

ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОДОЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ КОЛЁСНОЙ МАШИНЫ

Камендо П.В.,

научный руководитель д-р техн. наук Анопченко В.Г.

Сибирский Федеральный Университет

Политехнический институт

В настоящее время усиливается интерес автолюбителей и профессионалов к трофи-рейдам и как следствие – к специальным автомобилям, допускаемым к этому виду соревнований.

В докладе представлены некоторые результаты анализа влияния значимых факторов на продольную устойчивость колёсной машины (КМ), конструктивные параметры которой соответствуют требованиям Технической комиссии к специальным автомобилям группы ТРЗ.

Специальные внедорожники для трофи-рейдов являются машинами, создаваемыми путем уменьшения или устранения сложнейших противоречий, связанных с безопасностью, управляемостью, устойчивостью, проходимостью КМ. Характерной особенностью этих внедорожников является сравнительно высокие показатели профильной проходимости (свесы, углы, радиусы, просветы), что весомо увеличивает высоту центра масс. Тяговые возможности многих КМ позволяют не только реализовывать силу тяги, превышающую силу тяжести, но могут привести машину и к продольному опрокидыванию при защемлении колес опорной поверхностью.

Для оценки возможности продольного опрокидывания КМ, в качестве объекта анализа был выбран концепт на базе агрегатов отечественного производства. На рис.1 представлена динамическая характеристика концептуальной КМ.

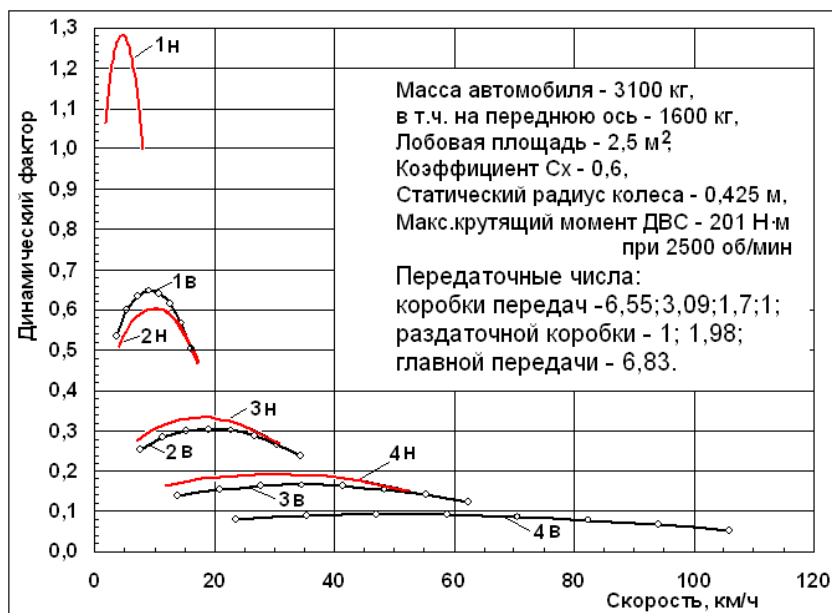


Рис.1. Динамическая характеристика концептуального варианта колесной машины, где индексы **н** и **в** соответствуют передаточным числам 1,98 и 1,0 раздаточной коробки

Полная масса машины 3100 кг, из которой 1520 кг приходится на переднюю ось. База автомобиля 2,55 м; абсцисса центра масс 1,3 м; ордината центра масс 1 м; статический радиус колеса 0,425 м.

Сила сопротивления воздуха, при движении на понижающей передаче РК, не превышает 200 Н, т.е. её влияние на опрокидывающий момент автомобиля несущественно.

В число значимых факторов, влияющих на продольную устойчивость, были включены: угол продольного подъема; форма профиля наклонного участка (прямолинейная, выпуклая, вогнутая); сцепные свойства колёс; координаты центра масс; ускорение движения.

В докладе представлены результаты анализа влияния на продольную устойчивость следующих факторов: угла продольного подъема α , тягового момента M_T , реализуемого ведущими колёсами; ускорения J_a движения автомобиля.

На рис.2 представлена расчетная схема автомобиля на прямолинейном продольном подъёме. С учетом предварительных расчетов, из числа значимых факторов были исключены: сила сопротивления воздуха; прогиб упругих элементов подвески; инерция вращающихся масс. Из расчетов также следует, что максимальное ускорение (при разгоне на внешней характеристике ДВС) может достигать $2,2 \text{ м/с}^2$.

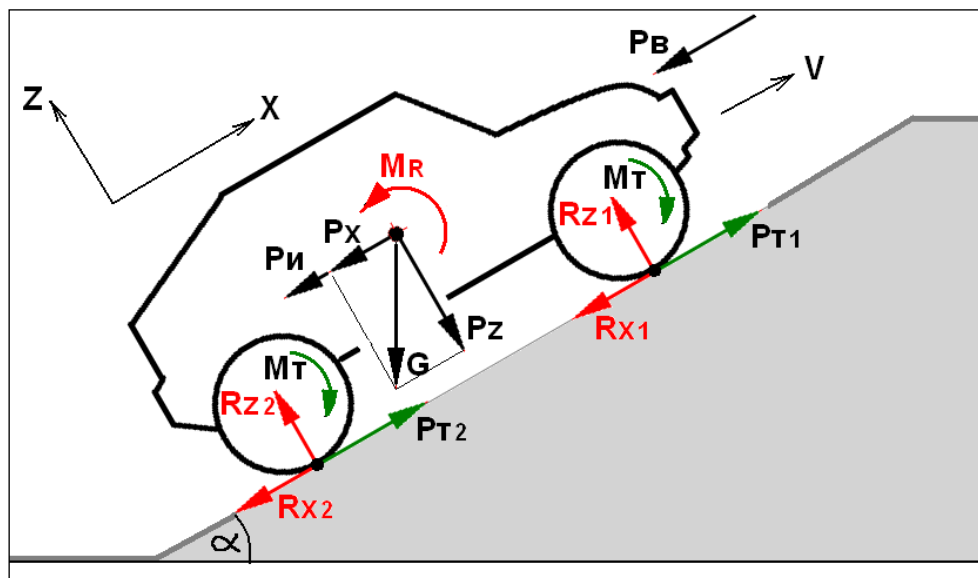


Рис. 2. Схема ускоренного преодоления автомобилем продольного подъема

Согласно рис.3, автомобиль может быть заторможен при коэффициенте сцепления $\phi=0,8$ даже на подъеме в 40 град. Однако, если при движении машину необоснованно ускорять, то буксование колес начнется уже при 30 град. Следовательно, выбранный пилотом алгоритм управления может существенно повлиять и на проходимость КМ.

Последнее обстоятельство указывает на целесообразность специальной подготовки пилотов для снижения вероятности потери устойчивости машины при преодолении подъёмов и движении на крутых спусках.

Из рис. 4а следует, что опрокидывание неподвижного автомобиля возможно лишь при углах, характерных для техногенного бездорожья, холмистых поверхностей, береговых зон водоёмов. В частности, предельный угол опрокидывания равен 50 град.

Весьма показательны зависимости на рис.4б.

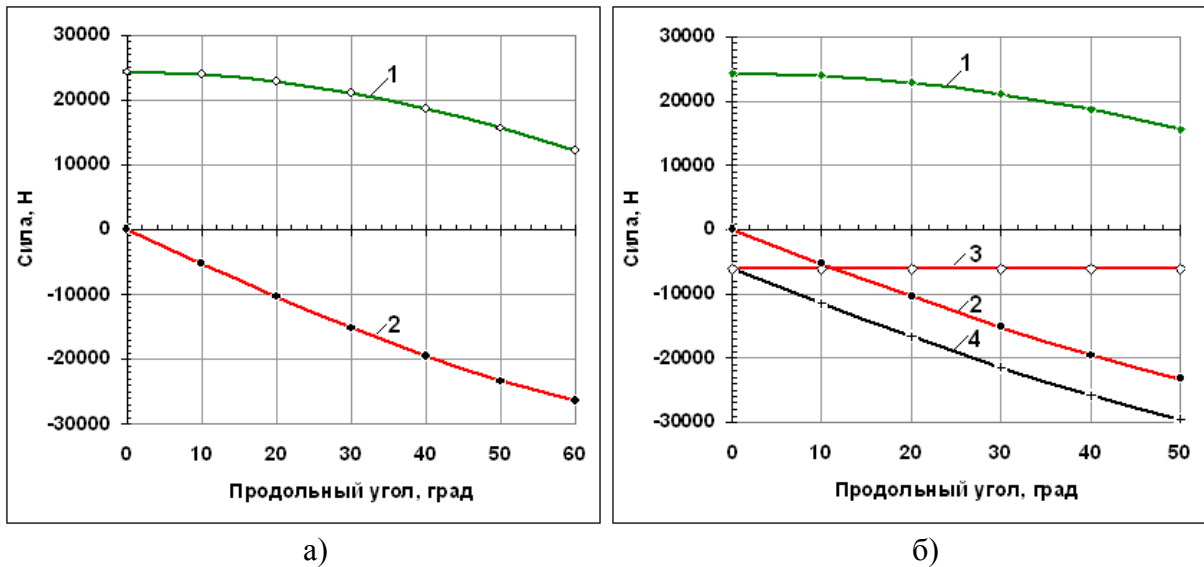


Рис. 3. Зависимость сил, действующих на автомобиль, от угла подъема опорной поверхности: а и б – соответственно неподвижный и ускоренно преодолевающий подъем автомобиль, где 1- сила тяги по сцеплению; 2- касательная составляющая силы тяжести P_x ; 3- сила инерции; 4- полная сила сопротивления движению

В частности, при ускоренном преодолении подъема продольное опрокидывание возможно уже при 30 град.

В целом, из полученных результатов следует, что при движении «внатяг», когда к колесам подводится момент, незначительно превышающий силу сопротивления движению, реактивный момент трансмиссии M_R варьируется от 100 до 10000 Н·м.

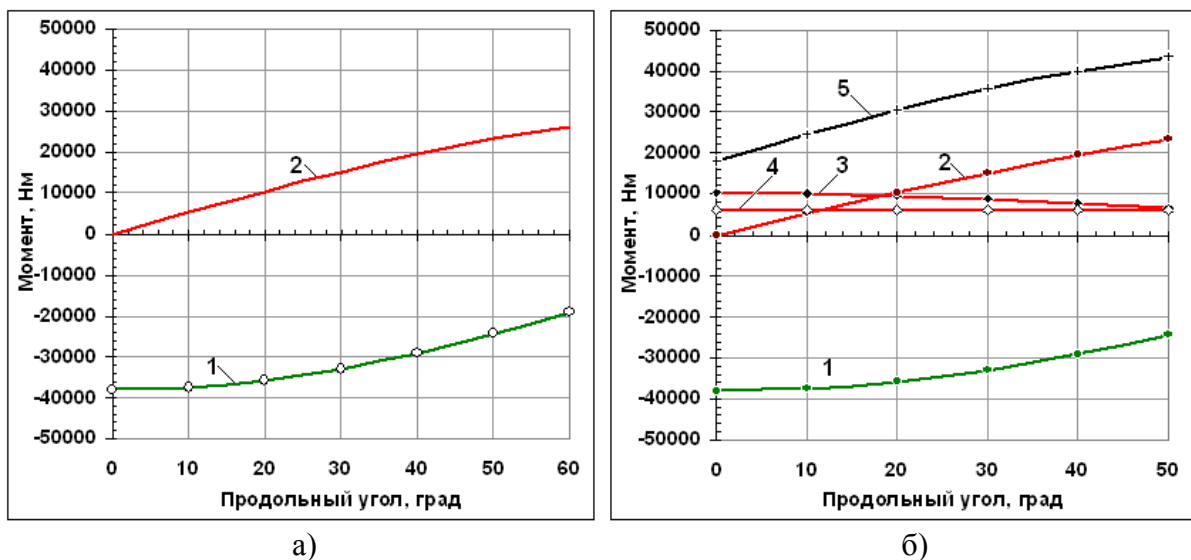


Рис. 4. Зависимость моментов, действующих на автомобиль, от угла подъема опорной поверхности: а и б – соответственно неподвижный и ускоренно преодолевающий подъем автомобиль, где 1- момент от нормальной силы P_z ; 2- момент от касательной силы P_x ; 3- реактивный момент M_R трансмиссии; 4- момент от силы инерции P_i ; 5- полный момент опрокидывания M_o

При движении с полным использованием сцепной силы колес, диапазон M_R равен 10000...7000 Н·м. Например, на 30-градусном подъеме максимальное (по

сцеплению) значение M_R равно 9000 Н·м, а движение «внатяг» снижает реактивный момент M_R до 6500 Н·м.

Значительно, до 40%, может повышать опрокидывающий момент и сила инерции при движении машины с максимальным ускорением.

Представленные в докладе некоторые результаты анализа влияния значимых факторов на продольную устойчивость колёсной машины с параметрами специального автомобиля группы ТРЗ, позволяют сделать следующие выводы.

- Дорожно-климатические условия, в которых преимущественно эксплуатируют внедорожники группы ТРЗ, могут существенно влиять на показатели продольной устойчивости этих машин;
- К числу значимых факторов, влияющих на продольную устойчивость, следует относить угол продольного подъема; форму профиля подъема (прямолинейный, выпуклый, вогнутый); сцепные свойства колёс; скоростной режим (ускоренный, замедленный, установившийся);
- Преодоление продольных подъемов с углами, существенно превышающими значения углов автомобильных дорог, определяется не только технической характеристикой машины, но и профессиональным мастерством пилота.
- Поскольку выбранный пилотом алгоритм управления может существенно повлиять и на проходимость КМ, очевидна целесообразность специальной подготовки пилотов для снижения вероятности потери устойчивости машины при преодолении подъёмов и движении на крутых спусках.

Заключение.

После уточнения алгоритма расчета показателей продольной устойчивости колесной машины, полученные результаты планируется использовать для разработки технического задания на проектирование специального внедорожника группы ТРЗ для трофи-рейдов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов Д.Ф., Беспалов С.И. и др. Теория движения боевых колесных машин. М.: Изд. Академии БТВ им. Р.Я. Малиновского, 1993.
2. Электронный ресурс / Автореферат: Методика расчетной оценки управляемости и устойчивости автомобиля на основе результатов полигонных испытаний, Шадрин С.С. /Москва 2009 год. <http://rudocs.exdat.com/docs/index-33815.html>