

УДК 629.113

Д.А. Галкин, В.С. Макаров, В.В. Беляков
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева,
г. Нижний Новгород

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕОДОЛЕНИЯ РАЗРУШАЕМОГО УСТУПА МНОГООСНОЙ КОЛЕСНОЙ МАШИНОЙ

Преодоление жесткого уступа описано во многих работах, но процесс преодоления разрушаемого уступа нигде не описан.

Рассмотрим модель преодоления многоосной колесной машины разрушаемого уступа.

Можно выделить несколько стадий преодоления уступа.

Первая. Взаимодействие лобовой части машины с препятствием. Здесь можно выделить несколько условий взаимодействия. Это срезание грунта лобовой частью машины от верха уступа до клиренса машины либо, если срез грунта будет происходить выше клиренса машины, будет происходить как бы всплывание машины. В этом случае возможность движения будет определяться из условия, хватит ли силы тяги на сопротивление срезу с учетом отрыва колес от дороги. При расчете необходимо учитывать площадь взаимодействия лобовой части машины, так как срез грунта может происходить по разным глубинам с разной шириной. На рис. 1–3 показан момент среза и подъема машины на уступ. Если происходит срез с подъемом носа машины, то необходимо учитывать отрыв колес и, как следствие, возможность реализации тягового усилия.

Далее будет происходить преодоление уступа колесами. При этом, когда колесо заезжает на уступ, происходит отрыв лобовой части, и это сопротивление можно не учитывать. Формирование колеи будет происходить по участку, который срезался широкой лобовой частью машины.

Далее будет срезаться грунт колесами машины. Процесс среза будет происходить аналогично процессу преодоления рва, только сила будет направлена в горизонт (рис. 4). Здесь необходимо учесть возможность преодоления уступа так же, как в работе* для жесткой ступени, по условию тяговых возможностей машины.

В дальнейшем будет происходить обрушение уступа, как при преодолении рва. Однако на величину преодолеваемого уступа многоосной машиной дальнейшее обрушение не будет влиять, так как первое колесо уже заехало, а заезд последующих колес будет осуществляться проще.

Если рассматривать, как образуется колея от колеса при проезде через уступ колеса, то, помимо обрушения необходимо учитывать смятие не только шин, как было сделано в модели*, но и смятие грунта. Отметим, что смятие будет происходить перпендикулярно линии об-

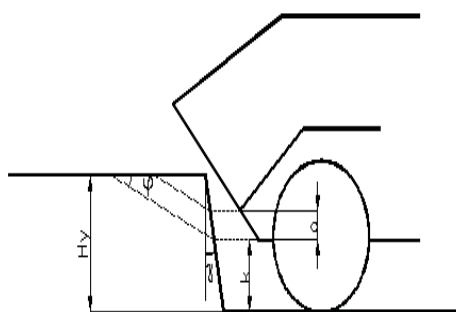


Рис. 1. Подъезд машины к уступу. Он имеет угол естественного склона

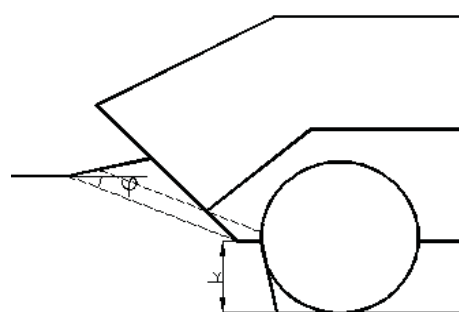


Рис. 2. Срез грунта лобовой частью

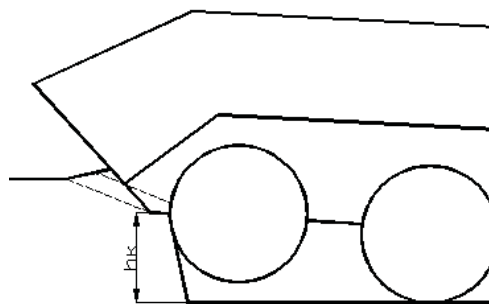


Рис. 3. Срез грунта лобовой частью и подъем машины

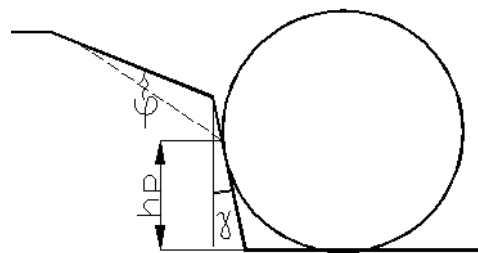


Рис. 4. Срез грунта колесом

* Агейкин Я.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители. Теория и расчет. М.: Машиностроение, 1972. 184 с.

ката колесом поверхности с учетом обрушения. В данной работе не будем рассматривать специфику образования колеи, а лишь учтем это при расчетах, а именно, условия преодоления уступа колесом в точке перегиба (в модели* учитывается только жесткость шины, аналогично учтем жесткость материала основания).

Рассмотрим зависимости для определения составляющих, необходимых для описания возможности преодоления многоосной машиной разрушаемого препятствия типа уступ.

Условие срезания материала уступа носовой частью машины. Сила сопротивления от среза грунта будет определяться по зависимости

$$F_{\text{ср}} = \{c[H_y - k]L_a + (H_y - k - a)(L_b - L_a)\} \operatorname{tg} \varphi^{-1} + \mu G_a \cos \varphi \sin \varphi + (F_k - F_f) \sin^2 \varphi\},$$

где c и $\operatorname{tg} \varphi$ – параметры грунта, H_y – высота уступа, k – дорожный просвет, a – расстояние от днища до крыла машины (см. рис. 2), L_b, L_a – ширина широкой лобовой части и нижней части машины соответственно, G_a – вес машины, F_k, F_f – силы тяги на колесах (минимальная либо по двигателю, либо по сцеплению) и сила сопротивления качению, $\mu = 0,25$ – коэффициент, учитывающий нагрузку на лобовую часть машины.

В данной зависимости предполагается, что передние колеса разгружаются, и машина носовой частью полностью ложится на грунт (данный случай будет характеризовать наибольшее возможное реализуемое сопротивление).

В результате возможны следующие случаи:

$F_{\text{ср}} \leq F_k - F_f$ – машина срезает препятствие лобовой частью, и высота уступа под колесами равна $k + a$.

$F_{\text{ср}} > F_k - F_f$ – движение машины либо невозможно, либо она как бы «всплывает» (см. рис. 3).

Нужно проверить условие «всплывания» носа машины по условию

$$F_{\text{ср}} > \mu G_a \operatorname{tg} \alpha,$$

где α – угол атаки лобового листа машины. Как видно из зависимости, чем меньше угол атаки лобового листа

машины, тем больше вероятность «всплывания» носа машины.

При срезе со «всплытием» будут следующие параметры уступа:

$$h_k = \frac{[(F_k - F_f)(\sin \varphi \operatorname{tg} \varphi \cos \varphi) + 2\mu G_a \sin \varphi] \sin \varphi + c[(H_y - a)L_b - aL_a]}{cL_b}.$$

Также необходимо проверить ограничения по условию силы тяги, развиваемой двигателем, силы сцепления и условию отрыва колес. Необходимо проверить условие отрыва колес от дороги, а именно, если $h_k > k + \Delta \left(\frac{L_{i-4}}{L + r_{cm}} \right)$, где Δ – ход подвески, L – база машины, r_{cm} – статический радиус колеса, L_{i-4} – расстояние от i -й оси до четвертой. В этом случае машина стоит на $(4-i)$ мостах, соответственно сила тяги на колесах будет меньше, причем, если $i=2$, то h_k необходимо пересчитать при условии $\mu=0,5$.

Если значение $h_k > H_y$, то машина не может преодолеть уступ.

При полученных значениях уступа необходимо проверить условие «всплывания» носа машины. Если оно также не выполняется, то величину уступа необходимо рассчитать из условия $F_{\text{ср}} = \mu G_a \operatorname{tg} \alpha$.

Рассмотрим последующее движение машины. Колесо взаимодействует с уступом величиной k или h_k . Происходит срез грунта.

$$h_p = h_k + a - (F_k - F_f)(\cos 2\varphi - \sin 2\varphi \operatorname{tg} \varphi) \times (\sin 2\varphi - \cos 2\varphi \operatorname{tg} \varphi) [2cB]^{-1} [1 - \operatorname{tg} 2\varphi \operatorname{tg} \gamma]^{-1}.$$

Рассмотрим условие перекачивания колеса через уступ и срезание части грунта вниз. При этом величина уступа станет равна:

$$h_p^1 = h_p + G_k [\cos(\gamma + \varphi) - \sin(\gamma + \varphi) \operatorname{tg} \varphi] \times [\sin(\gamma + \varphi) - \cos(\gamma + \varphi) \operatorname{tg} \gamma] [2cB]^{-1} [1 - \operatorname{tg} 2\varphi \operatorname{tg} \gamma]^{-1}.$$

Далее предполагаем, что величина h_p^1 и есть предельная величина уступа, преодолеваемого машиной по паспорту.

Таким образом, вычислив значения h_p^1 для всех машин для различных опорных оснований, получим разные значения преодолеваемых уступов.

УДК 629.113

*К.О. Гончаров, В.С. Макаров, В.В. Беляков
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
г. Нижний Новгород*

ПРОВЕДЕНИЕ ЗАМЕРОВ МИКРОПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТИПА РОВНОЕ ПОЛЕ

В рамках проекта «Организация и проведение полевых работ по определению характеристик микропрофиля дорог, предназначенных для движения транспортно-технологических машин» № 12-08-10004-к

были произведены замеры микропрофиля различных поверхностей, предназначенных для движения внедорожных транспортных средств.

В данной работе рассмотрен случай замера микропрофиля на ров-

ном поле сельскохозяйственного назначения.

Для регистрации высот неровностей был использован строительный лазерный нивелир. Выбор именно такой конструкции (в отличие

* Агейкин Я.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители. Теория и расчет. М.: Машиностроение, 1972. 184 с.