

УДК 629.33-52

В.В. Гаевский, А.М. Иванов

**ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЮ НА ОДНОКОЛЕЙНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Рассмотрены проблемы и особенности применения современных систем помощи водителю на одноколейных транспортных средствах (ОТС). Приведена классификация интеллектуальных систем помощи водителю и конструктивные особенности ОТС, требующие доработки этих систем для успешного использования на таком транспорте. Представлены перспективы развития систем помощи водителю для ОТС и перспективные типы ОТС повышенной безопасности.

*Ключевые слова:* одноколейные транспортные средства (ОТС), кузовной одноколейный транспорт (КОТ), мотоцикл, ДТП, водитель, тормозная система, интеллектуальные системы помощи водителю.

**Введение**

На очередной конференции Европейской ассоциации производителей мотоциклов (АСЕМ - European Association of Motorcycle Manufacturers), прошедшей в январе 2018 года, были рассмотрены вопросы комплексного повышения безопасности мототранспорта в Европе. В частности, освещены проблемы: повышения экологической безопасности, активной и пассивной безопасности мототранспорта, развития **интеллектуальных систем помощи водителю (ИСПВ)**, адаптированных для установки на **одноколейных транспортных средствах (ОТС)**, взаимодействия ОТС с другими участниками движения по дорогам общего пользования, развития и усовершенствования систем обучения водителей мототранспорта и другие вопросы, связанные с безопасностью ОТС.

В резолюции конференции АСЕМ в качестве одного из выводов сделано заявление о необходимости интенсивного развития ИСПВ для ОТС, так как они существенно снижают риски возникновения дорожно-транспортных происшествий с участием мототранспорта, а в случае попадания ОТС в ДТП - позволяют снизить тяжесть последствий.

**Динамика ДТП и числа ОТС на дорогах ЕС и России**

Согласно последним данным IRTAD (International Road Traffic and Accident Database - международной базы данных о дорожном движении и авариях), несчастные случаи с участием пользователей двухколесных транспортных средств уменьшились на 44 % с 2000 до 2014 год. В период с 2010 по 2014 год количество погибших среди мотоциклистов снизилось с 4304 до 3561 человек, т.е. на **17,3%**. В тот же период количество погибших среди водителей мопедов снизилось с 975 до 622 человек, т.е. на **36,2%**. При этом количество ОТС в ЕС с 2000 по 2014 год увеличилось на 5,9% и на конец 2014 года составляло 36,1 млн.

Исследования показывают, что снижение числа ДТП и тяжесть последствий с участием ОТС обусловлены увеличением числа ОТС, оборудованных системами помощи водителю (антиблокировочные системы и др.), начало массовой установки которых как раз приходится на 2008–2010 годы.

Согласно данным ГИБДД, в России за период с 2012 по 2015 год количество погибших среди всех категорий  $L$  снизилось с 2033 до 1534 человек, т.е. на **24,6%**. Но при этом количество ОТС в России каждый год уменьшается примерно на 0,5–1 % и на конец 2015 года составляло 2,25 млн официально зарегистрированных мототранспортных средств категорий  $L_3 - L_5, L_7$ .

Если посмотреть на цифры снижения числа погибших в ЕС и в России, то может сложиться впечатление, что у нас ситуация даже лучше, чем в Европе, но это не так. Для корректного сравнения уровня безопасности ОТС в России и ЕС нужно учитывать не абсолютные цифры, а относительные. Посчитаем количество погибших на 10.000 ОТС. В ЕС - 1,2 человека на 10.000 ОТС, в России - 6,8 человек, т.е. езда на мототранспорте у нас в 5,6 раз более опасна, чем в Евросоюзе.

Еще хуже складывается ситуация в России, если сравнивать число погибших мотоциклистов с погибшими автомобилистами.

Удельное количество смертельных случаев на один зарегистрированный мотоцикл более чем **в два раза превышает** удельное количество смертей при ДТП с участием автомобилей (3,2 на 10 тыс. автомобилей категории М<sub>1</sub>).

Если сравнивать количество смертей мотоциклистов на один пройденный километр с количеством смертельных случаев водителей и пассажиров автомобилей, получится, что **мотоциклисты погибают в 10 раз чаще!!!**

ОТС – самые опасные транспортные средства в мире и в России, в частности!

### Конструктивные особенности одноколейных транспортных средств

Расширенные системы помощи водителю (ADAS): адаптивный круиз-контроль (ACC), автономные аварийные тормозные системы (AEBS) и другие, которые в первую очередь были спроектированы для использования в автомобилях, не могут быть установлены на мотоцикл без необходимой дополнительной адаптации к его конструктивным особенностям. Интеллектуальные системы помощи водителю требуют специального подхода и конкретных технических решений для оптимизации их потенциала работы на ОТС для повышения безопасности дорожного движения [1, 2].

Важно также отметить, что эти системы потребуют разработки соответствующих человеко-машинных интерфейсов (НМИ). НМИ должен минимизировать отвлечение водителя и должен быть специально разработан для ОТС. Например, сообщения должны быть приоритетными, чтобы предупреждения о безопасности заменяли более общие уведомления.

К основным конструктивным особенностям ОТС можно отнести:

- недостаточную устойчивость при движении на низких скоростях и неустойчивое равновесие на месте (рис. 1.);

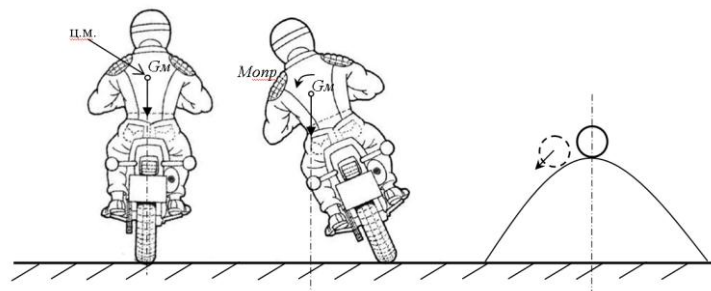


Рис. 1. Неустойчивое равновесие ОТС на месте и на низких скоростях

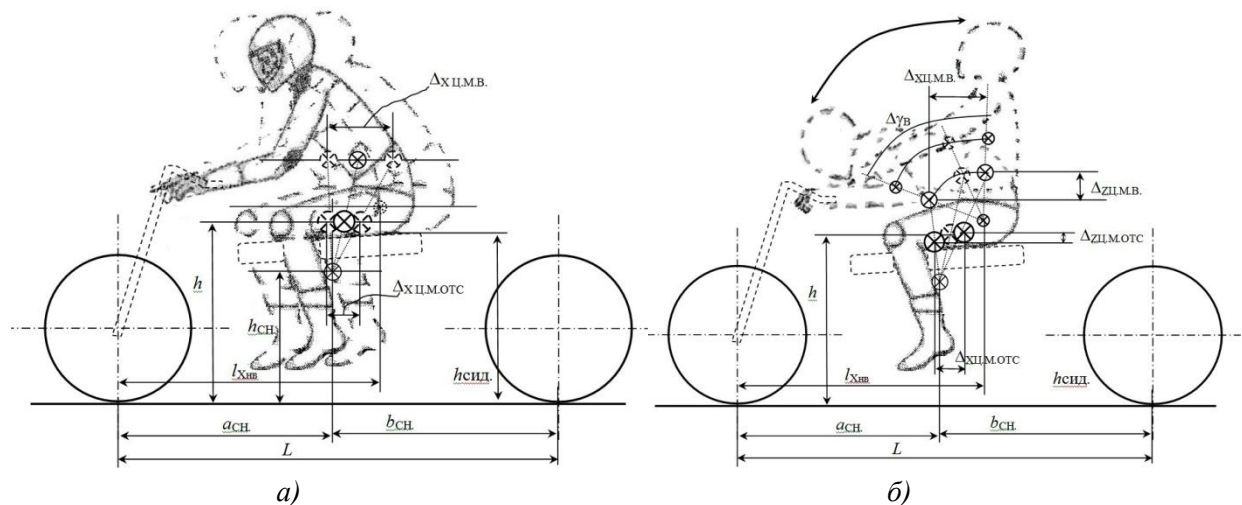


Рис. 2. Варианты перемещения водителя на ОТС и смещение общего центра тяжести:  
а - продольное; б - наклон

- мотоциклетную посадку: смещение водителя и наклон влияют на управляемость, устойчивость и утомляемость водителя при движении (рис. 2);
- вследствие открытости водителя и пассажира ОТС, подверженность негативным внешним воздействиям: снегу, дождю, ветру, пыли и т.д.;
- открытость ОТС, которая требует по законам всех стран обязательного использования защитных устройств: шлем - как минимум; "панцири"; комбинезоны; краги и т.д.;
- особенность движения ОТС в повороте - с большим креном, со смещением пятна контакта (рис. 3) [3];

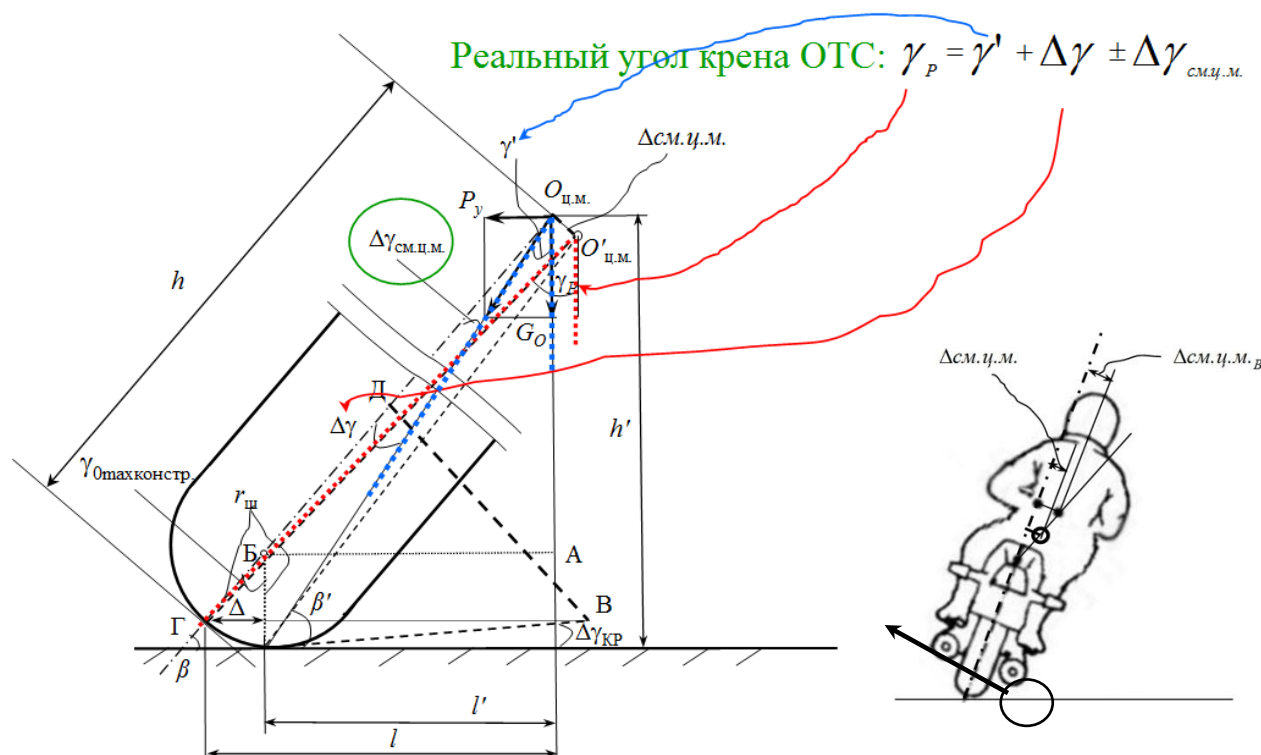


Рис. 3. Движение в повороте на широких шинах с учётом смещения водителя

- специфические органы управления и системы управления ОТС;
- бескузовные транспортные средства, которые имеют наихудшую пассивную безопасность при ДТП.
- Для дальнейшего рассмотрения перспектив и проблем установки ИСПВ на ОТС приведём их упрощённую классификацию.

**По степени влияния на процесс движения транспортного средства (ТС):**

- информационные, например: распознавание разметки, навигатор, информация о "мертвых зонах", адаптивное освещение и т.д. [4, 5, 6].

Данные системы только информируют водителя, не вмешиваясь в процесс движения транспортного средства;

- информационно-исполнительные, например: АЕBS;

Вначале такие системы предупреждают водителя о возникновении опасной ситуации и о необходимости принятия мер, если водитель (по какой-либо причине) не реагирует на предупреждения, система сама вмешивается в процесс движения (в данном случае затормаживает) ТС;

- автоматически срабатывающие, например: ABS, ESP, датчик дождя и др.

Эти системы работают всегда в автоматическом режиме без участия водителя, но начинают активно влиять на процесс движения ТС только после возникновения опасной (ABS) или сложной (датчик дождя) ситуации.

- автономно - роботизированные, включаемые водителем (частичная или полная замена водителя), например: адаптивный круиз контроль, система поддержания полосы движения, робот.

Задача этих систем частично (адаптивный круиз контроль) или полностью (робот водитель) брать на себя функции водителя при движении транспортного средства.

#### **По назначению (области применения):**

- при торможении: ABS, DSC, ASC, HDC, EBD, CBC, EBA, BAS, PBA, EPB, AEBS; Системы этой группы помогают ТС безопасно тормозить в различных ситуациях;
- в повороте: ESP, DAS, AFS;

Данная группа ИСПВ воздействует на рулевое управление ТС для поддержания безопасной траектории движения;

- при разгоне: ETS, ASR, EDS; Они обеспечивают надежный и безопасный разгон транспортного средства;

• универсальные: LKSS, SA, ACC, PDS, IPAS и др.; Эти ИСПВ воздействуют на несколько органов управления и могут влиять на все режимы движения ТС: разгон, торможение, изменение траектории движения и т.д.;

- при парковке: PTS, AVM, TPMS;

Узкоспециализированные системы помощи водителю при парковке ТС в ограниченном пространстве, полностью или частично замещая функции водителя;

- повышение комфорта: датчик дождя, климат контроль и др.;

Данные системы, повышая комфортабельность управления ТС, повышают безопасность движения, так как исследования показали, что при накоплении усталости водителя вероятность попасть в ДТП резко возрастает;

- после ДТП: eCall (система аварийного оповещения), ремни безопасности, активные подголовники, подушки безопасности.

Очень важные системы помощи. Они способствуют повышению шансов на выживание человека после ДТП.

Из-за конструктивных особенностей ОТС практически ни одна перечисленная система не может быть применена на них без предварительной адаптации, а некоторые системы вообще не используются на ОТС до сих пор.

#### **Интеллектуальные системы помощи водителю для автомобилей, не используемые на ОТС**

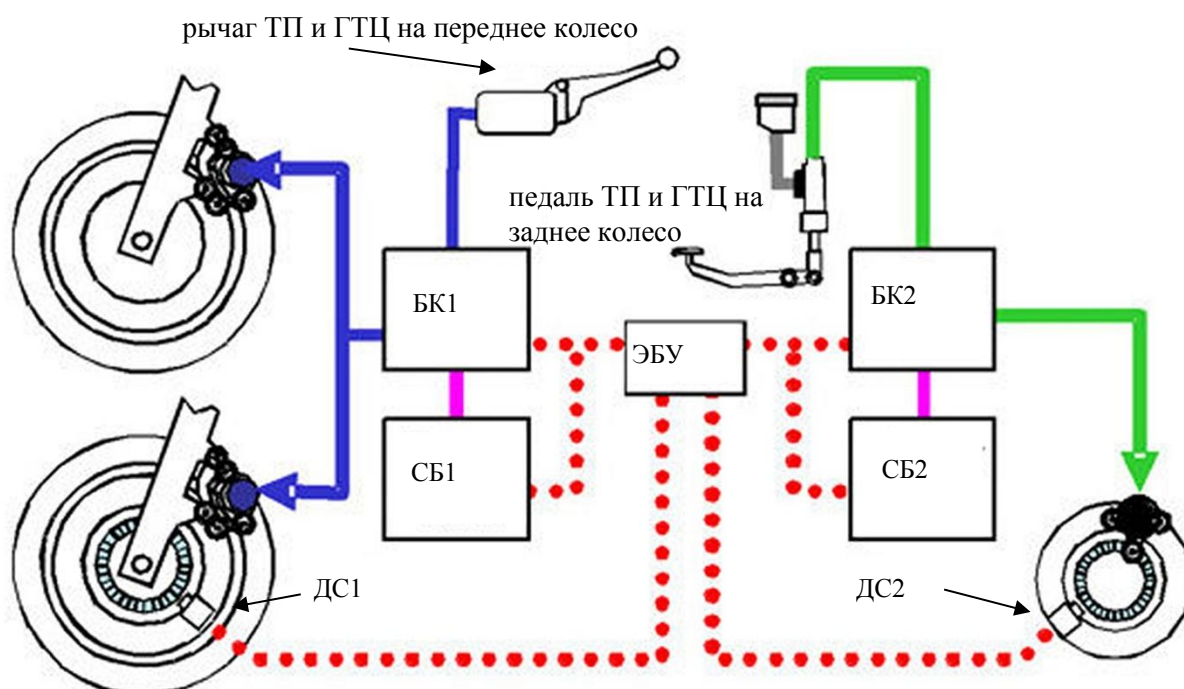
Часть систем не может быть установлена в ОТС потому, что просто некуда устанавливать, часть систем не используются потому, что в них нет надобности, а часть систем пока просто не могут использовать в ОТС из-за проблем с воздействием на органы управления. Например, что произойдет с мотоциклом если система предотвращения наезда на пешехода вдруг резко рванет руль для объезда пешехода при невозможности затормозить? Он с большой долей вероятности упадет на бок, а при резком торможении - опрокинется.

Перечень систем, до сих пор неиспользуемых серийно на ОТС, приведен далее:

- система оповещения "мертвых зон";
- системы помощи при парковке (PTS, AVM, TPMS);
- автономно – роботизированные (частичная или полная замена водителя) - адаптивный круиз контроль (ACC), система удержания полосы движения (LKSS), робот водитель и др.;
- системы помощи после ДТП: eCall (система аварийного оповещения), ремни безопасности, активные подголовники, подушки безопасности;
- активные системы рулевого управления: (DAS, AFS);
- внутрикузовные системы комфорта (датчик дождя, климат контроль и др.).

### Интеллектуальные системы помощи водителю, серийно устанавливаемые на ОТС

Самой массовой ИСПВ на сегодняшний день, устанавливаемой на ОТС, является ABS (Anti-lock braking system) Антиблокировочная система. Дело в том, что для одноколейного транспорта блокирование колес при торможении является самым опасным вариантом движения. Так как на большой скорости устойчивость ОТС обеспечивается гироскопическими стабилизирующими моментами его колес, то при их блокировании, т.е. при мгновенном прекращении действия стабилизирующих моментов, устойчивость ОТС становится аналогичной неподвижному состоянию (см. рис. 1), как следствие ОТС мгновенно падает. Однако из-за особенностей конструкции ОТС просто так перенести ABS с автомобиля не удалось, пришлось её существенно дорабатывать (рис. 4). У мотоцикла отдельный тормозной привод на переднее и заднее колесо и два органа управления торможением, поэтому у него не один главный тормозной цилиндр, а два.



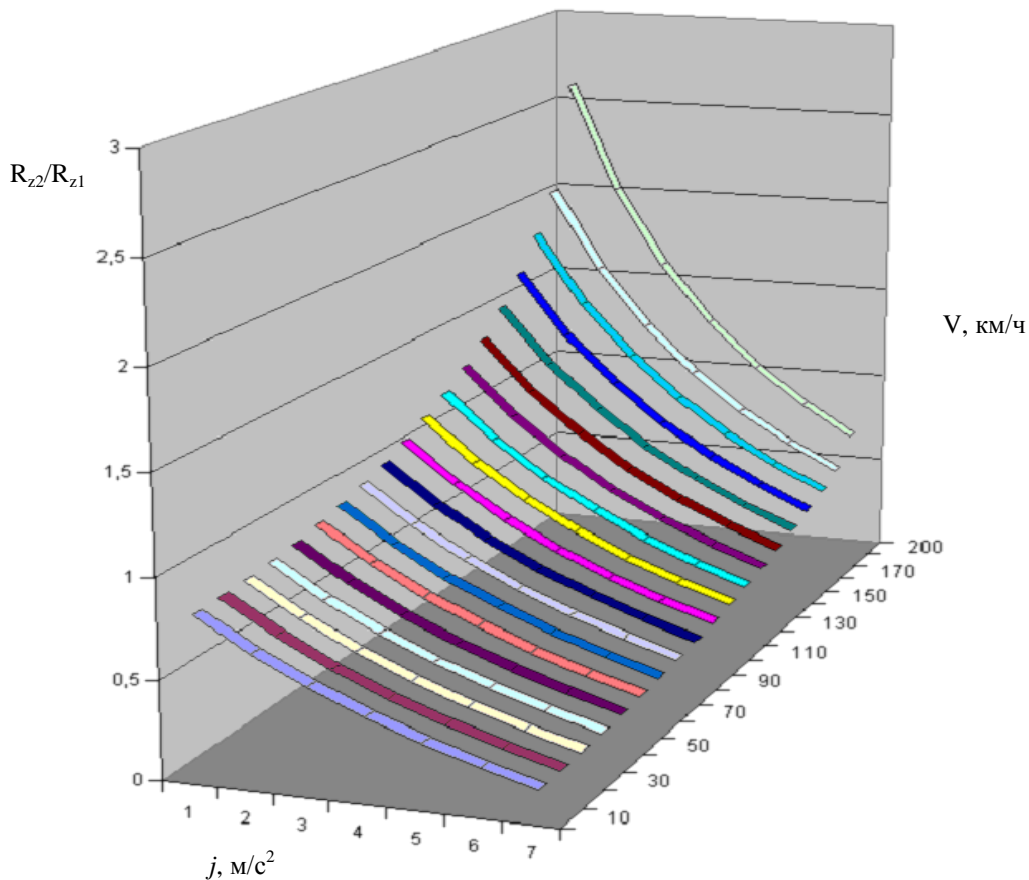
**Рис. 4** Принципиальная схема ABS для ОТС:

ТП - тормозной привод; ГТЦ - главный тормозной цилиндр; ЭБУ - электронный блок управления ABS; БК - блок клапанов; СБ - силовой блок; ДС - датчик скорости; 1 - контур переднего колеса; 2 - контур заднего колеса

Раздельный тормозной привод на переднее и заднее колесо и два органа управления сами по себе ухудшают процесс торможения ОТС. Исследования показали, что при использовании одного органа управления торможением, точность и эффективность торможения повышаются. Сейчас многие производители стали устанавливать на свои мотоциклы специальные системы, помогающие водителю при торможении. К ним относятся: CBS (Combined braking systems) – комбинированная тормозная система и UBS (Unified brake system) – унифицированная тормозная система. В задачу данных систем входит функция замещения второго органа управления торможением частично (CBS) или полностью (UBS). При воздействии водителя на один орган управления торможением (например, на рычаг), система сама начинает дополнительно подтормаживать второе колесо. Главная трудность работы таких систем заключается в том, что при торможении ОТС масса, приходящаяся на переднее и заднее колеса, перераспределяется по сложному закону (рис. 5).

Дополнительной особенностью торможения ОТС является высокая вероятность полного перераспределения массы на переднее колесо (т.е. возможность опрокидывания вперед

при торможении), причем, чем легче ОТС, тем выше вероятность такого развития процесса торможения.



**Рис. 5. Обобщённая диаграмма зависимости изменения вертикальных реакций на колёсах ОТС от скорости и замедления**

При движении на мотоцикле переключать передачи, в отличие от автомобиля, водителю приходится с помощью ноги, так как в большинстве случаев на ОТС с механической коробкой передач используется переключение передач ножное, из-за особенностей конструкции. Некоторые производители мотоциклов для повышения комфорта водителя стали устанавливать систему QSS (Quick shift system) - система быстрого переключения передач. Это аналог роботизированного переключения передач на автомобиле. Водитель управляет только педалью переключения передачи, а система сама определяет момент переключения, выжимает сцепление и изменяет подачу топлива для плавного включения пониженной или повышенной передачи.

Ещё одним критическим и очень опасным для ОТС режимом движения является скольжение в повороте. В отличие от автомобиля, для которого опаснее начало опрокидывания в повороте, для ОТС самым опасным является начало скольжения. Дело в том, что в повороте ОТС движется устойчиво только когда проекция результирующей силы от сил тяжести и центробежной проходит через пятно контакта колеса с дорогой (см. рис. 3). В случае начала бокового скольжения ОТС в повороте реальный радиус поворота резко увеличивается, как следствие уменьшается центробежная сила и ОТС падает. Для предотвращения такой ситуации используют SCS (Slide control system) - систему управления скольжением в повороте, которая, с помощью датчиков, фиксирует начало скольжения и частично притормаживает колеса, дополнительно снижая величину подачи топлива в цилиндры двигателя [7].

Всё чаще на современных мотоциклах устанавливают ИСПВ, контролирующие процесс разгона и, в частности, предотвращающие возникновение опрокидывания, т.е. отрыв переднего колеса при разгоне. В отличие от обычного автомобиля ОТС может легко опроки-

нуться назад при резком разгоне, что является очень опасной ситуацией. В задачу таких систем (LIF (Lift control system) входят: система контроля подъема переднего колеса; LCS (Launch control system); система контроля трогания; TCS (Traction control systems) - система контроля тяги, в которую входит определение момента начала опрокидывания и снижение крутящего момента на ведущем колесе, для предотвращения этого процесса. Дополнительно система TCS определяет начало проскальзывания ведущего колеса мотоцикла, снижает крутящий момент и обеспечивает его разгон с максимальной эффективностью и безопасностью.

Ещё одной из проблем, которая может возникать при движении мотоцикла на скоростях от 40 до 80 км/ч - это автоколебания передней управляемой вилки, так называемый "воблинг" передней части мотоцикла. Система EVD (Electronic vibration damper) - электронный демпфер крутильных колебаний руля, она предназначена для ликвидации таких автоколебаний. На многих мотоциклах устанавливают более простую систему - обычный демпфер колебаний (поперечный амортизатор) на рулевую вилку.

Недавно фирма BMW заявила о готовности установки на свои мотоциклы как дополнительную опцию систему eCall.

### **Перспективные типы ОТС и интеллектуальные системы помощи водителю для них**

В настоящее время всё большее применение получают электровелосипеды и малые электроскутеры, как экологически чистый транспорт. Появление ОТС с электроприводом сделало возможным применять на компактных и лёгких транспортных средствах ИПСВ, которые ранее на них не могли быть установлены, такие как ABS и CBS.

В Европе также всё чаще появляются более устойчивые ОТС с тремя колёсами, они более безопасны и комфортны в эксплуатации, но при этом сохраняют преимущества одноколейников: компактные размеры и хорошая управляемость (рис. 6). Также можно повысить устойчивость ОТС на малых скоростях и на месте, используя выдвигающиеся шасси [8].



**Рис. 6. Пример трёхколесного устойчивого и компактного скутера**

Однако мы считаем, что наиболее перспективным и безопасным ОТС должен стать новый тип компактных транспортных средств - Кузовной одноколейный транспорт (КОТ) (рис. 7). Наличие кузова переводит его в класс более безопасных ТС, сравнимых с автомобилем [9, 10]. Пассивная безопасность КОТа становится аналогична автомобильной, появляется возможность установки внутрикузовных систем помощи водителю, таких как ремни безопасности, подушки безопасности, навигатор и др. Защита от внешних неблагоприятных факторов повышает комфорт и безопасность эксплуатации, и делает возможной эксплуатацию КОТа круглый год вне зависимости от погоды.

На КОТа можно установить абсолютно все те же ИСПВ, что и на обычный автомобиль, при этом КОТ более компактный, экономичный и экологичный по сравнению с обычным автомобилем, а следовательно, и более перспективный в качестве городского разъездного транспортного средства.



Рис. 7. Примеры КОТов

### Выводы

Одноколейные транспортные средства, являясь самыми опасными в мире, менее всего оснащены интеллектуальными системами помощи водителю. Из-за особенностей конструкции и движения для того чтобы установить ИСПВ на ОТС необходима существенная адаптация каждой системы, а некоторые системы вообще невозможно установить на одноколейный транспорт. На компактные виды ОТС, такие как велосипед и скутер, вообще не устанавливаются системы помощи водителю.

Дальнейшее повышение безопасности движения ОТС возможно только с внедрением новых типов безопасных ОТС и новых систем помощи водителю, а также расширение сфер применения уже имеющихся ИСПВ на большем количестве ОТС.

### Библиографический список

1. **Иванов, А.М.** Основы конструкции современного автомобиля: учебник для вузов / А.М. Иванов, А.Н. Солнцев, В.В. Гаевский; П.Н. Клюкин, В.И. Осипов, А.И. Попов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Инжиниринговый научно-образовательный центр «СМАРТ», 2017. – 348 с.
2. **Иванов, А.М.** Автомобили: Теория эксплуатационных свойств: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А.М. Иванов [и др.]; под ред. А.М. Иванова. – 2-е изд. – М.: Издательский центр "Академия", 2014. – 176 с.
3. **Гаевский, В.В.** Устойчивость движения одноколейного транспортного средства на широких шинах в повороте // Автотранспортное предприятие. – 2015. – № 4. – С. 26-28.
4. **Shadrin, S. S.** Algorithm of Autonomous Vehicle Steering System Control Law Estimation while the Desired Trajectory Driving / S. S. Shadrin, A. M. Ivanov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – V. 11. – № 15. – P. 9312–9316.
5. **Шадрин, С.С.** Автономное колесное транспортное средство в составе интеллектуальных транспортных систем / С.С. Шадрин, А.М. Иванов, Д.В. Невзоров // Естественные и технические науки. – 2015. – Вып. 6(84). – С. 309–311.



6. **Иванов, А.М.** Разработка системы межобъектного взаимодействия интеллектуальных транспортных средств / А.М. Иванов, С.С. Шадрин // Известия ВолгГТУ. Сер. «Наземные транспортные системы». Вып. 7: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2013. – № 21 (124). – С. 74–77.
7. **Гаевский, В.В.** Перспективные способы повышения безопасности одноколейных транспортных средств / В.В. Гаевский, М.С. Подольский // Журнал автомобильных инженеров. – 2015. – № 1 (90). – С. 36–39.
8. **Гаевский, В.В.** Выдвигающееся шасси для мотоцикла / В.В. Гаевский, Е.Р. Султанова // Авто-транспортное предприятие. – 2016. – № 11. – С. 37–39.
9. Пат. на полезную модель / Гаевский В.В. Одноколейное транспортное средство с постоянно-вертикальными колёсами. № 133498; зарег. в Государственном реестре полезных моделей РФ от 20.10.2013.
10. **Гаевский, В.В.** Кузовной одноколейный транспорт (КОТ) - перспективный вид городского компактного одноколейного транспортного средства // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2014. – № 4 (106). – С. 219–223.

*Дата поступления  
в редакцию 30.05.2018*

**V.V. Gaevskiy, A.M. Ivanov**

## **THE PROBLEMS OF USING INTELLIGENT DRIVER ASSISTANCE SYSTEMS ON SINGLE-TRACK VEHICLES**

Moscow automobile and road construction state technical university (MADI)

**Purpose:** The article considers the problems and singularity of the application of modern driver assistance systems on single-track vehicles.

**Design / methodology / approach:** The classification of intelligent driver assistance systems and design features of single-track vehicles is given, requiring the completion of these systems for successful use on such vehicles.

**Findings:** Prospects of development of assistance systems for driver and prospective types of single-track vehicles for increased safety are considered.

*Key words:* single-track vehicles, cover one-track transport, motorcycle, Road accidents, brake system, intelligent driver assistance systems.