

9. УСТОЙЧИВОСТЬ

9.1. Показатели поперечной устойчивости

Устойчивость автомобиля является важнейшим эксплуатационным свойством, от которого во многом зависит безопасность движения.

Нарушение устойчивости автомобиля приводит к снижению безопасности движения, вследствие чего может возникнуть аварийная ситуация или произойти ДТП.

Признаком потери автомобилем устойчивости является его скольжение или опрокидывание.

В зависимости от направления скольжения или опрокидывания автомобиля устойчивость может быть продольной или поперечной.

Нарушение у автомобиля поперечной устойчивости в процессе эксплуатации наиболее вероятно и более опасно, чем нарушение продольной устойчивости.

Показателями поперечной устойчивости автомобиля являются:

- критическая скорость по боковому скольжению (заносу) v_3 , км/ч,
- критическая скорость по опрокидыванию v_0 , км/ч,
- критический угол поперечного уклона дороги (косогора) по боковому скольжению β_3 , °,
- критический угол поперечного уклона дороги (косогора) по опрокидыванию β_0 , °,
- коэффициент поперечной устойчивости η_n .

критическая скорость по боковому скольжению (заносу).

При равномерном движении автомобиля на повороте на горизонтальной дороге (рис. 9.1) боковое скольжение его колес может возникнуть в результате действия поперечной силы P_y (центробежной, силы ветра или боковых ударов о неровности дороги) в тот момент, когда поперечная сила становится равной силе сцепления колес с дорогой, т. е.

$$P_y = P_{сц}$$

Подставим в это выражение значения центробежной силы и силы сцепления:

$$\frac{c \cdot v^2}{13 \cdot g \cdot R} = G \cdot \varphi_y$$

где φ_y - коэффициент поперечного сцепления.

Учитывая, что в этом случае $v = v_3$, находим критическую скорость автомобиля по боковому скольжению, или заносу, км/ч:

$$v_3 = 3,6 \sqrt{gR\varphi_y}$$

Критической скоростью по боковому скольжению называется предельная скорость, по достижении которой возможен занос автомобиля.

Таким образом, при прохождении поворота на критической скорости по боковому скольжению заноса у автомобиля может и не возникнуть.

В этом случае занос может произойти только при любом минимальном боковом возмущении (порыв ветра, боковой удар колеса о дорожную неровность, поперечный уклон дороги), а также при увеличении скорости движения или уменьшении радиуса поворота, что приводит к увеличению поперечной силы P_y .

Критическая скорость по опрокидыванию.

При повороте на горизонтальной дороге поперечная сила P_y (см. рис. 9. 1), действующая на автомобиль, может вызвать не только боковое скольжение, но и опрокидывание.



Рис. 9.1. Схема для определения критических скоростей автомобиля по заносу и опрокидыванию:
А - точка, относительно которой происходит опрокидывание автомобиля

Renault Trucks предлагает транспортному бизнесу новую функцию предупреждения водителя о возможном опрокидывании грузового автомобиля с автобетоносмесительной надстройкой. Данная функция адаптирована исключительно для шасси с АБС с колесной формулой 8x4 и призвана обеспечить безопасность водителей на дороге и контроль за сохранностью автомобиля при транспортировке бетона.



Основанное на GPS-навигации приложение Nav`Truck под названием Mixer Rollover Alert («Предупреждение о возможном опрокидывании») в режиме реального времени оценивает риск возможного опрокидывания транспортного средства на основании данных о рельефе дороги, скорости и загрузке автомобиля. Перед началом рейса водителю требуется активировать данную функцию в приложении Nav`Truck на своем смартфоне или планшете, а затем ввести необхо-

димые характеристики: тип бетона и перевозимый объем груза. Когда автомобиль отправится в поездку, приложение приступит к оценке риска возможного опрокидывания ТС, например, при приближении к повороту. В случае возникновения опасности, приложение мгновенно отправит звуковой и визуальный сигналы (на дисплее появится оранжевый или красный цвет в зависимости от уровня угрозы опрокидывания), а также отобразит рекомендуемую скорость ТС для предотвращения инцидента.

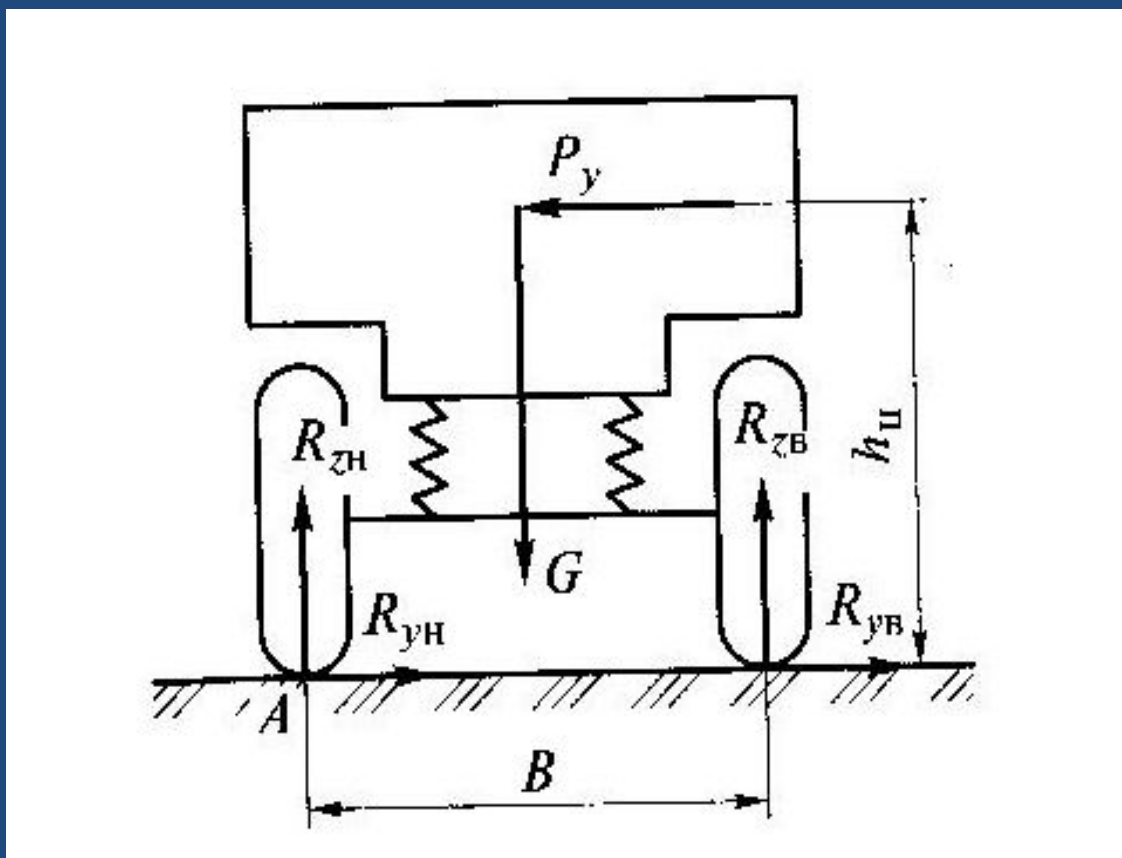


Рис. 9.1. Схема для определения критических скоростей автомобиля по заносу и опрокидыванию:
 А - точка, относительно которой происходит опрокидывание автомобиля

Опрокидывание автомобиля происходит относительно его наружных колес (точка A).

В момент отрыва внутренних колес от дороги нормальные реакции $R_{zB} = 0$, и весь вес автомобиля воспринимается наружными колесами ($R_{zH} = G$).

В этом случае опрокидывающий момент, создаваемый поперечной силой, уравнивается восстанавливающим моментом, обусловленным весом автомобиля:

$$M_O = M_B$$

Подставив в это выражение значения моментов, получим

$$P_y h_{\text{ц}} = G \frac{B}{2}$$

или с учетом значения поперечной силы

$$\frac{G v^2}{13 g R} h_{\text{ц}} = G \frac{B}{2}$$

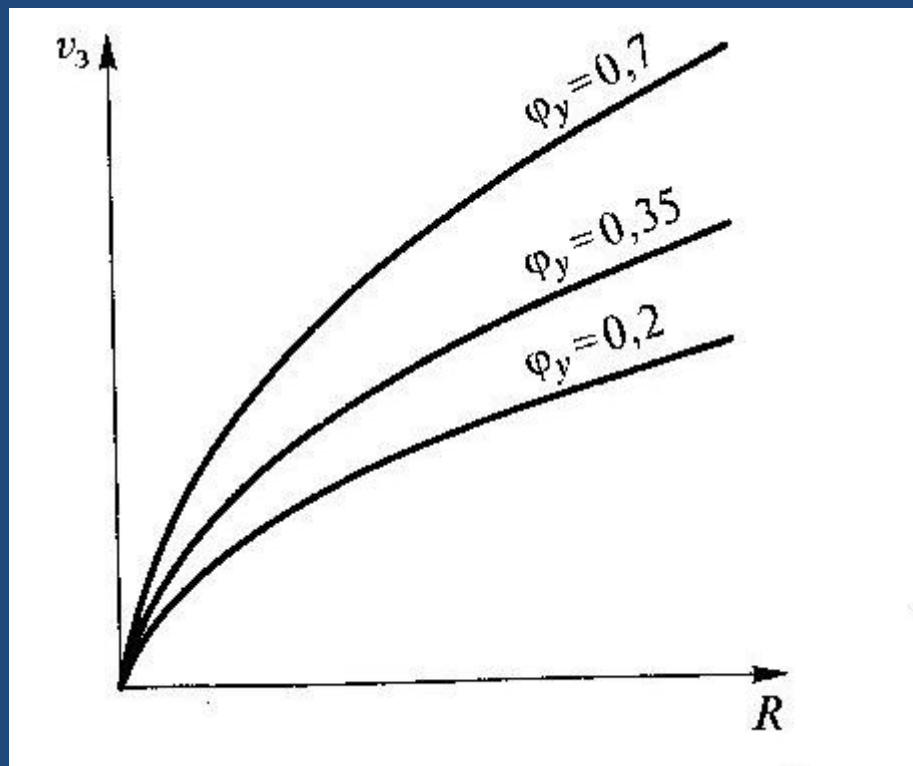


Рис. 9.2. Зависимости критической скорости автомобиля по заносу от радиуса поворота и коэффициента сцепления

Помня о том, что в этом случае

$$v = v_{o'}$$

определим критическую скорость
автомобиля по опрокидыванию, км/ч:

Критической скоростью по
опрокидыванию называется предельная
скорость, по достижении которой
возможно опрокидывание автомобиля.

Следовательно, при движении автомобиля на повороте с критической скоростью по опрокидыванию его опрокидывания может и не произойти.

Опрокидывание автомобиля в этом случае возможно только при минимальном боковом возмущении и увеличении скорости или уменьшении радиуса поворота. Зависимости v_o от R и $h_{ц}$ показаны на рис. 9.3.

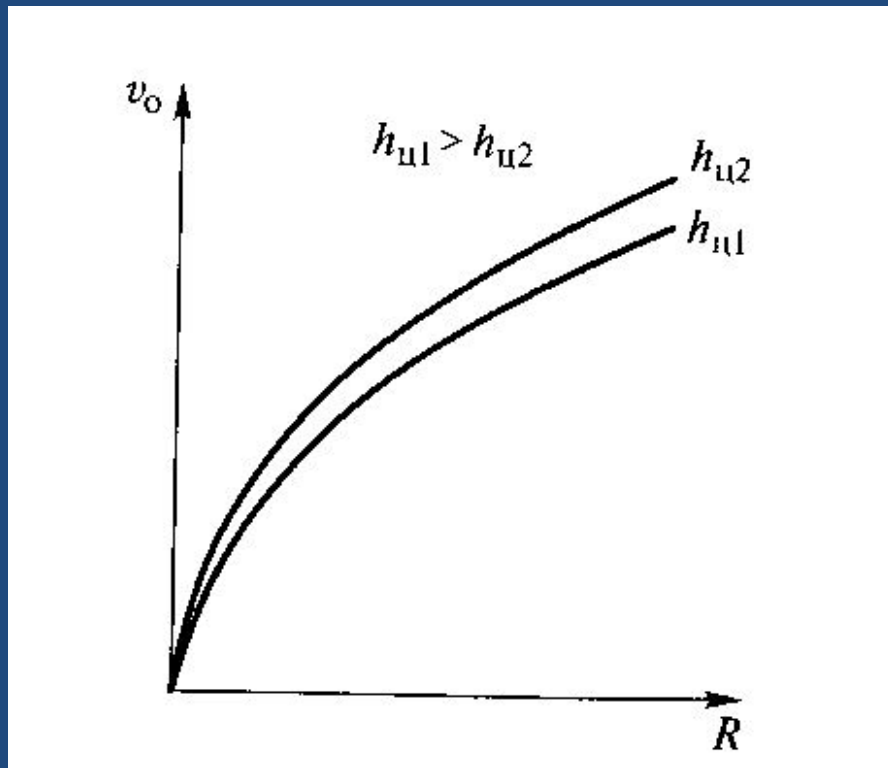


Рис. 9.3. Зависимости критической скорости по опрокидыванию от радиуса поворота и высоты центра тяжести автомобилей, имеющих одинаковую колею:

$h_{ц1}, h_{ц2}$ - значения высоты центра тяжести двух автомобилей

Критический угол поперечного уклона дороги по боковому скольжению.

При прямолинейном движении автомобиля по дороге с поперечным уклоном (по косогору) потерю его поперечной устойчивости вызывает составляющая силы тяжести автомобиля (рис. 9.4), параллельная плоскости косогора:

$$P_y = G \sin \beta$$

где β - угол поперечного уклона дороги.

Боковое скольжение автомобиля на косогоре может начаться в момент, когда

$$P_y = P_{\text{сц}}$$

Подставив в последнее выражение P_3 значения сил, получим

$$G \sin \beta = \varphi_y G \cos \beta.$$

Учитывая, что в данном случае $\beta = \beta_3$, определим критический угол поперечного уклона дороги по боковому скольжению:

$$\operatorname{tg} \beta_3 = \varphi_y \quad \text{или} \quad \beta_3 = \operatorname{arctg} \varphi_y$$

Критическим углом поперечного уклона дороги по боковому скольжению называется предельный угол, при котором еще возможно прямолинейное движение автомобиля по косогору без бокового скольжения колес.

Боковое скольжение автомобиля в этих условиях начинается при действии любого минимального поперечного возмущения.

Угол β_3 линейно зависит от коэффициента φ_y (рис. 9.5).

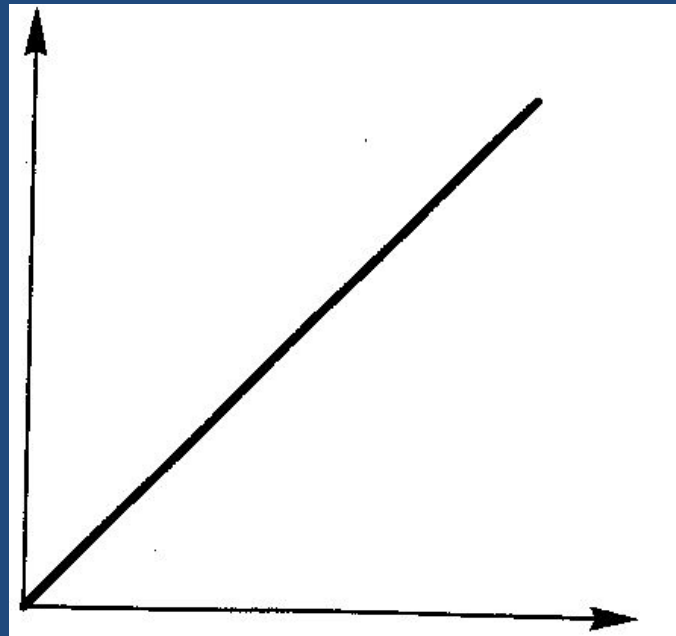
β_3  φ_3

Рис. 9.5. Зависимость критического угла поперечного уклона дороги по боковому скольжению от коэффициента сцепления

Критический угол поперечного уклона дороги по опрокидыванию.

При прямолинейном движении по дороге с поперечным уклоном(см. рис. 9.4) опрокидывание автомобиля может начаться в том случае, когда опрокидывающий момент, создаваемый поперечной силой, уравновешен восстанавливающим моментом, обусловленным нормальной составляющей силы тяжести автомобиля:

$$M_O = M_B$$

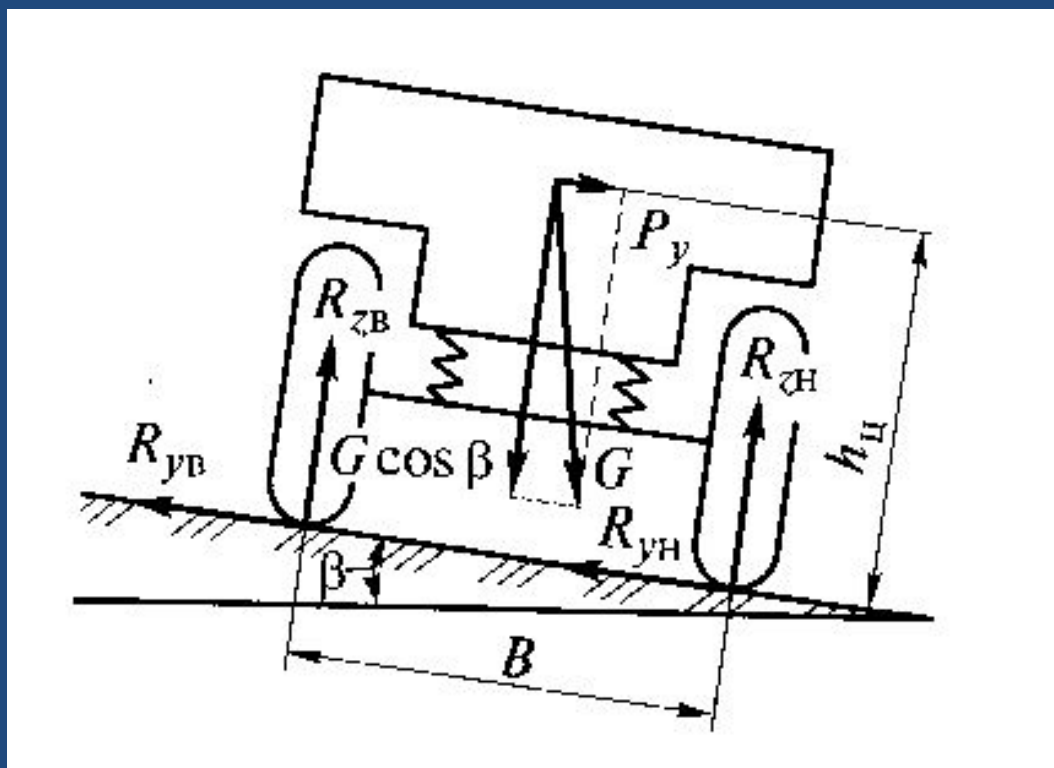


Рис. 9.4. Схема для определения критических углов поперечного уклона дороги по боковому скольжению и опрокидыванию

Подставим в это выражение значения
МОМЕНТОВ:

$$h_{\text{ц}} G \sin \beta = B / 2 G \cos \beta.$$

Учитывая, что в данном случае $\beta = \beta_0$,
находим критический угол поперечного
уклона дороги по опрокидыванию:

$$\operatorname{tg} \beta_0 = B / 2h_{\text{ц}} \quad \text{или} \quad \beta_0 = \operatorname{arctg} B / 2h_{\text{ц}}.$$

Критическим углом поперечного уклона дороги по опрокидыванию называется предельный угол, при котором еще возможно прямолинейное движение автомобиля по косоугору без опрокидывания.

Опрокидывание автомобиля в этом случае может произойти только при любом минимальном боковом возмущении.

Значение критического угла поперечного уклона дороги по опрокидыванию зависит от типа автомобиля. Так, для легковых автомобилей этот угол составляет $40...50^{\circ}$, для грузовых автомобилей - $30...40^{\circ}$ и для автобусов - $25...35^{\circ}$. Угол β_0 линейно зависит от отношения $B/2h_{ц}$ (рис. 9.6).

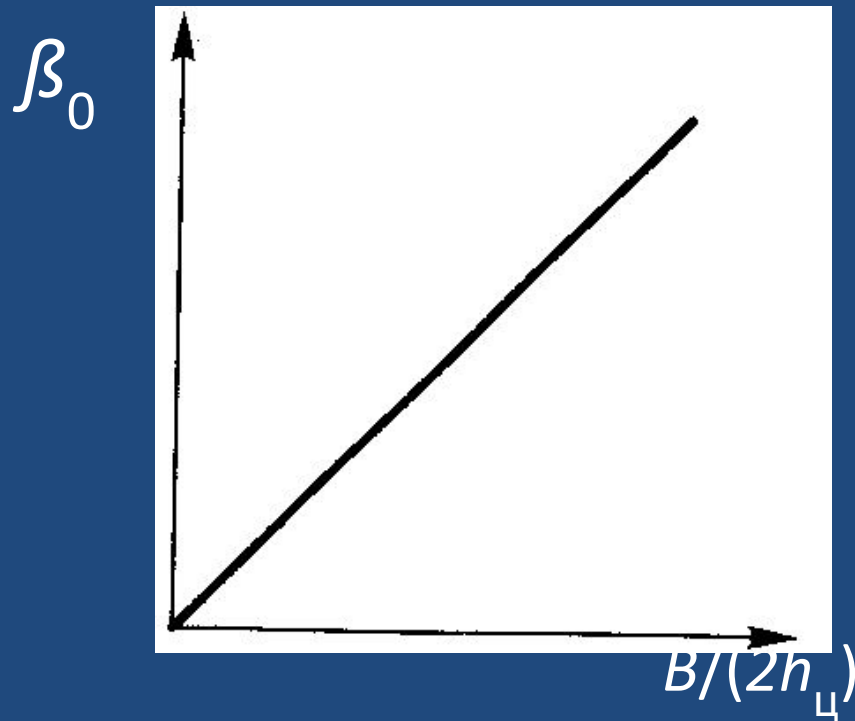


Рис. 9.6. Зависимость критического угла поперечного уклона дороги по опрокидыванию от соотношения колеи колес и высоты центра тяжести автомобиля

Коэффициент поперечной устойчивости.

Коэффициентом поперечной устойчивости автомобиля называется отношение колеи колес автомобиля к его удвоенной высоте центра тяжести:

$$\eta_{\text{п}} = B / 2h_{\text{ц}}$$

Коэффициент поперечной устойчивости позволяет определить, какой из двух видов потерь поперечной устойчивости (занос или опрокидывание) более вероятен при эксплуатации.

Для примера рассмотрим случай движения автомобиля при повороте на горизонтальной дороге. С этой целью приравняем критические скорости по боковому скольжению и опрокидыванию:

$$3,6\sqrt{gR\varphi_y} = 3,6\sqrt{\frac{gRB}{2h_{\text{ц}}}},$$

откуда

$$\varphi_y = \frac{B}{2h_{\text{ц}}} = \eta_{\text{п}}.$$

Из этого выражения следует, что если коэффициент поперечного сцепления колес с дорогой меньше коэффициента поперечной устойчивости ($\varphi_y < \eta_{\text{п}}$), то при повороте более вероятен занос, чем опрокидывание.

Если же коэффициент поперечного сцепления колес с дорогой больше коэффициента поперечной устойчивости ($\varphi_y > \eta_{\text{п}}$), то опрокидывание автомобиля может произойти без предварительного его заноса, что возможно на дорогах с большим коэффициентом сцепления.

Значение коэффициента поперечной устойчивости зависит от типа автомобиля.

Так, для грузовых автомобилей оно составляет 0,55...0,8, для автобусов - 0,5...0,6 и легковых автомобилей - 0,9...1,2.

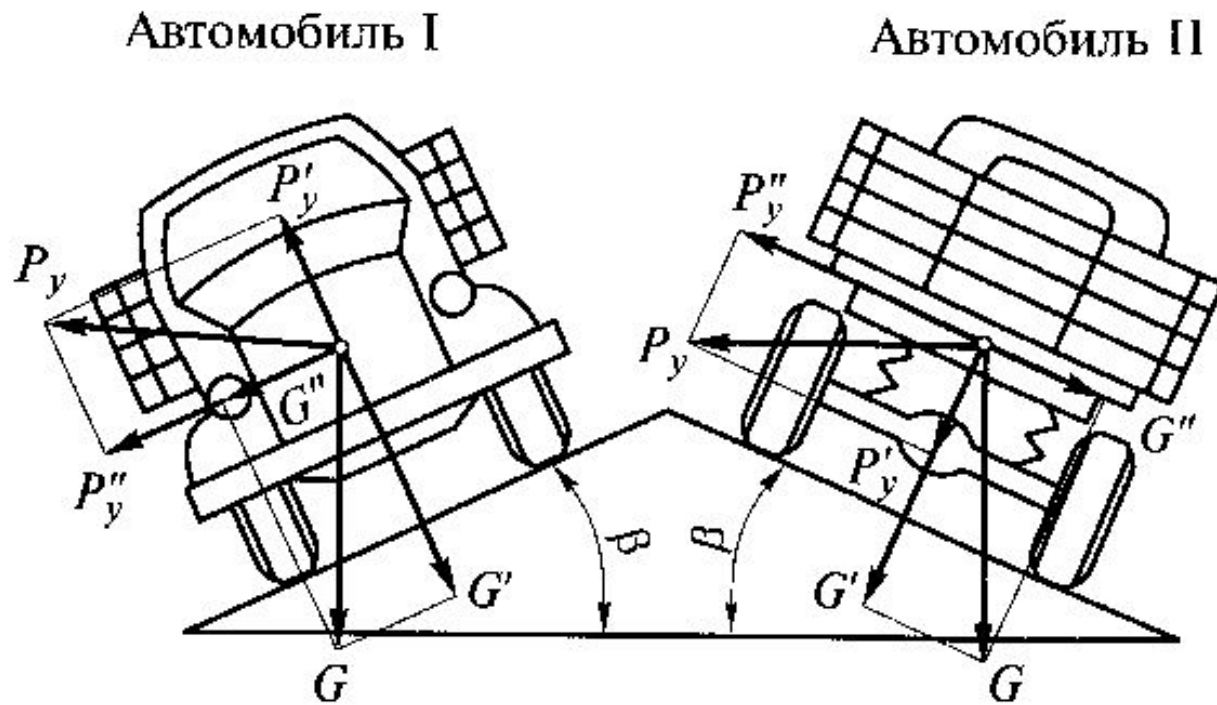
Чем больше значение коэффициента поперечной устойчивости, тем более устойчив автомобиль против бокового опрокидывания.

9.2. Поперечная устойчивость на вираже

Ранее были рассмотрены случаи, когда нарушение поперечной устойчивости автомобиля вызывали закругления или поперечный уклон дороги.

Однако в эксплуатации часто встречаются одновременно поворот и поперечный уклон дороги, что создает предпосылки для нарушения поперечной устойчивости.

На рис. 9.7 представлены два автомобиля.
Автомобиль I движется на повороте по
наружному краю дороги, а автомобиль II – по
внутреннему.



Определим, какой из них более устойчив и безопасен на повороте.

Для этого разложим поперечную силу P_y и силу тяжести G на соответствующие составляющие, перпендикулярные (P_y' и G') и параллельные (P_y'' и G'') поверхности дороги.

У автомобиля II поперечная устойчивость выше, чем у автомобиля I, так как у него силы P_y' и G' складываются и увеличивают сцепление колес с дорогой, а силы P_y'' и G'' частично уравновешивают друг друга, действуя в противоположных

У автомобиля I силы P'_y и G' , направленные в противоположные стороны, уменьшают сцепление колес с дорогой, а силы P'_y и G'' , действуя в одном направлении, уменьшают поперечную устойчивость.

Таким образом, автомобиль II, движущийся по внутреннему краю дороги (по отношению к центру поворота), более устойчив и безопасен на повороте, чем автомобиль I.

В связи с этим для обеспечения необходимой безопасности движения на дорогах с малым радиусом поворота устраивают вираж - односкатный поперечный профиль, благодаря которому поперечный уклон дороги направлен к центру поворота.

В этом случае поперечная устойчивость автомобиля существенно повышается (как у автомобиля II) независимо от направления его движения.

При движении на вираже (рис. 9.8) боковое скольжение автомобиля может начаться при условии

$$P_{\text{б}} = P_{\text{сц}},$$

где $P_{\text{б}}$ - боковая сила, действующая на вираже, или

$$P_y \cos \beta - G \sin \beta = (P_y \cos \beta + G \sin \beta) \cdot \varphi_y$$

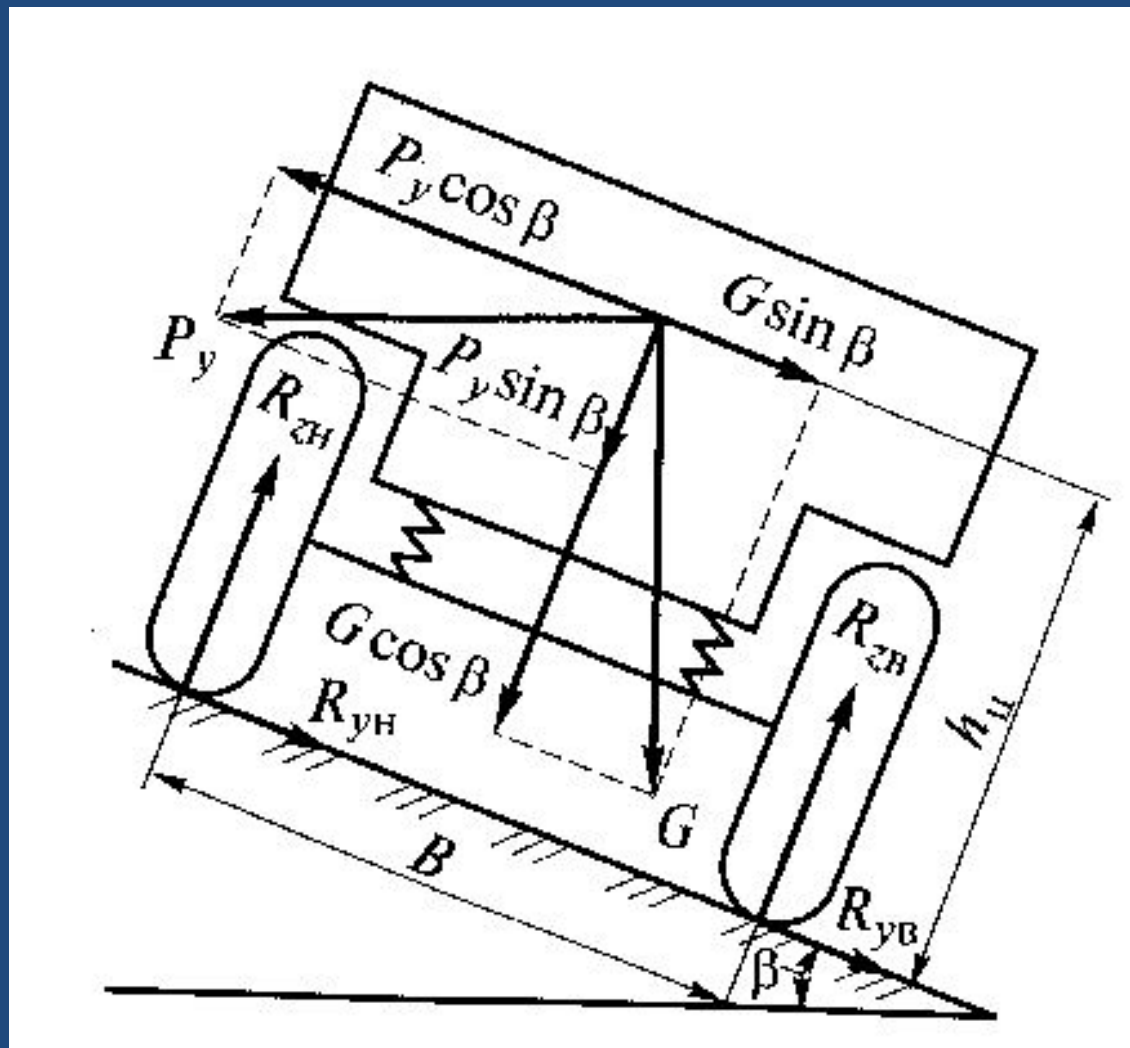


Рис.9.8. Движение автомобиля при вираже

Подставим в указанное выражение значение поперечной составляющей P_y центробежной силы и, выполнив ряд преобразований, определим критическую скорость автомобиля по заносу на вираже, км/ч;

$$v_{з.в} = 3,6 \sqrt{\frac{(\varphi_y + \operatorname{tg} \beta) g R}{1 - \varphi_y \operatorname{tg} \beta}}.$$

Опрокидывание автомобиля при движении на вираже возможно при условии равенства опрокидывающего и восстанавливающего моментов:

$$M_O = M_B,$$

или

$$(P_y \cos \beta - G \sin \beta) h_{ц} = (P_y \sin \beta + G \cos \beta) \cdot \frac{B}{2}$$

Подставим значение силы P_y и, выполнив соответствующие преобразования, найдем критическую скорость автомобиля по опрокидыванию на вираже, км/ч;

$$v_{o.v} = 3,6 \sqrt{\frac{(B + 2h_{ц} \operatorname{tg} \beta) g R}{2h_{ц} - B \operatorname{tg} \beta}}$$

В приведенных ранее формулах для показателей поперечной устойчивости автомобиля не учитывается эластичность его шин и подвески и, следовательно, поперечный крен кузова.

В процессе эксплуатации при действии боковой силы возникает поперечный крен кузова.

Угол крена кузова не превышает $8...10^\circ$, но он существенно ухудшает поперечную устойчивость автомобиля, что способствует его опрокидыванию.

Так, например, значения критической скорости и критического угла поперечного уклона дороги по опрокидыванию с учетом бокового крена кузова на 10...15 % меньше, чем без учета крена.

9.3. Занос автомобиля

В процессе эксплуатации автомобилей при нарушении поперечной устойчивости чаще происходит их занос, чем опрокидывание. При этом начинают скользить колеса одного из мостов - переднего или заднего.

Определим, что более вероятно и опасно: занос переднего управляемого или заднего ведущего моста.

Для качения колеса без скольжения необходимо, чтобы

$$P_{\text{сц}} \geq \sqrt{R_x^2 + R_y^2},$$

где R_x - касательная реакция дороги;
 R_y - поперечная реакция дороги.

Следовательно, должно выполняться соотношение

$$R_y \leq \sqrt{R_z^2 \varphi_x^2 - R_x^2},$$

согласно которому поперечная сила, прилагаемая к колесу и не вызывающая его скольжения, тем больше, чем значительнее сила сцепления колеса с дорогой и меньше касательная реакция дороги.

Определим, какое из колес (ведомое, ведущее или тормозящее) наиболее устойчиво против бокового скольжения (заноса).

Ведомое колесо наиболее устойчиво против заноса, так как касательная реакция дороги R_x , представляющая собой силу сопротивления качению, мала по сравнению с силой сцепления $P_{сц}$.

Ведущее и тормозящее колеса менее устойчивы против заноса, поскольку через них передаются соответственно тяговая и тормозная силы.

В тот момент, когда сила сцепления будет равна касательной реакции дороги ($P_{\text{сц}} = R_x$), сцепление колеса с дорогой полностью использовано касательной реакцией.

В этом случае достаточно действия небольшой боковой силы, чтобы начался занос колеса.

Для ликвидации начавшегося заноса следует уменьшить касательную реакцию на колесе (уменьшить тяговую силу, прекратить торможение).

При прямолинейном движении автомобиля наиболее вероятен занос заднего ведущего моста, так как на его колеса при разгоне и преодолении повышенного сопротивления дороги действуют касательные реакции дороги во много раз более значительные, чем на колеса переднего ведомого моста.

При торможении автомобиля вследствие перераспределения нагрузки (увеличивается нагрузка на передний мост) уменьшается сила сцепления задних колес, что также способствует заносу заднего ведущего моста.

Занос заднего ведущего моста автомобиля при эксплуатации не только вероятнее, чем переднего, но и опаснее. Допустим, что у двигавшегося прямолинейно автомобиля со скоростью v_a начался занос переднего (рис. 9.9, а), или заднего (рис. 9.9, б) моста со скоростью v'_3 .

В обоих случаях мост, у которого начался занос, перемещается в направлении результирующей скорости v' , а нескользящий мост по-прежнему движется прямолинейно со скоростью v_a .

Происходит поворот автомобиля вокруг центра O , и на автомобиль действует центробежная сила P_c . Радиус поворота автомобиля в этом случае равен R .

При заносе переднего моста (см. рис. 9.9, а) поперечная составляющая P_y центробежной силы, являющаяся основной силой, которая действует на автомобиль при повороте, направлена противоположно скольжению передних колес.

В результате занос переднего моста автоматически прекращается.

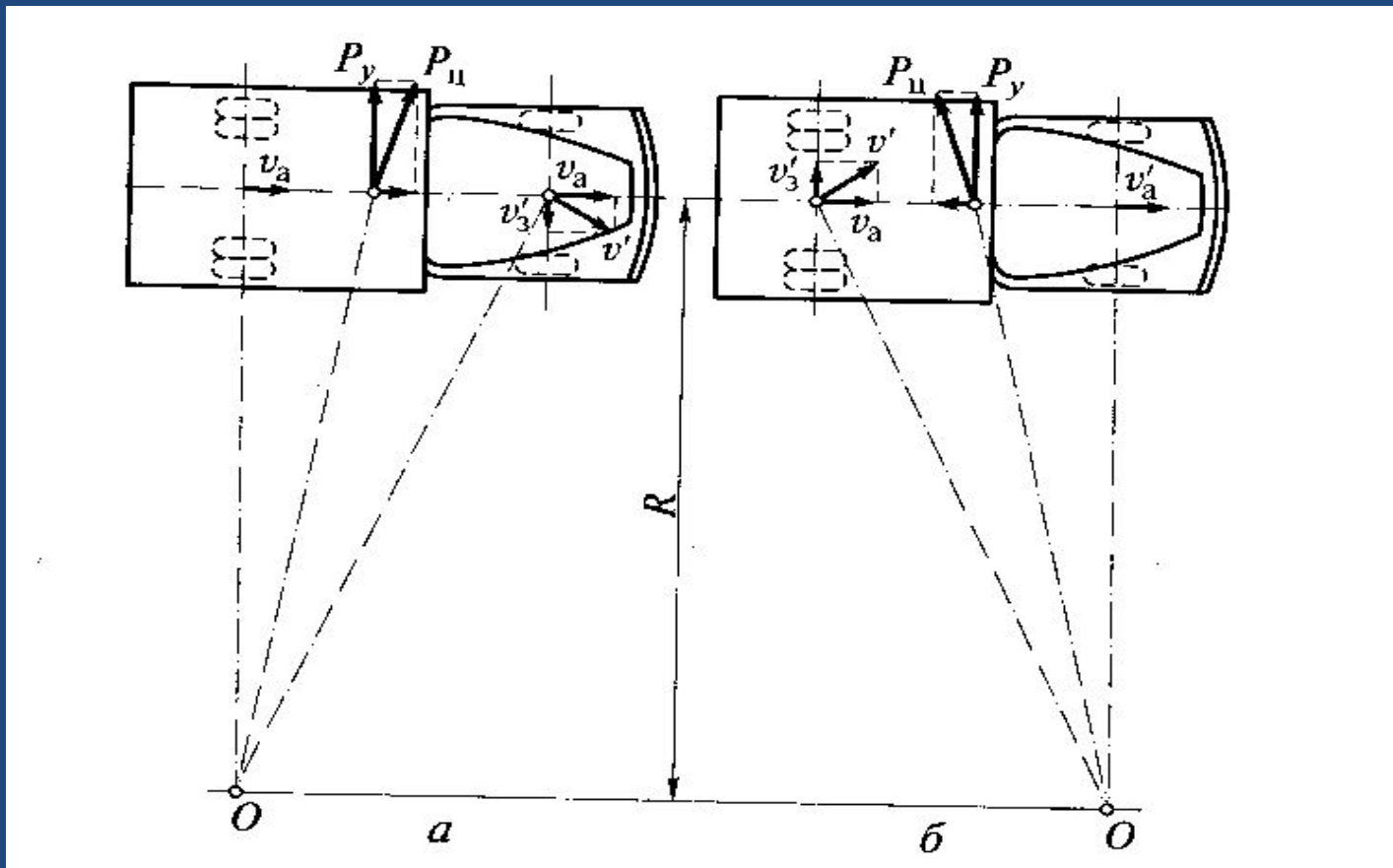


Рис. 9.9 Занос переднего (а) и заднего (б) мостов автомобиля:
 O – центр поворота

При заносе заднего моста (см. рис. 9.9, б) поперечная составляющая P_y центробежной силы действует в направлении скольжения задних колес и усиливает начавшийся занос заднего моста.

Для ликвидации начавшегося заноса необходимо повернуть передние управляемые колеса в сторону заноса, как показано на рис. 9.10.

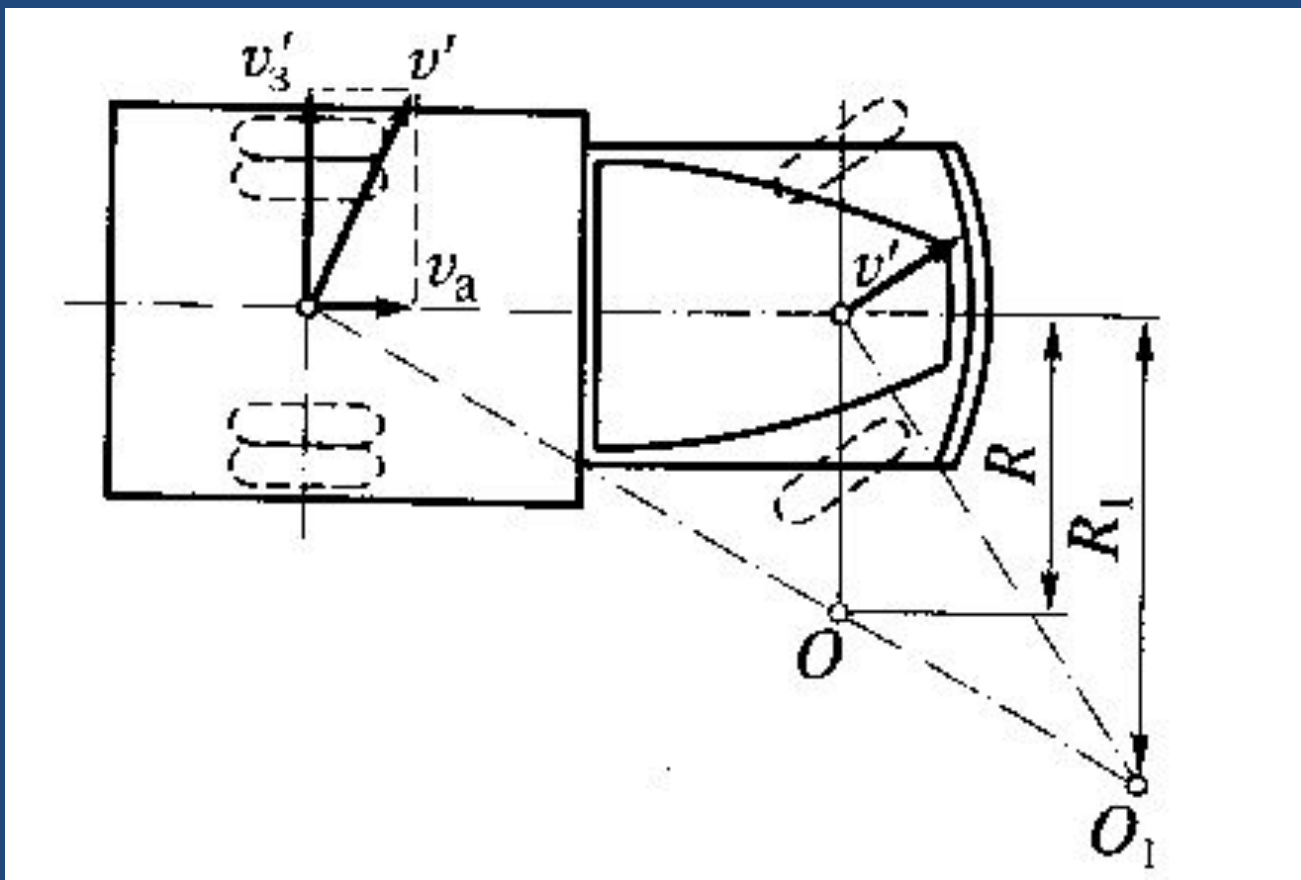


Рис. 9.10. Гашение заноса автомобиля:
 O, O_1 – центры поворота; R, R_1 – радиусы
поворота при заносе и ликвидации
заноса

При этом центр поворота автомобиля O переместится в точку O_1 , радиус поворота увеличится и станет равным R_1 . В результате поперечная составляющая P_y центробежной силы, способствующая заносу, уменьшится.

При повороте передних колес на больший угол, центр поворота переместится на противоположную сторону автомобиля, и поперечная составляющая P_y центробежной силы будет направлена в сторону, противоположную заносу.

Занос задних колес в этом случае

При еще большем угле поворота передних колес скольжение задних колес начнется в противоположную сторону. Поэтому после прекращения заноса задних колес автомобиль нужно вывести на прямолинейное движение.

В процессе эксплуатации занос автомобиля происходит чаще всего при торможении, когда в месте контакта колес с дорогой действуют большие тормозные силы.

В результате колеса теряют способность воспринимать боковые силы.

При торможении занос часто возникает также из-за неодинаковых тормозных моментов на колесах одного моста.

Это происходит вследствие неправильной регулировки тормозных механизмов или их замасливания и загрязнения.

Для ликвидации начавшегося заноса при торможении следует уменьшить касательные реакции дороги на колесах (прекратить торможение).

Для устранения потери устойчивости автомобиля необходимо перед началом поворота уменьшить скорость движения, так как поперечная составляющая P_y центробежной силы пропорциональна квадрату скорости.

9.4. Продольная устойчивость автомобиля

При нарушении продольной устойчивости автомобиль может опрокинуться относительно оси передних или задних колес, а также скользить в продольном направлении.

Опрокидывание вокруг осей колес возможно только у автомобиля с очень короткой базой и высоким расположением центра тяжести.

Однако для большинства современных автомобилей, имеющих низкое расположение центра тяжести, опрокидывание в продольной плоскости маловероятно.

Возможно лишь продольное скольжение, вызванное буксованием ведущих колес, что более вероятно для автопоездов.

В связи с этим показателем продольной устойчивости автомобиля является критический угол подъема по буксованию α_b .

Определим критический угол подъема по буксованию для автомобиля.

С этой целью рассмотрим равномерное движение автомобиля на максимальном подъеме (рис. 9.11), так как разгон на нем невозможен.

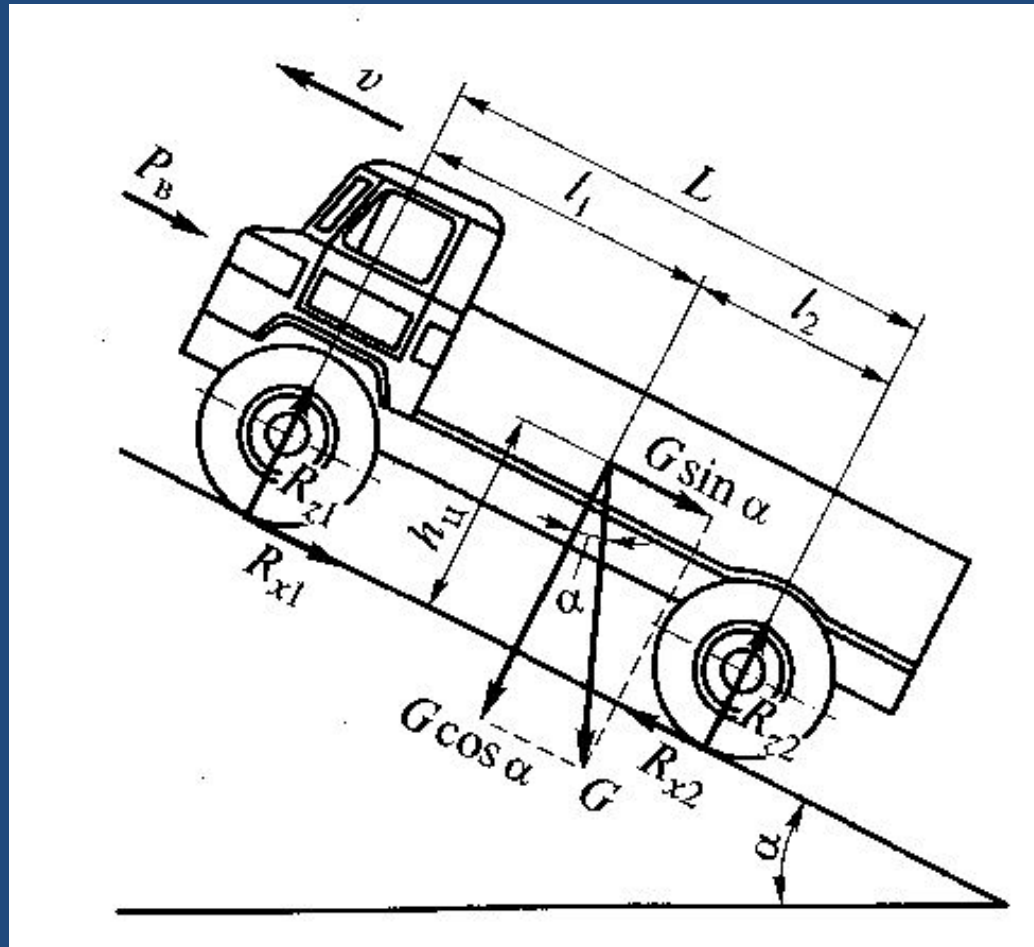


Рис. 9.11 Схема для определения критического угла подъема по буксированию

При преодолении максимального подъема скорость движения автомобиля небольшая, поэтому силой сопротивления воздуха R_v пренебрегаем.

При этом сцепление ведущих колес с дорогой полностью используется касательной реакцией дороги ($R_{x2} = P_{сц} = R_{z2} \varphi_x$), а касательной реакцией дороги на передних колесах R_{x1} пренебрегаем, так как она мала по сравнению с касательной реакцией R_{x2} .

Из условий равновесия автомобиля
следует, что

$$R_{z2} L = G h_{ц} \sin \alpha + G L_1 \cos \alpha;$$
$$R_{x2} = G \sin \alpha.$$

Максимальное значение касательной
реакции дороги на ведущих колесах
автомобиля ограничено сцеплением
колес с дорогой:

$$R_{x2} = R_{z2} \varphi_x$$

Подставим в это выражение значения реакций дороги R_{z2} и R_{x2} и разделим обе части уравнения на $\cos \alpha$.

Учитывая в данном случае, что $\alpha = \alpha_6$, определим критический угол подъема по буксованию:

$$\operatorname{tg} \alpha_6 = \frac{\varphi_x l_1}{L - h_{\text{ц}} \varphi_x}.$$

Критическим углом подъема по буксованию называется предельный угол, при котором еще возможно движение автомобиля на подъеме без буксования ведущих колес.

Критический угол подъема по буксованию во многом зависит от коэффициента сцепления φ_x .

Так, например, при $\varphi_x = 0,3$ (асфальт влажный и грязный или покрытый снегом) для автомобилей с колесной формулой 4x2 угол

$\alpha_6 = 10...15^\circ$.

Для автомобиля со всеми ведущими колесами критический угол подъема по буксованию

$$R_{x1} + R_{x2} = G \sin \alpha$$
$$G \cos \alpha \varphi_x = G \sin \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{б}} = \varphi_x.$$

Следовательно, такого типа автомобили могут преодолевать крутые подъемы без потери продольной устойчивости.

Угол $\alpha_{\text{б}}$ линейно зависит от коэффициента φ_x (рис. 9.12).

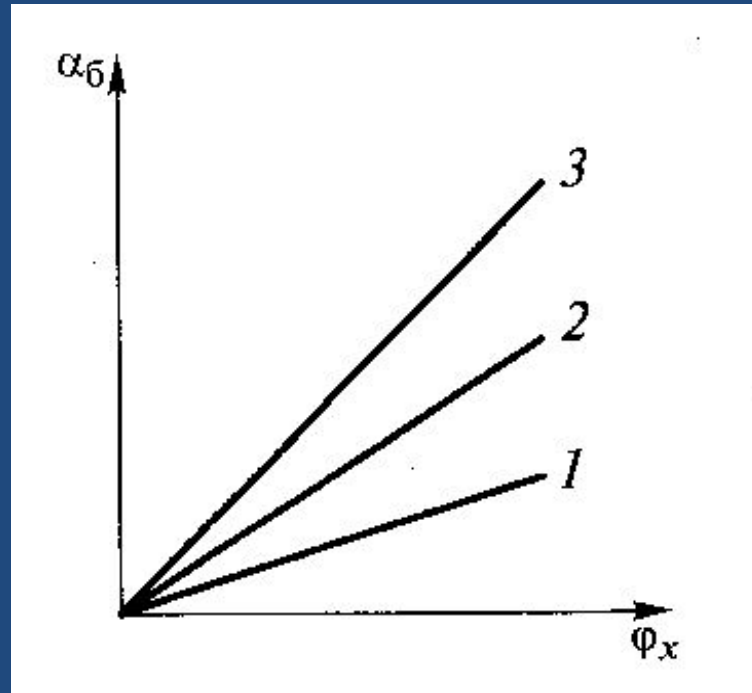


Рис. 9.12 Зависимости критического угла подъема по буксованию от коэффициента сцепления:

1-автопоезд; 2-автомобиль обычной проходимости; 3- автомобиль повышенной проходимости

Контрольные вопросы

1. Что является признаком нарушения устойчивости автомобиля?
2. Потеря какого вида устойчивости автомобиля при эксплуатации наиболее вероятна и опасна?
3. Какими показателями оценивается поперечная устойчивость автомобиля?
4. Что характеризует критические скорости автомобиля по заносу и опрокидыванию?

6. Что определяет коэффициент поперечной устойчивости автомобиля?
7. Что такое вираж и для чего его создают на поворотах дорог?
8. Занос каких колес (передних управляемых или задних ведущих) наиболее вероятен и опасен?

Объясните
почему.

9. Что может произойти с автомобилем при нарушении продольной устойчивости и каким показателем она оценивается?

9.5 Продольная устойчивость автопоезда

Признаком нарушения продольной устойчивости автопоезда при движении на подъеме является его сползание вниз по подъему, которое вызывается буксованием ведущих колес автомобиля-тягача.

Это может произойти, например, во время динамического преодоления автопоездом крутого подъема большой длины.

Продольную устойчивость автопоезда характеризует критический (максимальный) угол α_6 подъема по буксованию.

Определим максимальный угол подъема, который может преодолеть прицепной автопоезд при равномерном движении без буксования ведущих колес автомобиля-тягача. При этом силами сопротивления качению и воздуха пренебрегаем, так как автопоезд на подъеме движется с небольшой скоростью и значения этих сил невелики (рис. 9.12).

Из условий равновесия автомобиля-тягача следует:

$$R_{z2} = \frac{(Gh_{ц} + G_{пр}h_{кр}) \sin \alpha + G \cos \alpha l_1}{L};$$

$$R_{x2} = (G + G_{пр}) \sin \alpha,$$

где $G_{пр}$ - вес прицепа, Н;

$h_{кр}$ - высота расположения крюка буксирного

устройства;

α - угол подъема.

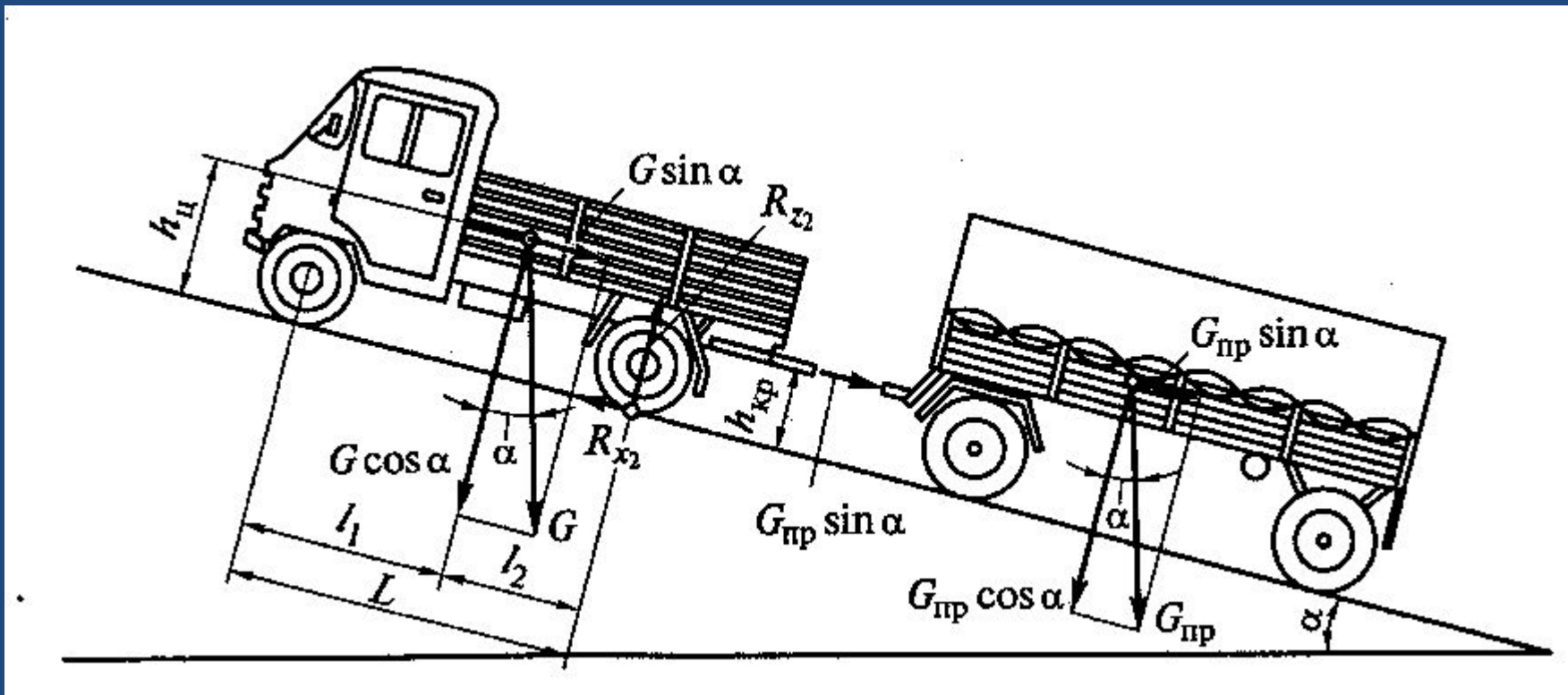


Рис. 9.12 Движение автопоезда на подъеме

Максимальное значение касательной реакции дороги $R_{x'}$, ограничено сцеплением колес с дорогой:

$$R_{x_2} \leq \varphi_x R_{z_2}$$

Подставим в это выражение значения касательной $R_{x'}$, и нормальной R_{z_2} реакций дороги, разделим обе части выражения на $\cos \alpha$ и, приняв, что $\alpha = \alpha_6$, получим выражение для максимального, или критического, угла подъема, при котором возможно движение прицепного автопоезда без буксования ведущих колес автомобиля -тягача:

$$\operatorname{tg} \alpha_6 = \frac{\varphi_x G l_1}{G(L - \varphi_x h_{ц}) + G_{пр}(L - \varphi_x h_{пр})}$$

Критический угол подъема по буксованию существенно зависит от сцепления колес с дорогой.

Так, например, при коэффициенте сцепления $\varphi_x = 0,3$ (асфальт, покрытый снегом) для автопоездов этот угол не превышает 6° . Поэтому в зимнее время часто происходит буксование ведущих колес тягача автопоезда на относительно пологих подъемах (см. рис. 9.12).

9.6. Влияние различных факторов на устойчивость

В условиях эксплуатации чаще происходит нарушение поперечной устойчивости автомобиля (занос, опрокидывание), которое более опасно, чем нарушение продольной устойчивости.

На поперечную устойчивость автомобиля влияют различные конструктивные и эксплуатационные факторы.

К ним относятся крен кузова автомобиля, износ шин, неисправность тормозных механизмов, центр тяжести автомобиля и колея колес, расположение груза в кузове, дорожное покрытие, повороты и виражи дороги, способ торможения автомобиля и др.

Рассмотрим влияние различных факторов на поперечную устойчивость автомобиля.

Поперечный крен кузова.

При определении показателей поперечной устойчивости автомобиля не учитывались эластичность шин и упругость подвески, а автомобиль рассматривался как единое твердое тело.

В действительности автомобиль представляет собой систему масс, соединенных между собой подвеской, к которым относятся подрессоренные (кузов) и неподрессоренные (мосты, колеса) массы.

При разгоне, торможении и повороте автомобиля, а также езде по неровностям дороги вследствие действия боковой силы P_y (рис. 9.13, а) шины 1 и упругие устройства 2 подвески (рессоры, пружины и др.) с одной стороны автомобиля разгружаются, а с другой - нагружаются.

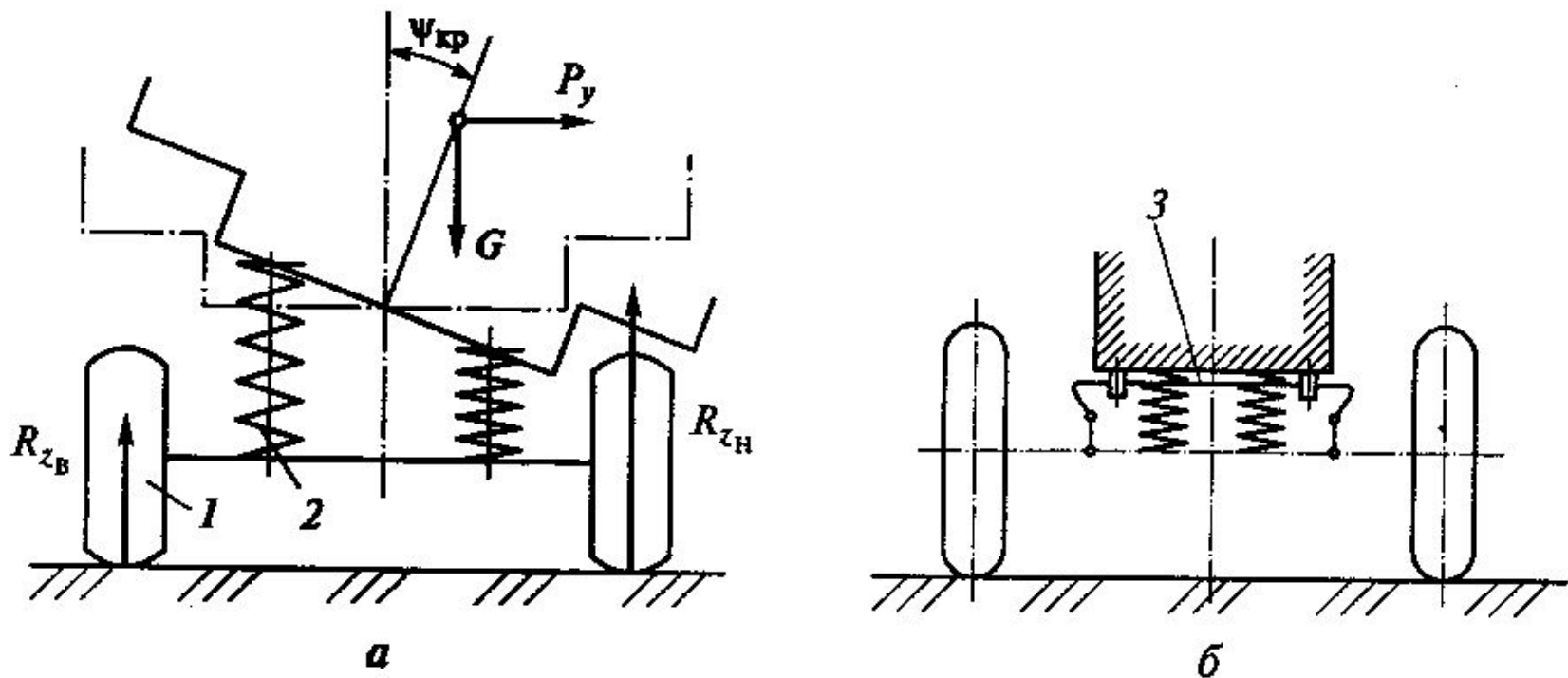


Рис. 9.13. Крен кузова (а) и стабилизатор (б) поперечной устойчивости кузова:
 1 - шина; 2 - упругое устройство подвески;
 3 - стабилизатор

В результате кузов автомобиля наклоняется в поперечном направлении. Угол $\Psi_{кр}$ крена кузова увеличивается с возрастанием боковой силы P_y .

Он может быть уменьшен при увеличении угловой жесткости подвески, что достигается установкой в подвеске стабилизатора 3 (рис. 11.13, б) поперечной устойчивости, который препятствует крену кузова и уменьшает его поперечные угловые колебания.

Обычно при эксплуатации угол поперечного крена кузова не превышает 10° , однако этого достаточно для того, чтобы возросла возможность опрокидывания автомобиля.

Поэтому значения критической скорости и критического угла поперечного уклона дороги (косогора) в действительности будут на 10...15 % меньше рассчитанных по формулам.

**Центр тяжести автомобиля и колея
колес.**

Высота расположения центра тяжести автомобиля и ширина колеи передних и задних колес оказывают влияние на поперечную устойчивость автомобиля.

Так, например, при высоком расположении центра тяжести может произойти опрокидывание автомобиля при действии боковой силы. Это наиболее вероятно при движении автомобиля на поворотах малого радиуса при отсутствии виражей вследствие уменьшения критической скорости автомобиля по опрокидыванию

Легковые автомобили, движущиеся на поворотах с большой скоростью, обладают высокой устойчивостью, так как имеют низкое расположение центра тяжести и широкую колею передних и задних колес.

Дорога, повороты и виражи.

Состояние покрытия дороги, радиусы поворотов и виражи оказывают существенное влияние на поперечную устойчивость автомобиля.

При ухудшении состояния дорожного покрытия (дождь, снег, обледенение) значительно уменьшается сцепление колес с дорогой, что может привести к заносу автомобиля.

Наименьшие радиусы поворотов дорог составляют 30 м. При движении на дорогах с малыми радиусами поворотов создаются условия для нарушения поперечной устойчивости автомобиля в связи со снижением его критической скорости по заносу.

Поэтому для повышения устойчивости автомобиля на поворотах с небольшими радиусами создают виражи - поперечные уклоны дороги, направленные к центру поворота.

Виражи повышают не только устойчивость автомобиля, но и безопасность движения на поворотах.

**Расположение груза в кузове
автомобиля.**

Устойчивость автомобиля при торможении может быть нарушена вследствие неправильного размещения груза в кузове.

Так, например, при несовпадении центра тяжести груза с продольной осью автомобиля сила инерции $P'_и$ (рис. 9.14 а), возникающая при торможении, создает поворачивающий момент, характеризуемый плечом $S_ц$.

Если при этом заблокированы передние колеса автомобиля, то их сцепление с дорогой меньше, чем у задних колес.

В результате под действием момента $P'_и S_{ц}$ автомобиль поворачивается относительно точки A оси задних колес. Расстояние $S_{ц}$ в этом случае быстро уменьшается до нуля и поворот автомобиля прекращается.

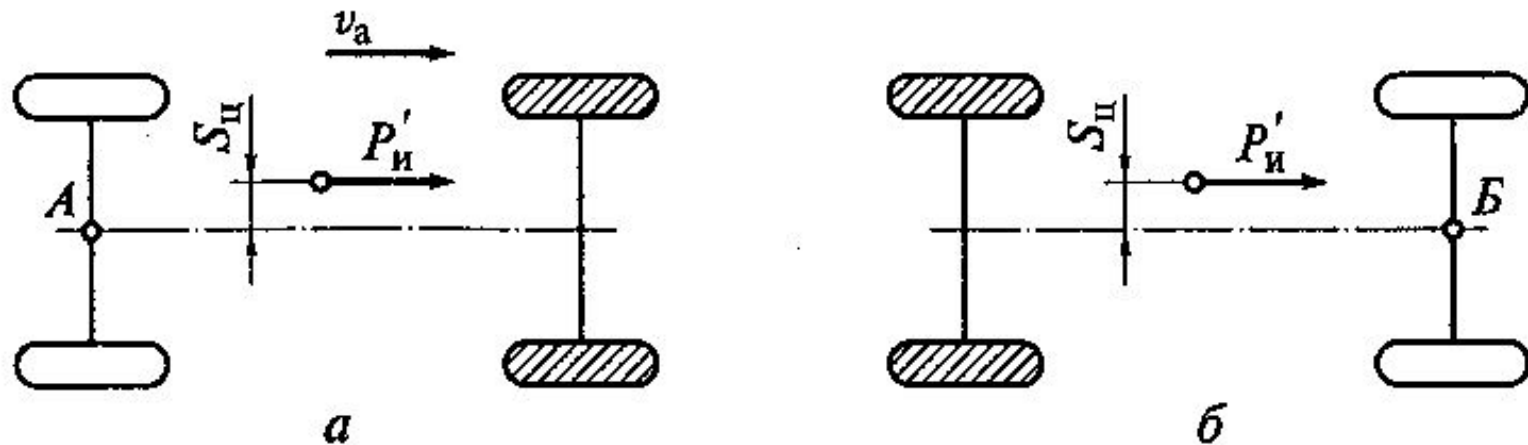


Рис. 9.14. Устойчивость автомобиля при неправильном расположении груза в кузове:

а - блокированы передние колеса;

б - блокированы задние колеса;

A, *B* центры осей задних и передних колес

При блокировке задних колес (рис. 9.14 б) автомобиль поворачивается относительно точки B оси передних колес. При этом расстояние S_{\square} увеличивается, что может привести к заносу автомобиля.

Способ торможения.

Устойчивость автомобиля существенно зависит от способа торможения.

Так, торможение автомобиля двигателем, который не отсоединяется от трансмиссии и работает на компрессорном режиме (без подачи горючей смеси в цилиндры) или режиме холостого хода, обеспечивает устойчивость автомобиля против заноса вследствие равномерного распределения тормозных сил по колесам.

При комбинированном торможении автомобиля (совместно тормозными механизмами колес и двигателем) повышается также его поперечная устойчивость, поскольку дифференциал трансмиссии обеспечивает более равномерное распределение тормозных сил по колесам.

В результате уменьшается вероятность заноса автомобиля.

Комбинированный способ торможения автомобиля необходимо применять на дорогах с малым коэффициентом сцепления (скользких, обледенелых и т. п.), так как в этом случае существенно повышается не только устойчивость автомобиля, но и безопасность его движения.

Контрольные вопросы

1. Что является признаком нарушения устойчивости автомобиля?
2. Потеря какого вида устойчивости автомобиля при эксплуатации наиболее вероятна и опасна?
3. Какими показателями оценивается поперечная устойчивость автомобиля?
4. Что характеризуют критические скорости автомобиля по заносу и опрокидыванию?

5. Что характеризуют критические углы косогора по боковому скольжению и опрокидыванию?

6. Что определяет коэффициент поперечной устойчивости автомобиля?

7. Что такое вираж и для чего его создают на поворотах дорог?

8. Занос каких колес (передних управляемых или задних ведущих) наиболее вероятен и опасен? Объясните почему.

9. Что может произойти с автомобилем при нарушении продольной устойчивости и каким показателем она оценивается?