

Дубинин Е.А.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, dubinin-rmn@ukr.net

**ФАКТОР НАДЕЖНОСТИ ВОДИТЕЛЯ КАК ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ "ВОДИТЕЛЬ-МАШИНА-ДОРОЖНЫЕ УСЛОВИЯ" В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ КОЛЕСНОЙ МАШИНЫ**

УДК 629.017

*Обоснован подход к обеспечению устойчивости положения колесной машины с учетом фактора надежности водителя как элемента системы "водитель-машина-дорожные условия", основанного на определении предельных и допустимых значений параметра устойчивости. В качестве параметра устойчивости предложено использование коэффициента динамической устойчивости. С использованием полученных результатов разработан метод оценки и повышения надежности водителя как элемента системы "водитель-машина-дорожные условия". Оценка параметра выполняется мобильным регистрационно-измерительным комплексом с программным продуктом DPSAV. Результаты исследования могут быть использованы при эксплуатации шарнирно-сочлененных колесных машин.*

**Ключевые слова:** *устойчивость положения, метод, параметр, надежность, водитель, шарнирно-сочлененный.*

**Введение.** Несмотря на значительный прогресс в области автоматизации процесса движения колесных машин и обеспечения его безопасности, водитель по-прежнему является одним из ключевых элементов системы "водитель-машина-дорожные условия". От его субъективного восприятия дорожной ситуации и действий зависит безопасность использования машины. Поэтому исследования, направленные на обеспечение устойчивости положения колесной машины повышением надежности водителя на основе использования современного регистрационно-измерительного комплекса, являются актуальными.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Мировая статистика свидетельствует о том, что в большинстве дорожно-транспортных происшествий (ДТП) виноват водитель [1]. Большая часть нарушений, повлекших ДТП, вызвана пробелами в обучении водителей, незнанием ими своих профессиональных и психофизиологических возможностей. В проведенном исследовании [2] установлено, что в аграрном секторе Украины, где на транспортных работах эксплуатируется значительное количество шарнирно-сочлененных колесных машин, к наиболее значимым производственным опасностям относятся: нарушение правил дорожного движения – 13,3%, недостатки во время обучения безопасным приемам труда – 9,9%, алкогольное и наркотическое опьянение – 8,9%, нарушения трудовой и производственной дисциплины – 8,7% и другие.

Под надежностью водителя следует понимать, по аналогии с техническими системами, его способность в течение определенного промежутка времени работать без ДТП [1]. В настоящее время одним из основных параметров, характеризующих надежность водителя как элемента системы "водитель-машина-дорожные условия" является время реакции при аварийной ситуации. Взаимодействие элементов системы подробно рассмотрено в работе [3]. Однако на сегодняшний день в отечественной и зарубежной практике отсутствуют исследования по оценке устойчивости положения шарнирно-сочлененной колесной машины на основе учета фактора надежности водителя, поэтому такие исследования являются актуальными.

**Цель и постановка задачи.** Целью работы является исследование возможности

обеспечения устойчивости положения шарнирно-сочлененной колесной машины на основе учета фактора надежности водителя при использовании объективного средства контроля (регистрационно-измерительного комплекса).

Для достижения поставленной цели необходимо разработать метод оценки и повышения надежности водителя как элемента системы "водитель-машина-дорожные условия".

**Обеспечение устойчивости положения колесной машины с учетом фактора надежности водителя.** Для снижения вероятности опрокидывания при движении шарнирно-сочлененной колесной машины водителю необходимо постоянно иметь своевременную объективную информацию о ее положении в пространстве и условиях движения. Причем при достижении предельных значений параметра устойчивости необходимо наличие средств сигнализации о возможности опрокидывания. В качестве параметра устойчивости возможно использование коэффициента динамической устойчивости  $K_{ДУ}$  [4], который определяется зависимостью

$$K_{ДУ} = \frac{\omega_{тек}}{\omega_{гран}}, \quad (1)$$

где  $\omega_{тек}$  – текущее значение угловой скорости средства транспорта в поперечной плоскости;

$\omega_{гран}$  – предельная по условию опрокидывания угловая скорость средства транспорта в поперечной плоскости.

При  $K_{ДУ} < 1$  устойчивость положения обеспечивается. При достижении  $K_{ДУ} \geq 1$  существует реальная опасность опрокидывания, необходимо применять соответствующие меры для его предотвращения.

Разработанный мобильный регистрационно-измерительный комплекс (МРИК) [5] с программным продуктом DPSAV (Dynamic Position Stability of Articulated Vehicles) (рис. 1), адаптированный для оценки устойчивости положения, позволяет оценить и повысить надежность водителя во время выполнения транспортных операций в процессе реальной эксплуатации. Предложенный подход отличается от существующих методов решения подобных задач оценкой текущих параметров устойчивости положения как в режиме реального времени, так и при анализе собранных массивов информации.

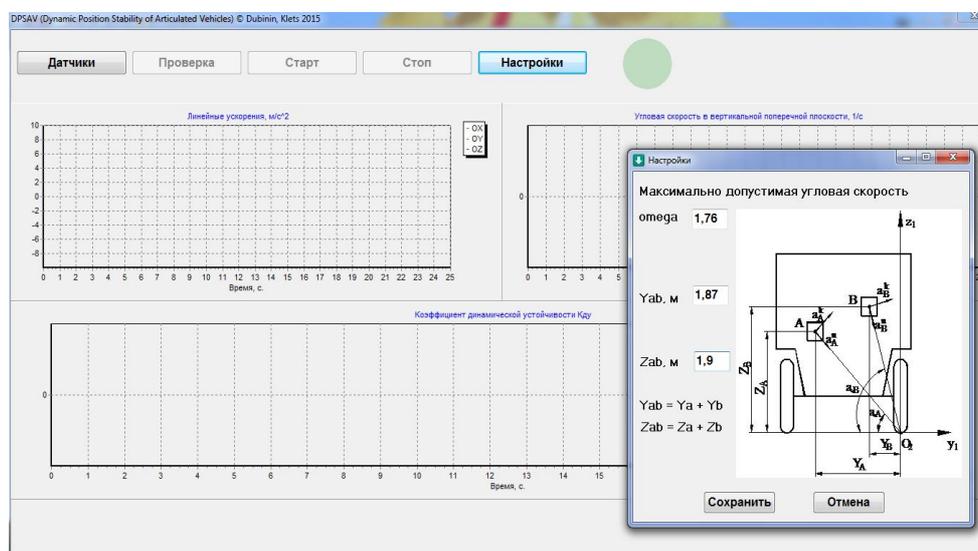


Рис. 1. – Внешний вид экранной формы программы DPSAV с окном настроек

На рисунке 2 представлена блок-схема предлагаемого метода оценки и повышения надежности водителя при обеспечении безопасности использования шарнирно-сочлененной машины в различных условиях эксплуатации.



Рис.2. – Перспективная схема оценки и повышения надежности водителя как элемента системы "водитель-машина-дорожные условия"

Исходя из того, что у водителей отношение и мотивация к выполнению транспортных операций с соблюдением требований по безопасности могут быть различными, основной эффект для повышения устойчивости положения может быть получен за счет улучшения информативности и обеспечения корректирующих воздействий в процессе движения при помощи МРИК. То есть в DPSAV задается "зеленая зона" текущего параметра устойчивости положения. Водитель при движении, учитывая собственные возможности, дорожные условия, вопросы экономии топлива и так далее, выбирает безопасный, на его взгляд, режим движения. МРИК в процессе движения, демонстрируя в режиме реального времени текущую величину коэффициента динамической устойчивости, подсказывает водителю о правильности выбранного режима.

При превышении предельного значения "зеленой зоны" МРИК с DPSAV будет входить в режим "желтой зоны" (65% от максимального значения коэффициента динамической устойчивости). В этом случае водитель будет получать звуковой и визуальный сигналы. При неудовлетворительной реакции водителя или игнорировании сигналов будет осуществляться переход в режим "красной зоны" (80% от максимального  $K_{dy}$ ). При дальнейшей неудовлетворительной реакции водителя или игнорировании сигналов возможна, при наличии соответствующей связи, команда на снижение подачи топлива вплоть до остановки машины. Все выходы контролируемого параметра за пределы зон будут записываться в память МРИК и анализироваться в дальнейшем. Предельные значения зон выбраны с учетом существующих наработок по установлению критерия боковой устойчивости [6] и времени реакции водителя [7].

Схема взаимодействия водителя с системой, с учетом его времени реакции  $t_p$  на аварийную ситуацию, представлена на рисунке 3.

При высокой интенсивности возрастания коэффициента динамической устойчивости  $K_{dy1}$ , например при значительной скорости движения, не соответствующей дорожным условиям, водителю недостаточно профессиональных качеств и реакции для управления процессом стабилизации машины. В этом случае функцию стабилизации машины должен выполнить мобильный регистрационно-измерительный комплекс. При средней интенсивности возрастания  $K_{dy2}$  у водителя есть запас времени по стабилизации машины

без подключения комплекса. При низкой интенсивности возрастания  $K_{dy3}$  водитель полностью контролирует процесс движения, помощь МРИК в данном случае не требуется.

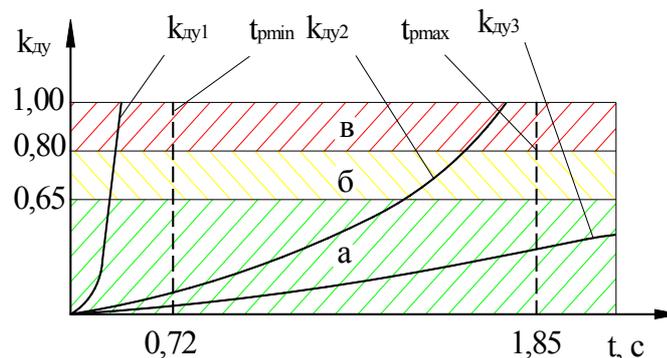


Рис.3. – Взаимодействие водителя с системой обеспечения динамической устойчивости при сложной задаче и неблагоприятных условиях работы  
а – "зеленая зона"; б – "желтая зона"; в – "красная зона"

Статистическая обработка результатов может дать полную картину на любом промежутке времени эксплуатации относительно выполнения требований к безопасности использования шарнирно-сочлененных машин как в единичном случае, так и в случае использования парка машин. При частых выходах в "желтую зону" возникают вопросы к организации процесса перевозок (маршрут, дорожные условия и так далее). При многократном выходе параметра в "красную зону" возникают вопросы к надежности данного водителя как элемента системы "водитель-машина-дорожные условия". При этом, в дальнейшем, возможны профилактические мероприятия с водителями, выяснение конкретных причин таких ситуаций, материальное мотивирование к выполнению инструкций по безопасности движения.

### Выводы

1. Обоснован подход к обеспечению устойчивости положения шарнирно-сочлененной колесной машины с учетом фактора надежности водителя как элемента системы "водитель-машина-дорожные условия" с использованием измерительного комплекса с программным продуктом DPSAV.
2. Разработан метод оценки и повышения надежности водителя при эксплуатации колесных машин, определены предельные и допустимые значения параметра устойчивости (коэффициента динамической устойчивости  $K_{dy}$ ). Предельные значения диапазона параметра устойчивости  $K_{dy}$ , при которых необходимо вмешательство в процесс стабилизации водителя или МРИК, составляют 0,65-1,0.

### Литература

1. Венгеров И.А. Актуальные вопросы безопасности дорожного движения (повышение профессиональной надежности водителей) / И.А. Венгеров, А.А. Пинт. – М.: Знание, 1987. – 64 с.
2. Подобєд І.М. Прогнозування виробничого травматизму в аграрному секторі економіки України: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Подобєд Іван Мефодійович. – К., 2008. – 20 с.
3. Говорущенко Н.Я. Системотехніка транспорту (на прикладі автомобільного транспорту). Вид. 2, перераб. і доповн. / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Х.: РІО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
4. Дубинин Е.А. Перспективный метод испытаний средств транспорта на устойчивость

- положения / Е.А. Дубинин, А.С. Полянский, В.В. Задорожня // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Механізація сільськогосподарського виробництва: Зб. наук. праць. – Х., 2015. – Вип. 156. – С. 553-559.
5. Пат. 51031 Україна, МПК G01P 3/00. Система для визначення параметрів руху автотранспортних засобів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях / Подригало М.А., Коробко А.І., Клец Д.М., Файст В.Л.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. університет. – № u201001136; заявл. 04.02.10; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.
  6. Электронные системы контроля устойчивости: ECE/TRANS/180/ Add.8 – [Введены в Глобальный регистр. 2008-06-26] – Женева: Глобальный регистр. Организация объединённых наций, 2008. – 116 с.
  7. Ротенберг Р.В. Основы надежности системы водитель-автомобиль-дорога-среда / Ротенберг Р.В. – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.

### Summary

**Dubinin Ye.A.** The driver reliability factor as the element of system "driver-machine-road conditions" in wheeled vehicles stability ensure

*The approach to ensure the wheeled vehicle position stability with considering of the driver's reliability factor as element of system "driver-vehicle-road conditions," based on the definition of the stability parameter limit and acceptable values is developed. As the stability parameter is suggested to use the coefficient of dynamic stability  $K_{DV}$ . When  $K_{DV} < 1$ , the position stability is provided. When there is the danger of tipping over, the driver must apply the appropriate measures to prevent it. Evaluation of the parameter is carried out with mobile registration measurement system with the software product DPSAV (Dynamic Position Stability of Articulated Vehicles). When it reaches certain values of stability parameter, the driver is notified of the danger of tipping over using the built-in audible and visual alarm. The main effect for increase the position stability is obtained by improving the information content and ensures corrective action in motion by means of the mobile registration and measuring complex. The basic approach is in evaluation the current stability parameter in real time, and in the analysis of the collected data sets. Statistical analysis of the results can give a complete picture on any interval of operation time on the implementation of safety requirements for the use of articulated vehicles in the individual case, and in the case of fleet utilization. The results can be used in the operation of articulated wheeled vehicles.*

**Key words:** position stability, method, parameter, reliability, driver, articulated.

### References

1. Vengerov I.A., Pint A.A. *Aktual'nye voprosy bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya (povyshenie professional'noi nadezhnosti voditelei)* [Topical issues of road safety (increase of drivers professional reliability)]. Moscow, Publ. Znanie, 1987. 64 p.
2. Podobyed I.M. *Prohnozuvannya vyrobnychoho travmatyzmu v ahrarnomu sektori ekonomiky Ukrainy*. Avtoref. dys. kand. tekhn. nauk [Forecasting of occupational accidents in the agrarian sector of economy of Ukraine. Kand. eng. sci. diss.]. Kiev, 2008. 20 p.
3. Govorushchenko N.Ya., Turenko A.N. *Sistemotekhnika transporta (na primere avtomobil'nogo transporta)* [The system engineering of transport (on example of road transport)]. Izd. 2, pererab. i dopoln. Kharkov, Publ. KhGADTU, 1999. 468 p.

4. Dubinin E.A., Polyanskii A.S., Zadorozhnyaya V.V. Perspektivnyi metod ispytaniy sredstv transporta na ustoichivost' polozheniya [The promising method of vehicles position stability testing]. Visnyk KhNTUS·H im. P. Vasylenka. Mekhanizatsiya sil's'kohospodars'koho vyrobnytstva: Zb. nauk. prats'. Kharkov, 2015, Vol. 156, pp. 553-559.
5. Podryhalo M.A., Korobko A.I., Klets D.M., Fayst V.L. *Systema dlya vyznachennya parametriv rukhu avtotransportnykh zasobiv pry dynamichnykh (kvalimetrychnykh) vyprovuvannyakh* [System for determining the motion parameters of vehicles at dynamic (qualimetrics) trials]. Pat. Ukraine, №51031. 2010.
6. *Elektronnye sistemy kontrolya ustoichivosti* [Electronic stability control systems]: ECE/TRANS/180/ Add.8 – [Vvedeny v Global'nyi registr. 2008-06-26] – Zheneva: Global'nyi registr. Organizatsiya ob"edinennykh natsii, 2008. 116 p.
7. Rotenberg R.V. *Osnovy nadezhnosti sistemy voditel'-avtomobil'-doroga-sreda* [Fundamentals of reliability of the system driver-vehicle-road-environment]. Moscow, Publ. Mashinostroenie, 1986. 216 p.