

Разработанный алгоритм расчета режимов движения автомобиля по дорогам с ограниченным сцеплением позволяет анализировать влияние характеристик дифференциала на проходимость автомобиля. Исследования, выполненные по настоящей программе, показали перспективность применения на автомобилях высокой проходимости дифференциалов с автоматическим регулированием момента блокировки.

УДК 629.114.456.2.073

А.И. Гришкевич, докт. техн. наук,
Б.Л. Кулаковский

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ЦИСТЕРНЫ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЖИДКОСТИ С ЕЕ ВНУТРЕННИМИ СТЕНКАМИ

При движении целиком заполненной автомобильной цистерны центр массы жидкости остается неизменным при любых маневрах автомобиля, поэтому расчет опрокидывающих сил и моментов производится на основании известных положений теории устойчивости автомобиля.

Задача значительно усложняется, если внутренняя полость цистерны заполнена жидкостью частично. В этом случае при маневрировании автоцистерны жидкость перемещается и деформируется с изменением положения центра массы жидкости. В результате в цистерне возникают дополнительные силы от динамического взаимодействия жидкости со стенками цистерны. Эти силы могут значительно влиять на устойчивость автомобиля.

Для выяснения поведения жидкости в частично заполненной емкости проведена киносъемка движения жидкости в цистерне с прозрачными стенками в реальных условиях движения автомобиля. Замечено, что при входе автомобиля в поворот жидкость накатывается вперед и в сторону, противоположную повороту. За время поворота наблюдается устойчивое без колебаний состояние жидкости. Свободная поверхность ее оказывается наклоненной под некоторым углом к горизонту (рис. 1) и имеет форму параболоида вращения. Поскольку ось вращения вынесена за пределы ограниченного объема жидкости, то стенки емкости отсекают только часть поверхности параболоида вращения. Если радиус поворота велик по сравнению с размерами цистерны, что имеет место в реальных условиях, то в первом приближении

можно считать, что поверхность плоская и угол между результирующей силой N и центробежной силой P_y составит

$$\beta = \text{arctg} \frac{g}{\omega^2 R} \quad (1)$$

где ω – угловая скорость поворота автомобиля; R – радиус поворота центра массы жидкости.

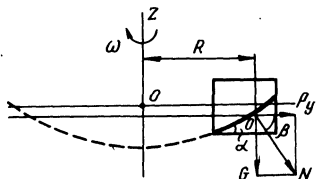


Рис. 1. Форма поверхности жидкости в повороте.

Как показывают натурные наблюдения и фотоматериалы, при повороте автомобиля центр массы жидкости расположен выше центра массы жидкости, находящейся в состоянии покоя, а это значит, что жидкость в процессе входа автомобиля в поворот приобретает определенный запас потенциальной энергии. Эта энергия в последующем превращается в кинетическую энергию движущейся жидкости и создает дополнительную ударную нагрузку на боковые стенки цистерны. Максимальная опрокидывающая сила ударного взаимодействия потока жидкости со стенкой цистерны получается при следующем изменении траектории движения автомобиля: поворот, обратный поворот.

Момент движения автомобиля в обратном повороте наиболее опасен по заносу или опрокидыванию, так как при этом наблюдаются наиболее сильные удары потока движущейся жидкости в стенки цистерны.

Так как достаточно приемлемой теории волнового движения жидкости в ограниченных объемах в настоящее время нет, исследование влияния формы цистерны, степени ее заполнения, величины бокового ускорения на взаимодействие жидкости со стенками цистерны выполнялось экспериментально. Исследования проводились на установке (рис. 2), состоящей из тележки 4, на площадке которой были закреплены две балочки 10 с наклеенными на них тензорезисторами. На тензометрических балочках 10 крепилась монтажная рама 9 с исследуемой цистерной 6. На раме 9 устанавливали также датчик ускорений 5. Тележка 4 посредством троса 7 и сменного груза 11 могла перемещаться по направляющим. С осью блока 12 связан ротор тахогенератора, предназначенного для регистрации скорости

движения тележки 4. С противоположной стороны тележки закреплен трос 3, связанный с упругим элементом 2. Последний обеспечивает заданное замедление тележки. Тележка в исходном положении фиксируется стопором 1. Величина массы сменного груза 11 определяет ускорение разгона тележки аналогично действию центробежной силы при повороте автомобиля.

После приведения в действие установки стопором 1 тележка начинает двигаться равноускоренно с ускорением j_1 . Поверхность жидкости в зависимости от величины ускорения принимает наклонное положение под углом

$$\alpha = \arctg \frac{j_1}{g}. \quad (2)$$

Ввиду того, что размеры цистерны незначительны по сравнению с величиной радиуса поворота, экспериментальная форма

наклонной поверхности (ровная плоскость) жидкости мало отличается от реальной. При замедлении тележки под действием пружины 2 потенциальная энергия жидкости превращается в кинетическую. С увеличением замедления, что в реальных условиях соответствует увеличению угловой скорости обратного поворота цистерны, происходит увеличение кинетической энергии с возрастанием опрокидывающего момента.

Некоторые результаты исследований показаны на графике (рис. 3). На графике приведена зависимость отношения боковой силы P_6 к общей массе, включающей шасси и цистерну. Анализ экспериментальных исследований показал, что при различной степени заполнения цистерны (25, 50, 75%) и замедлении j_2/g в диапазоне 0,3 - 0,8 величина силового взаимодействия жидкости со стенкой цистерны P_6 зависит от периода колебания жидкости, высоты расположения центра массы жидкости и гидравлического сопротивления движения жидкости внутри цистерны. В свою очередь влияние этих факторов связано с формой сечения цистерны. Так, при степени заполнения 25% было установлено (рис. 3), что

$$T_{\text{э}} > T_{\text{пр}} > T_{\text{кр}}; \quad P_6^{\text{э}} > P_6^{\text{пр}} > P_6^{\text{кр}}, \quad (3)$$

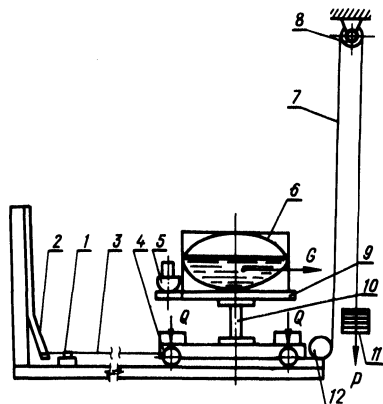


Рис. 2. Схема экспериментальной установки.

где $T_{\text{э}}$; $T_{\text{пр}}$; $T_{\text{кр}}$ – соответственно период колебания жидкости в цистернах эллиптической, прямоугольной и круглой форм. Для P_6 приняты аналогичные индексы.

Из приведенных данных можно сделать вывод, что с увеличением периода увеличивается и сила взаимодействия P_6 , так как приток кинетической энергии происходит за большой промежуток времени. При степени заполнения 50 и 75% величина опрокидывающей силы в цистерне круглой формы – максималь-

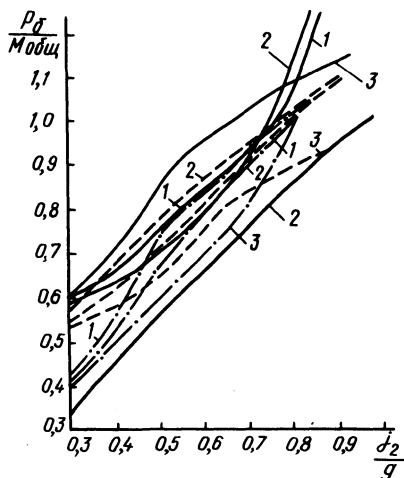


Рис. 3. График зависимости отношения P_6 к $M_{\text{общ}}$ от замедления, степени заполнения прямоугольной, круглой и эллиптической цистерн: 1 – прямоугольная цистерна; 2 – круглая; 3 – эллиптическая; --- при 25% заполнения; ---- при 50%; -.-.- при 75% и — при 100% заполнения.

ная, а в эллиптической – минимальная. Причем определяющими для P_6 являются высота центра массы и сопротивление движению потока жидкости. С увеличением замедления j_2 наблюдается быстрый рост силы P_6 в цистерне прямоугольной формы, особенно при 75% степени заполнения. Происходит это из-за местных сопротивлений, возникающих в результате резкого изменения направления движения потока жидкости в углах цистерны. С увеличением значения j_2 на величину P_6 начинает оказывать влияние верхний угол цистерны, где образуется пространство, в котором собирается жидкость.

На основании экспериментов можно сделать вывод, что худшей поперечной устойчивостью при 50 – 75% заполнения обладают автомобили с прямоугольной и круглой цистернами. С увеличением бокового ускорения j_2 поперечная устойчивость автомобиля с прямоугольной цистерной ухудшается.