

УДК 629.113

В.И. Песков, Д.В. Песков

УТОЧНЕНИЕ РАСЧЕТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ ЭСКАРПА, ПРЕОДОЛЕВАЕМОГО КОЛЕСНОЙ МАШИНОЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Показана необходимость уточнения ранее выведенных формул для расчетного определения высоты прямоугольного препятствия (эскарпа), преодолеваемого различными типами колесных машин. Эти уточнения определяются действием реактивных моментов от ведущих осей, приводящих к изменению реальной развесовки машин, и наличием инерционных сил в момент динамического движения по препятствию.

Ключевые слова: эскарп, колесная формула, статическое и динамическое преодоление препятствия.

В наших предыдущих работах [1, 2, 3] выведены формулы для расчетного определения высоты прямоугольного уступа (эскарпа), который способны преодолеть четырехколесные машины с различным числом ведущих осей при одновременном въезде на препятствие обоими колесами одной оси (так называемый, фронтальный въезд). Полученные формулы интересны тем, что имеют общую структуру для вариантов оценки способности машин с разными колесными формулами (4x2, 2x4, 4x4) к преодолению указанного препятствия:

$$h_{\text{Э}}^{\max} = r_c [1 - (1 - \Delta_{\text{ш}} / r_c) / \sqrt{K_i^2 + 1}], \quad (1)$$

где $h_{\text{Э}}^{\max}$ – максимальная высота преодолеваемого прямоугольного уступа (эскарпа) в случае оснащения машины эластичными шинами; r_c – свободный радиус колеса; $\Delta_{\text{ш}}$ – величина радиальной деформации шины на ребре уступа; K_i – коэффициент, учитывающий основные обстоятельства ситуации преодоления препятствия и конструктивные особенности колесной машины.

Коэффициент K_i имеет различные значения в зависимости от того, ведущие или ведомые колеса преодолевают препятствие, какое распределение весовой нагрузки по осям и какая колесная формула у рассматриваемой машины. Учитываются также сцепные свойства ведущих колес и сопротивление качению. Исследования показали, что указанный коэффициент определяется из таких выведенных нами выражений.

Для определения высоты эскарпа, преодолеваемого ведомыми колесами (передние колеса заднеприводных машин с колесной формулой 4x2 и задние колеса переднеприводных машин с колесной формулой 2x4),

$$K_1 = (\varphi - f) G_2 / G_1, \quad (2)$$

где φ – коэффициент сцепления ведущих колес с дорожным покрытием; f – коэффициент сопротивления качению ведущих колес; G_2 – вертикальная нагрузка, приходящаяся на ведущие колеса; G_1 – вертикальная нагрузка, приходящаяся на ведомые колеса.

Для определения высоты эскарпа, преодолеваемого ведущими колесами (передние колеса переднеприводных машин с колесной формулой 2x4 и задние колеса заднеприводных машин с колесной формулой 4x2),

$$K_2 = (\varphi_{\text{п}} G_1 - f G_2) / (G_1 + f \varphi_{\text{п}} G_2), \quad (3)$$

где $\varphi_{\text{п}}$ – коэффициент сцепления ведущих колес с ребром эскарпа (обычно считается $\varphi_{\text{п}} = 1,1-1,3\varphi$ [5]).

В случае фронтального движения на препятствие полноприводной машины с колесной формулой 4x4 для ведущих колес всех её осей K_3 определяется выражением

$$K_3 = [\varphi_{\text{п}} G_1 + (\varphi - f) G_2] / [G_1 + (f - \varphi) \varphi_{\text{п}} G_2]. \quad (4)$$

Подстановка выражения (4) в формулу (1) дает в итоге математическую зависимость, которая была опубликована нами в работе [1] в 2009 году. Поэтому представляется необоснованным заявление в статье [4] о том, что её авторы в 2012 году впервые получили возможность теоретического определения максимальной высоты преодолеваемого эскарпа полноприводной машиной с колесной формулой 4x4, поскольку разработали точно такую же формулу. Как видим, они отстали от нас минимум на три года.

Расчеты по приведенным формулам (2)-(4) дают такие конкретные результаты. Для передних колес полностью загруженной легковой заднеприводной машины при статической вертикальной нагрузке на задние ведущие колеса $G_2 = 0,52 G$, их коэффициенте сцепления $\varphi = 0,8$ (чистый асфальт), коэффициенте сопротивления качению $f = 0,01$, свободном радиусе колеса $r_c = 0,3$ м и радиальной деформации шины на ребре эскарпа $\Delta_{ш} = 0,1r_c$:

$$K_1 = (0,8 - 0,01) 0,52G / 0,48G = 0,856;$$

$$h_{\Delta}^{\max} = 0,3[1 - (1 - 0,1)/\sqrt{0,856^2 + 1}] = 0,095 \text{ м.}$$

Для передних ведущих колес легковой переднеприводной машины при типичной вертикальной нагрузке на них $G_1 = 0,56 G$, их коэффициенте сцепления на ребре уступа $\varphi_{п} = 1,2\varphi = 0,96$ (бетонный бордюр), коэффициенте сопротивления качению задних колес $f = 0,01$, свободном радиусе колеса $r_c = 0,3$ м и радиальной деформации шины на ребре эскарпа $\Delta_{ш} = 0,1r_c$:

$$K_2 = (0,96 \cdot 0,56 G - 0,01 \cdot 0,44 G) / (0,56G + 0,01 \cdot 0,96 \cdot 0,44 G) = 0,946;$$

$$h_{\Delta}^{\max} = 0,3[1 - (1 - 0,1)/\sqrt{0,946^2 + 1}] = 0,102 \text{ м}$$

Для передних ведущих колес полноприводной (4x4) машины при вертикальной нагрузке на них $G_1 = 0,58 G$ (как у ВАЗ-2121 с водителем), их коэффициенте сцепления на ребре уступа $\varphi_{п} = 1,2\varphi = 0,96$ (бетонный бордюр), коэффициенте сцепления задних ведущих колес $\varphi = 0,8$, коэффициенте сопротивления качению задних колес $f = 0,01$, свободном радиусе колеса $r_c = 0,33$ м и радиальной деформации шины на ребре эскарпа $\Delta_{ш} = 0,1r_c$:

$$K_3 = [0,96 \cdot 0,58 G + (0,8 - 0,01)0,42 G] / [0,58G + (0,01 \cdot 0,96 - 0,8 \cdot 0,96)0,42 G] = 3,392;$$

$$h_{\Delta}^{\max} = 0,3[1 - (1 - 0,1)/\sqrt{3,392^2 + 1}] = 0,246 \text{ м.}$$

Как и ожидалось, полноприводная машина имеет существенно большие возможности по преодолению больших единичных препятствий. Однако во время проведения экспериментальных исследований были отмечены некоторые дополнительные факторы, влияющие на проходимость машин в указанных условиях.

Дело в том, что формулы (1)-(4) выведены исходя из сугубо статического протекания процесса преодоления препятствия, т.е. при полном отсутствии учета инерционных воздействий на автомобиль и его колеса. Действительно, при попытке во время эксперимента автомобиля ВАЗ-2106 с места преодолеть двумя передними колесами бордюр высотой 125 мм наблюдалось буксование задних ведущих колес, т.е. препятствие преодолено не было, что подтвердило правильность ранее полученного теоретического прогноза. В то же время, это препятствие без особых затруднений было преодолено передними колесами сходу, при движении автомобиля со скоростью 5-8 км/ч, причем отмеченные во время такого заезда перегрузки по величине горизонтального замедления не превысили вполне допустимого для машины значения 0,3 g (для сравнения, во время экстренного торможения на дороге с асфальтовым покрытием горизонтальное замедление автомобиля может достигать величины 0,5-0,7 g).

Кроме того, реактивные крутящие моменты, действующие на кузов (раму) автомобиля со стороны ведущих мостов, влияют на изменение развесовки по его осям, что, как это видно из формул (2)-(4), также должно сказываться на способности колесной машины преодолевать большие препятствия. Для повышения точности расчетного определения макси-

мальной высоты преодолеваемого колесами машины порога необходимо учесть все перечисленные факторы.

Для этого рассмотрим более подробную расчетную схему процесса одновременного преодоления двумя передними ведомыми колесами автомобиля порогового препятствия, причем ввиду симметрии левой и правой сторон автомобиля расчетная схема выполнена плоской (рис. 1). Изображен самый ответственный и самый важный момент движения передних колес машины, когда они только что оторвались от горизонтальной опорной поверхности [5].

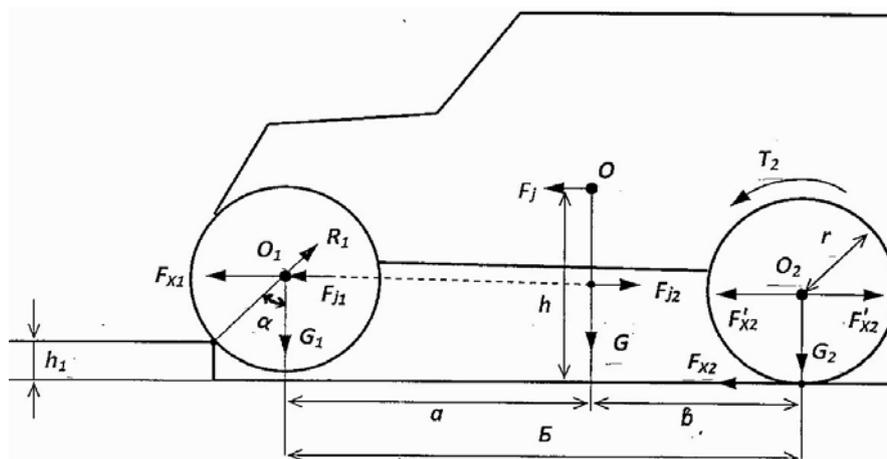


Рис. 1. Расчетная схема движения по эскарпу передних ведомых колес заднеприводной машины

Обозначения на рисунке: O – центр масс автомобиля; O_1 и O_2 – передняя и задняя оси соответственно; G , G_1 и G_2 – вес автомобиля и вес, приходящийся на переднюю и заднюю оси; T_2 – тяговый момент на ведущих колесах; F_{X2} – сила тяги на ведущих колесах; F'_{X2} и F_{X1} – силовые составляющие, необходимые для передачи F_{X2} оси передних колес (видно, что при этой передаче появляется реактивный момент $F_{X2} \cdot r$, опрокидывающий автомобиль); F_j , F_{j1} и F_{j2} – инерционная сила при въезде на препятствие сходу и её составляющие при передаче этого инерционного воздействия оси передних колес (видно появление момента $F_j(h - r)$, заставляющего автомобиль крениться вперед); \rightarrow силовые факторы; \longrightarrow геометрические параметры.

Анализ более подробной схемы процесса показывает, что алгоритм решения задачи может быть сохранен. Необходимо только внести поправки, связанные с появлением новых силовых факторов, помогающих совершать преодоление препятствия (в данном случае это инерционное усилие F_{j1}), и учесть влияние реактивных моментов на изменение развесовки автомобиля (корректировка величин G_1 и G_2 с помощью $\pm \Delta_R$). Соответственно, выражение (2) для определения коэффициента K_1 получает такой вид:

$$K_1 = [(\varphi - f)(G_2 + \Delta_{R1}) + F_{j1}] / (G_1 - \Delta_{R1}), \quad (5)$$

где $\Delta_{R1} = \varphi G_2 r / B - m a_x (h - r) / B = 1/B [\varphi G_2 r - m a_x (h - r)]$; m – масса колесной машины; a_x – максимальное горизонтальное замедление при наезде на препятствие сходу (допустимой величиной может считаться $a_x = 0,5 g$); h – высота положения центра масс машины; r – радиус колеса, $r \approx r_c$.

Апробируем уточненную формулу (5) для проверенной в эксперименте ситуации. Максимальное инерционное усилие $F_{j1} = m a_x$ в том случае ($a_x = 0,3 g$) не превысило $0,3 G$. Для участвовавшего в эксперименте автомобиля $h = 0,55$ м, $B = 2,5$ м. Соответственно $\Delta_R = (0,8 \cdot 0,46 \cdot 0,3 / 2,5 - 0,3 \cdot 0,25 / 2,5)G = 0,0142 G$.

$$K_1 = [(0,8 - 0,01)(0,46 + 0,0142) + 0,3] / (0,54 - 0,0142) = 1,283;$$

$$h_{\Delta}^{\max} = 0,3[1 - (1 - 0,1) / \sqrt{1,283^2 + 1}] = 0,134 \text{ м.}$$

Уточненный расчет показывает, что легкость преодоления эскарпа высотой 125 мм передними колесами автомобиля ВАЗ-2106 во время эксперимента вполне объяснима, поскольку при его реальной развесовке по осям 0,54/0,46 (только водитель за рулем) и динамичном протекании процесса за счет преодоления препятствия сходу возможно преодоление эскарпа высотой 134 мм.

Теперь рассмотрим подробную расчетную схему процесса одновременного преодоления порогового препятствия двумя передними ведущими колесами автомобиля (рис. 2). Ввиду симметрии левой и правой сторон расчетная схема также выполнена плоской. Как и в предыдущем случае, изображен самый ответственный и самый важный момент движения передних колес машины, когда они только что оторвались от горизонтальной опорной поверхности [5].

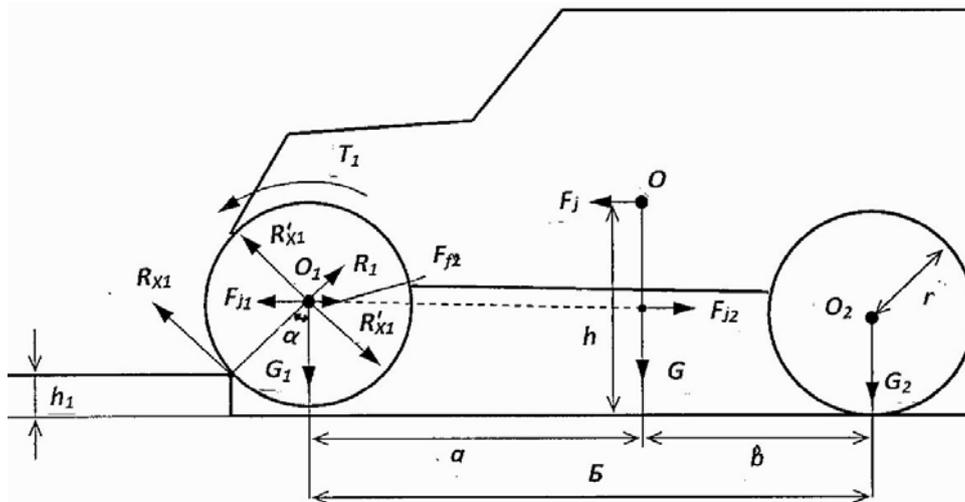


Рис. 2. Расчетная схема движения по эскарпу передних ведущих колес переднеприводной машины

Как уже было сказано, алгоритм решения задачи может быть сохранен. Внесем в формулу (3) поправки, связанные с появлением новых силовых факторов, помогающих совершать преодоление препятствия (в данном случае это усилие F_{j1}), и учесть влияние реактивных моментов на изменение развесовки автомобиля (корректировка величин G_1 и G_2). Соответственно, выражение для определения коэффициента K_2 получает такой вид:

$$K_2 = [\varphi_n (G_1 - \Delta_{R2}) - f(G_2 + \Delta_{R2}) + F_{j1}] / [(G_1 - \Delta_{R2}) + f\varphi_n (G_2 + \Delta_{R2})], \quad (6)$$

где $\Delta_{R2} = \varphi_n R_1 r / B - m a_x (h - r) / B = 1/B [\varphi_n R_1 r - m a_x (h - r)]$; $R_1 = \sqrt{G_1^2 + F_{j1}^2}$.

Апробируем уточненную формулу (6) для реального легкового переднеприводного автомобиля. Максимальное инерционное усилие $F_{j1} = m a_x$ для возможности сравнения также выбираем равным $0,3 G$, $B = 2,5$ м. Соответственно

$$\Delta_{R2} = (0,96\sqrt{0,56^2 + 0,3^2} \cdot 0,3 / 2,5 - 0,3 \cdot 0,25 / 2,5) G = (0,073 - 0,03) G = 0,043 G.$$

$$K_2 = [0,96(0,56 - 0,043) - 0,01(0,44 + 0,043) + 0,3] / [(0,56 - 0,043) + 0,01 \cdot 0,96(0,44 + 0,043)] = (0,4963 - 0,0048 + 0,3) / (0,517 + 0,0046) = 1,517;$$

$$h_{\text{э}}^{\text{max}} = 0,3[1 - (1 - 0,1) / \sqrt{1,517^2 + 1}] = 0,151 \text{ м.}$$

Расчет по уточненной формуле показывает, что переднеприводный легковой автомобиль при переезде препятствия сходу и при допустимом максимальном замедлении $0,3 g$ преодолеет эскарп высотой 151 мм, что несколько больше, чем среднестатистический заднеприводный легковой автомобиль.

Интересно рассмотреть более подробную расчетную схему процесса одновременного преодоления порогового препятствия двумя передними ведущими колесами полноприводного автомобиля (рис. 3). Ввиду симметрии левой и правой сторон автомобиля расчетная схема также выполнена плоской. Как и в предыдущих случаях, изображен самый ответственный и самый важный момент движения передних колес машины, когда они только что оторвались от горизонтальной опорной поверхности, поэтому горизонтальная реакция опорной поверхности отсутствует. С учетом обеих ведущих осей предусмотрен более высокий эскарп (h_2).

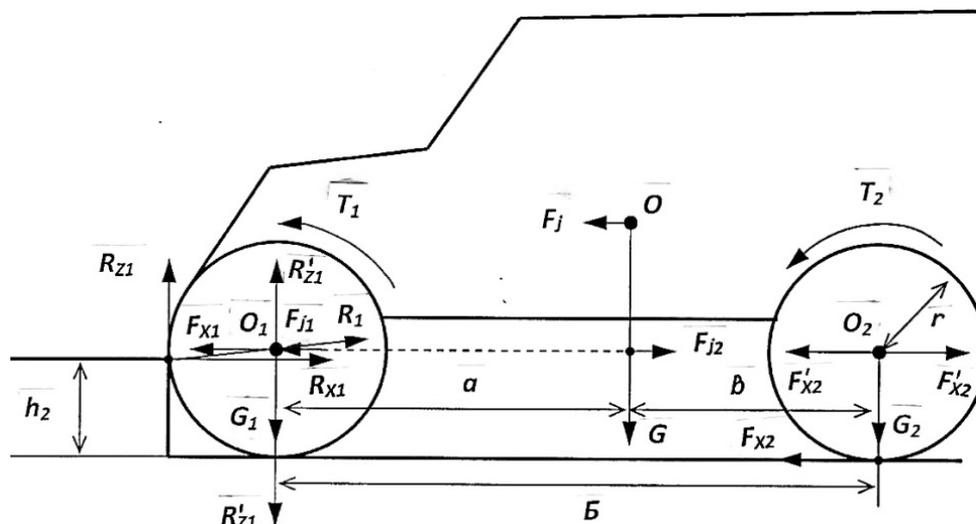


Рис. 3. Расчетная схема движения по эскарпу передних ведущих колес полноприводной машины

Внесем в формулу (4) поправки, связанные с появлением новых силовых факторов, помогающих совершать преодоление препятствия (в данном случае это усилие F_{j1}), и учесть влияние реактивных моментов на изменение развесовки автомобиля (корректировка величин G_1 и G_2). Соответственно, выражение для определения коэффициента K_3 получает такой вид:

$$K_3 = [\varphi_n (G_1 - \Delta_{R3}) + (\varphi - f)(G_2 + \Delta_{R3}) + F_{j1}] / [(G_1 - \Delta_{R3}) + (\varphi_n f - \varphi_n \varphi)(G_2 + \Delta_{R3})], \quad (7)$$

где $\Delta_{R3} = \varphi_n R_1 r / B + \varphi G_2 r / B - m a_x (h - r) / B$; $R_1 \approx R_{x1} = F_{x1} + F_{j1} = \varphi G_2 + F_{j1}$.

Применим уточненную формулу (7) для оценки возможностей по преодолению эскарпа реальным полноприводным автомобилем. Максимальное инерционное усилие $F_{j1} = m a_x$ для возможности сравнения также выбираем равным $0,3 G$. В качестве прототипа взят ВА3-2121, поэтому $G_1 = 0,58 G$, $r_c = 0,33$ м, $h = 0,66$ м, $B = 2,2$ м. Соответственно

$$\Delta_{R3} = [0,96(0,8 \cdot 0,42 + 0,3)0,33/2,2 + 0,8 \cdot 0,42 \cdot 0,33/2,2 - 0,3 \cdot 0,33/2,2]G = (0,0916 + 0,0504 - 0,045)G = 0,097G.$$

$$K_3 = [0,96(0,58 - 0,097) + (0,8 - 0,01)(0,42 + 0,097) + 0,3] / [(0,58 - 0,097) + (0,96 \cdot 0,01 - 0,96 \cdot 0,8)(0,42 + 0,097)] = (0,4637 + 0,4084 + 0,3) / (0,483 - 0,3921) = 1,172 / 0,0909 = 12,893.$$

$$h_{\text{э}}^{\text{max}} = 0,33[1 - (1 - 0,1) / \sqrt{12,893^2 + 1}] = 0,307 \text{ м.}$$

Как и ожидалось, динамическое преодоление эскарпа даст возможность увеличить его высоту, но прирост (61 мм) всего около 25%, в то время как у неполноприводных машин за счет динамики прирост был на уровне 40-50%.

Последующее преодоление высокого эскарпа задними колесами полноприводной машины имеет свои нюансы. Рассмотрим схему рис. 4.

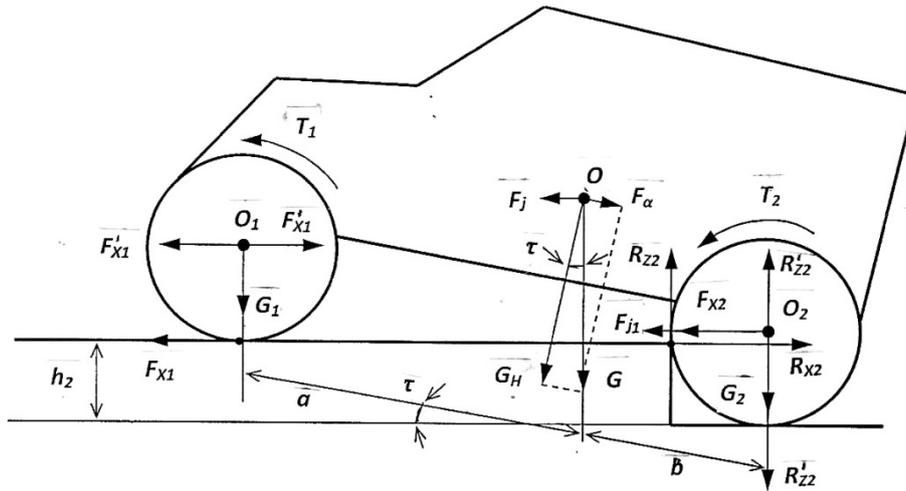


Рис. 4. Расчетная схема движения по эскарпу задних ведущих колес полноприводной машины

Отличием от рассмотренной ситуации движения по эскарпу передних ведущих колес в данном случае является продольный крен автомобиля, который создает дополнительное противодействие F_α движению задних ведущих колес. Поэтому выражение для определения коэффициента K_3' получает такой вид:

$$K_3' = [\varphi_n (G_2 + \Delta_{R3}) + (\varphi - f)(G_1 - \Delta_{R3}) + F_{j1} - F_\alpha] / [(G_2 + \Delta_{R3}) + (\varphi_n f - \varphi_n \varphi)(G_1 - \Delta_{R3})], \quad (8)$$

где $\Delta_{R3} = \varphi G_1 r / B + \varphi_n (F_{x2} + F_{j1}) r / B - (m a_x - G \sin \tau)(h - r) / B$; $\sin \tau = h_2 / B$.

Применительно к ВАЗ-2121 при $F_{j1} = 0,3G$ и $\sin \tau = 0,13$ получим:

$$\Delta_{R3} = [0,8 \cdot 0,58 \cdot 0,33 / 2,2 + 0,96(0,8 \cdot 0,58 + 0,3)0,33 / 2,2 - (0,3 - 0,13)0,33 / 2,2]G = (0,0696 + 0,11 - 0,0255)G = 0,1541G$$

$$K_3' = [0,96(0,42 + 0,1541) + 0,79(0,58 - 0,1541) + 0,17] / [(0,42 + 0,1541) + (0,0096 - 0,96 \cdot 0,8) \cdot (0,58 - 0,1541)] = (0,5511 + 0,3365 + 0,17) / (0,5741 - 0,3238) = 1,0576 / 0,2503 = 4,2253.$$

$$h_3^{\max} = 0,33[1 - (1 - 0,1) / \sqrt{4,2253^2 + 1}] = 0,262 \text{ м.}$$

Таким образом, продольный крен в пределах $6-8^\circ$ на 15% уменьшает способность задних колес машины к преодолению препятствия. Меньшая нагрузка заднего моста в статическом состоянии в этом случае нивелируется дополнительной его нагрузкой от реактивных моментов ведущих мостов и горизонтальной составляющей веса машины, получившей заметный продольный крен.

Эксперименты подтвердили высокие качества полноприводной машины с колесной формулой 4x4 с точки зрения способности к преодолению прямоугольного препятствия и результаты его теоретического прогноза по уточненным зависимостям (7)–(8). Автомобиль ВАЗ-2121 сумел преодолеть пороговый уступ высотой 265 мм, последовательно переехав его сходу колесами передней и задней ведущих осей при продольных перегрузках, не превосходящих 0,3 g. Колесами передней ведущей оси сходу преодолено было также пороговое препятствие высотой 285 мм при максимальной продольной перегрузке не более 0,2 g.

Интерес представляет изучение зависимости максимальной высоты преодолеваемого колесами прямоугольного уступа от величины замедления, вызванного одновременным наездом на препятствие пары колес движущегося автомобиля. В таблице приведены полученные расчетные результаты, на рис. 5 и рис. 6 они проиллюстрированы соответствующими графическими зависимостями. Следует сказать, что если для неполноприводных машин полученные уточненные формулы (5) и (6) дали результаты, вполне согласующиеся с экспериментами и сформированными авторами работы предварительными ожиданиями (рис. 5), то расчеты по формулам (7) и (8) для полноприводных машин привели к очевидным парадоксам. В частности, для передних колес полноприводного ВАЗ-2121 сначала была получена зависимость максимальной высоты преодолеваемого эскарпа, говорящая о том, что максимальная высота достигается при статическом процессе преодоления препятствия. Но во время экспериментов на автомобиле ВАЗ-2121

было четко зафиксировано, что прямоугольный уступ высотой 285 мм не преодолевался в статике, въезд на него передних колес был обеспечен только при динамическом протекании процесса, т.е. при движении сходу, хотя и на невысокой скорости.

Тщательный анализ процесса взаимодействия колес с препятствием привел к выводу, что увеличенная деформация беговой дорожки шины с внедрением протектора в ребро уступа и возникающее при этом повышение в 1,1-1,3 раза коэффициента сцепления [5] происходит при высоте препятствия, соизмеримой с $0,5 r_c$ (такие величины высоты преодолеваемого уступа имеют место при движении неполноприводных автомобилей). При высоте препятствия, соизмеримой с радиусом колеса r_c , контактирующая с вертикальной поверхностью препятствия шина деформируется гораздо меньше, и коэффициент сцепления повышается только с увеличением горизонтальной нагрузки на колесо, т.е. пропорционально замедлению автомобиля в процессе въезда на препятствие. Представленные в таблице и на рис. 6 результаты для полноприводного автомобиля 4x4 (ВАЗ-2121) получены после соответствующей корректировки в формулах (7) и (8) коэффициента φ_n и величины деформации шины $\Delta_{ш}$. Этим объясняется и некоторое несовпадение данных таблицы с приведенными выше расчетами для полноприводного автомобиля ВАЗ-2121 (это различие не превосходит 3,5%).

Максимальная высота эскарпа, преодолеваемого четырехколесным автомобилем, мм ($h,^{max}/r_c$)

Характеристика автомобиля и условий переезда	Переезд статический	Замедление $a_x = 0,1 g$	Замедление $a_x = 0,2 g$	Замедление $a_x = 0,3 g$	Замедление $a_x = 0,4 g$	Замедление $a_x = 0,5 g$
Передние колеса заднеприводного автомобиля 4x2, $G_1/G_2 = 0,54/0,46$	90 (0,300)	106 (0,353)	121 (403)	134 (0,447)	145 (0,483)	155 (0,517)
Задние колеса заднеприводного автомобиля 4x2, $G_1/G_2 = 0,54/0,46$	103 (0,343)	122 (0,407)	138 (0,460)	152 (0,507)	165 (0,550)	177 (0,590)
Передние колеса переднеприводного автомобиля, $G_1/G_2 = 0,57/0,43$	102 (0,340)	121 (0,403)	137 (0,457)	151 (503)	162 (0,540)	171 (0,570)
Задние колеса переднеприводного автомобиля, $G_1/G_2 = 0,57/0,43$	93 (0,310)	117 (0,390)	138 (0,460)	157 (523)	173 (577)	187 (0,623)
Передние колеса автомобиля 4x4, $G_1/G_2 = 0,58/0,42$, база 2,2 м	266 (0,806)	278 (0,842)	288 (0,873)	297 (0,900)	304 (0,921)	309 (0,936)
Задние колеса автомобиля 4x4, $G_1/G_2 = 0,58/0,42$, база 2,2 м	216 (0,655)	237 (0,718)	253 (0,767)	265 (0,803)	273 (0,827)	280 (0,848)
Передние колеса автомобиля 4x4, $G_1/G_2 = 0,58/0,42$, база 2,7 м	256 (0,776)	269 (0,815)	280 (0,848)	289 (0,876)	297 (0,900)	303 (0,918)
Задние колеса автомобиля 4x4, $G_1/G_2 = 0,58/0,42$, база 2,7 м	235 (0,712)	253 (0,767)	266 (0,806)	277 (0,839)	285 (0,864)	291 (0,882)

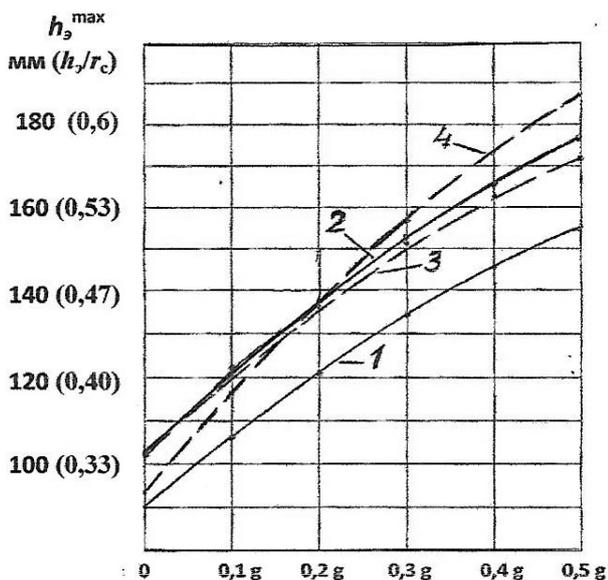


Рис. 5. Изменение высоты эскарпа, преодолеваемого неполноприводными автомобилями, в зависимости от замедления:

— заднеприводный автомобиль;
 - - переднеприводный автомобиль;
 1, 3 – передние колеса; 2, 4 – задние колеса

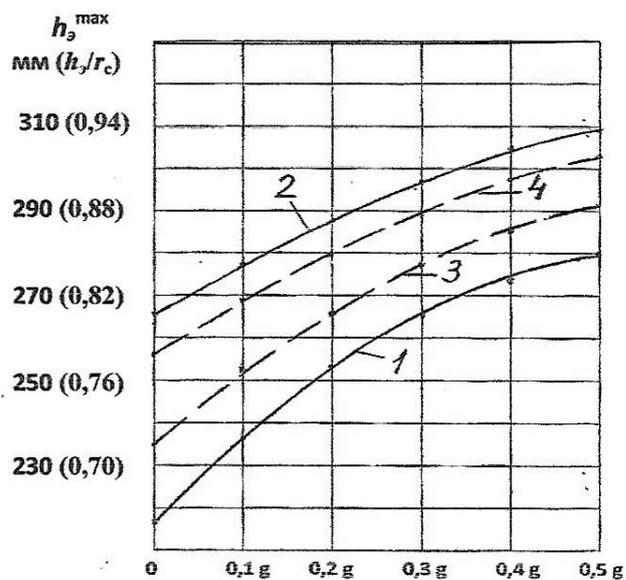


Рис. 6. Зависимость от замедления высоты эскарпа, преодолеваемого полноприводными автомобилями:

— колесная база 2,2 м;
 - - колесная база 2,7 м;
 1, 3 – задние колеса; 2, 4 – передние колеса

Анализ полученных результатов расчетов и экспериментов позволяет сделать важные для эксплуатации колесных машин выводы. Для всех типов машин с ростом скорости преодоления препятствия преодолеваемая его колесами высота увеличивается. Здесь только нужно помнить, что при этом растут динамические нагрузки на ходовую часть и кузов автомобиля. Поэтому не следует превышать допустимый уровень замедления, который соответствует 0,5-0,6 g.

Важнейшим параметром, влияющим на способность колес неполноприводного автомобиля преодолевать эскарп или подобное препятствие, является развесовка по его осям. Колеса, имеющие меньшую вертикальную нагрузку, в большинстве случаев преодолевают более высокое препятствие.

Для полноприводных автомобилей важным является минимизация изменений развесовки из-за реактивных моментов, действующих на кузов (раму) со стороны ведущих мостов. Так, увеличение базы автомобиля 4x4 с 2,2 м до 2,7 м (см. табл.) способствовало этому и позволило улучшить показатели проходимости для колес задней оси, что, в свою очередь, положительно скажется на проходимости самого автомобиля, поскольку именно колеса задней оси ограничивали этот показатель.

Оптимальной с позиций обеспечения преодоления крупного препятствия колесами обеих ведущих осей является развесовка машины в пропорциях 0,55÷0,6/0,45÷0,4. Этот вывод подчеркивает ошибочность заявлений об оптимальности развесовки 0,4/0,6 для полноприводного автомобиля, приведенных в работе [4] и в ряде других работ этих авторов.

Библиографический список

1. **Песков, В.И.** Совершенствование эксплуатационных качеств автомобиля : монография / В.И. Песков, В.И. Сердюк, А.Е. Сердюк; НГТУ. – Н. Новгород, 2009. – 135 с.
2. **Кузьмин, Н.А.** Теория эксплуатационных свойств автомобиля / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков. – М.: «ФОРУМ», 2013. – 256 с.
3. **Песков, В.И.** Розрахункове визначення експлуатаційних характеристик автомобіля: монографія (на українск. мові) / В.І. Песков, Г.В. Шкарівський.– Київ, Изд.«Аграр медіа груп», 2017.– 274 с.

4. **Мамити, Г.И.** О высоте вертикального препятствия, преодолеваемого полноприводным автомобилем / Г.И. Мамити [и др.] // Автомобильная промышленность, 2014. – №1. – С. 17-18.
5. **Агейкин, Я.С.** Проходимость автомобиля / Я.С. Агейкин, Н.С. Вольская, И.В. Чичекин. – М.: МГИУ, 2000. – 141 с.

*Дата поступления
в редакцию 29.11.2017*

V.I. Peskov, D.V. Peskov

**ELABORATION ON CALCULATE DETERMINATION OF HEIGHT OF THE ESCARPE,
OVERCOMING BY THE WHEELD CAR**

Need of elaboration on the existing formulas for calculation of height of a rectangular obstacle (french – "escarpe") overcome by different types of wheel cars is proved. These elaborations are defined by action of the reactive moments from the driving axles, that changes distribution of masses on car axles, and availability of inertial forces at the time of overcoming an obstacle. In the article are analyzing the influence of all this factors on real process of cars with different schemes of transmissions movement over escarpe and gives some conclusions.

Key words: escarpe, wheel arrangement, static and dynamic overcoming obstacle.