая наука Сибири. – 2021. – № 2 (12). – С. 86–91.
2. **Аникин, А. А.** Теория передвижения колесных машин / А. А. Аникин, В. В. Беляков, И. О. Донато. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 240 с.
3. **Ясюкович, Э. И.** Имитационное моделирование курсового движения трехосного автомобиля со всеми управляемыми колесами / Э. И. Ясюкович // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2009. – № 4. – С. 60–67.