

УДК 629.017

© М.А. Подригало, д.т.н., А.С. Полянский, д.т.н., Е.А. Дубинин, к.т.н.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
Д.М. Клец, к.т.н.

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба

М.А. Скорик

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

В.В. Задорожня, к.т.н.

Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства им. П. Василенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ КОЛЕСНЫХ МАШИН

Предложено определение понятия устойчивости положения колесных машин с учетом взаимодействия с основными факторами влияния при движении в условиях реальной эксплуатации. Представлен вариант структуры формирования устойчивости положения колесных машин как сложного эксплуатационного свойства.

УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЛОЖЕНИЯ, КОЛЕСНАЯ МАШИНА, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ, СТРУКТУРА.

Постановка проблемы. Устойчивость положения является одним из свойств, в соответствии с которыми оценивается безопасность использования колесных машин. При движении в трудных и особо трудных дорожных условиях необходимо обеспечение требуемого уровня как статической, так и динамической устойчивости. Это достигается различными конструкторскими, эксплуатационными и организационными мероприятиями. Для повышения эффективности таких мероприятий необходимо четкое

понимание понятия устойчивости положения и разработка структуры формирования устойчивости положения как сложного эксплуатационного свойства.

Анализ последних исследований и публикаций. В известной литературе не существует общепризнанной формулировки понятия «устойчивость колесных машин» [1-3], которая сама по себе является сложным эксплуатационным свойством. В энциклопедической литературе [4] приводится понятие устойчивости движения, под которым понимается способность движущейся под действием приложенных сил механической системы почти не отклоняться от этого движения при каких-нибудь незначительных случайных воздействиях. В кибернетике [5] понятие устойчивости применяется для описания постоянства какой-либо черты поведения системы. Это может быть постоянство состояния системы (его неизменность во времени) или постоянство некоторой последовательности состояний, пробаемых системой в процессе ее движения. В формулировке А.М. Ляпунова определение устойчивости включает в себя еще и критерий устойчивости движения – отклонения от невозмущенного движения [6].

Таким образом, в литературе отсутствует единое мнение в отношении определения понятия устойчивости, свидетельством чего являются различные формулировки [1, 3, 7-15], представленные в таблице. Такая ситуация связана прежде всего с тем, что устойчивость – это комплексное свойство машины, которое характеризует различные варианты ее использования. Устойчивость колесных машин подразделяется на устойчивость движения и устойчивость положения [16]. При этом основное внимание авторов перечисленных выше работ сосредоточено на определении понятия устойчивости движения. В то же время понятие устойчивости положения рассмотрено не в полной мере.

Цель исследования. Целью исследования является определение понятия устойчивости положения колесных машин как сложного эксплуатационного свойства и построение структуры его формирования.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- уточнить понятие устойчивости положения колесных машин;
- разработать структуру формирования свойства устойчивости положения колесных машин.

Результаты исследования В работе [1] предлагалось устойчивость положения (против опрокидывания в продольной и

поперечной плоскостях) определять как одно из свойств устойчивости движения, поскольку при ее потере движение колесной машины невозможно. Соответственно, потерю устойчивости движения можно компенсировать управляющими воздействиями, а потерю устойчивости положения компенсировать зачастую не представляется возможным. Также в реальности потеря машиной устойчивости положения возможна и без ее движения в плоскости дороги (потеря статической устойчивости на специальном стенде или уклоне). В [17] приведена методика определения угла статической устойчивости машин в качестве соответствующего критерия.

Также отмечено, что устойчивость следует также подразделять на статическую и динамическую [1]. Статическая устойчивость проявляется в отсутствии возмущенного движения объекта. Динамическая устойчивость проявляется при появлении возмущенного движения и характеризует возможность возврата объекта к невозмущенному движению.

В своей работе Г.А. Смирнов [10] предлагает рассматривать собственную устойчивость автомобиля, то есть устойчивость, заложенную в конструкцию машины и обеспечиваемую без участия водителя. Такой подход справедлив только для сравнительных испытаний машин, в условиях эксплуатации необходимо учитывать влияние водителя, который своими действиями может как снижать так и повышать устойчивость.

Устойчивость может рассматриваться при установившемся и неустановившемся движениях [1]. Устойчивость при установившемся движении характеризует способность колесной машины сохранять все параметры и траекторию движения при действии внешних и внутренних возмущений. Устойчивость при неустановившемся движении – способность объекта подчиняться управляющим воздействиям с заданной точностью реализации параметров и траектории движения. Характеризует быстроту и точность перехода объекта из одного состояния установившегося движения в другое (из одного равновесного состояния в другое).

Если устойчивость положения обеспечивается при возникновении внешних или внутренних воздействий без отклонения центра масс колесной машины от заданных траектории и кинематических параметров движения, то машина обладает статической устойчивостью. Если заданная траектория и кинематические параметры центра масс восстанавливаются после появления отклонений под воздействием внешних и внутренних возмущений, то машина обладает динамической устойчивостью.

Таблица – Существующие определения понятия устойчивости.

Автор	Формулировка
1	2
Артемов Н.П., Подригало М.А., Клец Д.М. [1]	Под устойчивостью движения в установившемся режиме следует понимать способность машины самопроизвольно не отклоняться от оси траектории и параметров установившегося движения под воздействием внешних и внутренних возмущений, не контролируемых водителем или автоматическим управляющим устройством
Литвинов А.С. [3]	Под устойчивостью автомобиля подразумевается совокупность параметров, характеризующих устойчивость его движения по всем степеням свободы незакрепленного твердого тела, за исключением движения в направлении продольной оси, и в направлении, перпендикулярном опорной плоскости
Косолапов Г.М. [7]	Устойчивость – это способность автомобиля без участия водителя сохранять заданное направление движения и противостоять действию внешних возмущающих сил, стремящихся изменить это направление
Таборек Я. [8]	Устойчивость движения автомобиля – способность автомобиля сохранять заданное направление при действии возмущений и создавать новые условия равновесия после прекращения действия этих сил
Зимелев Г.В. [9]	Устойчивость – способность машины двигаться в различных условиях без продольного и поперечного опрокидывания и без бокового скольжения
Смирнов Г.А. [10]	Устойчивость – это свойство машины сохранять в заданных пределах, независимо от скорости движения и действия внешних сил, направление движения и ориентацию продольной и вертикальной осей при отсутствии управляющих воздействий со стороны водителя

Продолжение табл.

1	2
Петров М.А. [11]	Под устойчивостью автомобиля понимается его свойство сохранять в заданных пределах направление скорости движения и ориентацию своих продольной и поперечной осей
Рославцев А.В. [12]	Устойчивость движения машинно-тракторного агрегата – это способность обеспечивать с течением времени малые отклонения возмущенного движения от невозмущенного без вмешательства действий механизатора с помощью систем управления
Дорошенко Н.А. [13]	Движение автомобиля устойчиво, если асимптотически устойчивы все непосредственно не управляемые водителем параметры, влияющие на безопасность движения
Петренко А.М. [14]	Устойчивость транспортного средства – это свойство, характеризующее его способность сохранять параметры положения и движения после прекращения действия возмущающих сил, стремящихся изменить эти параметры
Коновалов В.Ф. [15]	Поперечная устойчивость против опрокидывания набок – это свойство сопротивляться опрокидывающему действию некоторых сил

Количественно устойчивость положения можно оценивать по максимальной величине внешнего или внутреннего возмущения, при воздействии которого сохраняется устойчивость машины, а также по величине результирующего параметра в результате такого воздействия. Одним из таких оценочных параметров может быть угловая скорость машины в поперечной или продольной плоскости, перпендикулярной опорной поверхности [18]. При оценке динамической устойчивости также можно использовать как начальные угловые ускорения и скорости возмущенного движения, так и начальные парциальные ускорения и скорости от возмущающих сил или моментов. Указанный подход применим как для оценки устойчивости движения, так и устойчивости положения.

Анализ формулировок, приведенных в таблице, показывает, что классическому определению устойчивости движения по А.М. Ляпунову не соответствует ни одно из них: движение механической системы устойчиво, если с течением времени отклонения от невозмущенного движения уменьшаются [6]. Большинство из них касаются только сохранения заданного направления движения колесной машины. Формулировки, предложенные в работах [7, 10-12], касаются собственной устойчивости колесной машины. Для понятия устойчивости положения наиболее близкими являются определения в работах [9-11, 14, 15]. При этом в них не учтено влияние водителя, а в работах [10,11] – введенное понятие ориентации осей машины не совсем корректно отображает реальную картину устойчивости (например, при движении по наклонной поверхности). Таким образом, исходя из проведенного анализа существующих понятий устойчивости, можно сделать вывод о необходимости разграничения определений понятий устойчивости движения и устойчивости положения колесных машин. Для определения понятия устойчивости положения предлагается следующая формулировка: ”Устойчивость положения – это свойство машины сохранять положение проекции центра масс на опорную поверхность в пределах своего опорного контура при взаимодействии элементов системы водитель-машина-дорожные условия”.

Структура свойства устойчивости положения колесных машин. На рис. 1. приведена структура формирования свойства устойчивости положения колесных машин при взаимодействии системы водитель-машина-дорожные условия.

Поскольку устойчивость положения характеризует способность колесных машин сохранять положение центра масс в пределах своего опорного контура, то при составлении структуры этого свойства необходимо учесть основные факторы, влияющие на отклонение указанного параметра от заданного положения.

Потеря устойчивости положения зависит от действия следующих факторов или их сочетаний:

- конструктивных особенностей машины и наличия элементов и систем, предотвращающих опрокидывание;
- управляющих воздействий водителя;
- параметров движения машины (скорость, режим и направление);
- технического состояния систем, влияющих на безопасность движения (ходовая, тормозная, рулевое управление);
- характера взаимодействия колес с опорной поверхностью (опрокидывание на уклонах и неровностях опорной поверхности, занос

с последующим ударом о препятствие, наезд на непреодолимое препятствие и т.д.);

- взаимодействия с прицепными или навесными элементами;
- погодных условий.

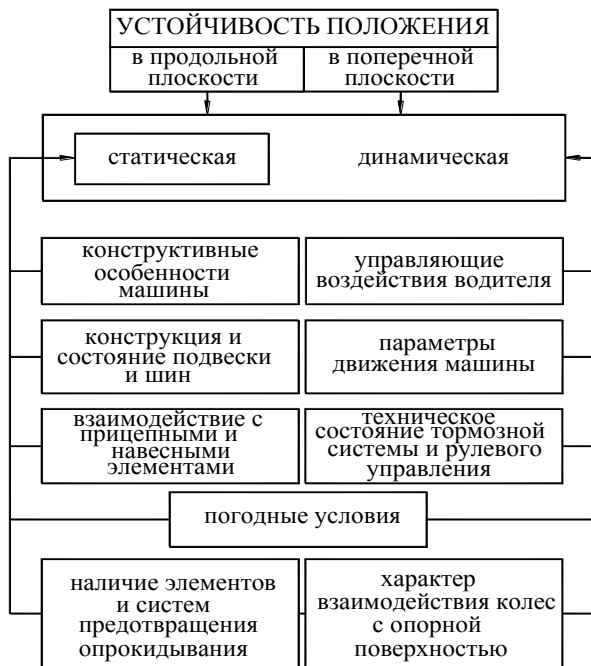


Рис. 1 – Структура формирования свойства устойчивости положения колесных машин

Поэтому устойчивость положения является необходимым условием обеспечения устойчивости движения. Проходимость и плавность хода – это эксплуатационные свойства, ограничивающие скорость движения по условиям устойчивости положения.

Выводы. В результате анализа свойства устойчивости колесных машин получено определение устойчивости положения, отличающееся от известных комплексным учетом влияния конструктивных и эксплуатационных факторов.

Предложенная структура формирования свойства устойчивости положения колесных машин позволит в дальнейшем построить систему критериев для его оценки.

Литература

1. Артемов Н.П. Устойчивость колесных машин как сложное эксплуатационное свойство / Н.П. Артемов, М.А. Подригало, Д.М. Клец // Автомобильный транспорт. – 2011. – Вып. 29. – С. 179-184.
2. Terminology for vehicle directional control and tire characteristics / “SAE Journal”. – Vol.12, №2. – 1964. – 72 p.
3. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А.С. Литвинов. – М.: Машиностроение, 1971.– 416 с.
4. Энциклопедический словарь / [Прохоров А.М., Гиляров М.С., Жуков Е.М. и др.]. – М.: Советская энциклопедия, 1980. - 1600 с.
5. Лернер А.Я. Начала кибернетики / А.Я. Лернер. – М.: Наука, 1967. – 400 с.
6. Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движения / А.М. Ляпунов. Собрание сочинений. – Т.2. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. – 384 с.
7. Косолапов Г.М. Пути повышения устойчивости автомобиля при торможении. Автореф. дисс... д-ра техн. наук: 05.05.03 / Волгоград. политехн. ин-т. – Волгоград, 1973. – 40 с.
8. Таборек Я. Механика автомобиля / Я. Таборек. – М.: Машгиз, 1960. – 205 с.
9. Зимелев Г.В. Теория автомобиля / Г.В. Зимелев. – М.: Машгиз, 1959. – 312 с.
10. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин / Г.А. Смирнов. – М.: Машиностроение, 1990.– 352 с.
11. Петров М.А. Работа автомобильного колеса в тормозном режиме / М.А. Петров. – Омск: Западно-Сибирское книжное издательство, 1973. – 224 с.
12. Рославцев А.В. Теория движения тягово-транспортных средств / А.В. Рославцев // УМЦ “Триада”. – М., 2003.– 171 с.
13. Дорошенко Н.А. Обоснование и разработка методов выбора параметров трактора типа Т-150К по показателям плавности хода и устойчивости на транспортных работах: автореф. дисс. на соиск. ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.05.03 „Автомобили и тракторы” / Н.А. Дорошенко. – Харьков, 1990. – 26 с.
14. Петренко А.М. Устойчивость специальных транспортных средств: учеб. пособие / Петренко А.М. – М.: МАДИ, 2013. – 41 с.
15. Коновалов В.Ф. Динамическая устойчивость тракторов / Коновалов В.Ф. – М.: Машиностроение, 1981. – 144 с.
16. Подригало М.А. Управляемость и устойчивость автомобиля. Определения понятий (в порядке обсуждения) / М.А.

Подригало // Автомобильная промышленность. – 2008. – №11. – С. 22-23.

17.ГОСТ 12.2.002-91. ССБТ. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности. – Введ. 1992-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 61 с.

18.Дубинин Е.А. Прогнозирование динамической устойчивости положения шарнирно-сочлененных средств транспорта методом парциальных ускорений / Е.А. Дубинин, А.С. Полянский // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета: Сб. науч. трудов. – Симферополь: НИЦ КИПУ, 2013. – Вып. 40. – С. 37-41.

Рецензент д.т.н., проф. С.С. Дяченко