

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  $\alpha$  – 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  $\Delta$  – 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 перекатывания 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.



Рис. 1. Момент проведения замера. У исследователя в руках мерная линейка и приемник сигнала от лазерного нивелира

от общепринятых методик) позволяет при необходимости проводить замеры даже одному участнику (рис. 1). Также применение именно данного решения было обусловлено ценовыми факторами, так как данный проект предполагался как инициативный.

В соответствии с рекомендациями ГОСТ 12.2.002-91, ГОСТ 12.1.049-86 и пр. были произведены замеры микропрофиля.

После записи и обработки результатов были получены данные о характере неровностей (рис. 2).

В результате имеем, что на поверхности движения типа ровное поле можно выделить две характерные преобладающие частоты неровностей: низкую  $\beta = 0,033-0,04 \text{ м}^{-1}$  и высокую  $\beta = 0,25-0,4 \text{ м}^{-1}$ .

Используя полученные данные, можно спрогнозировать плавность хода транспортно-технологических машин на дорогах данного типа.

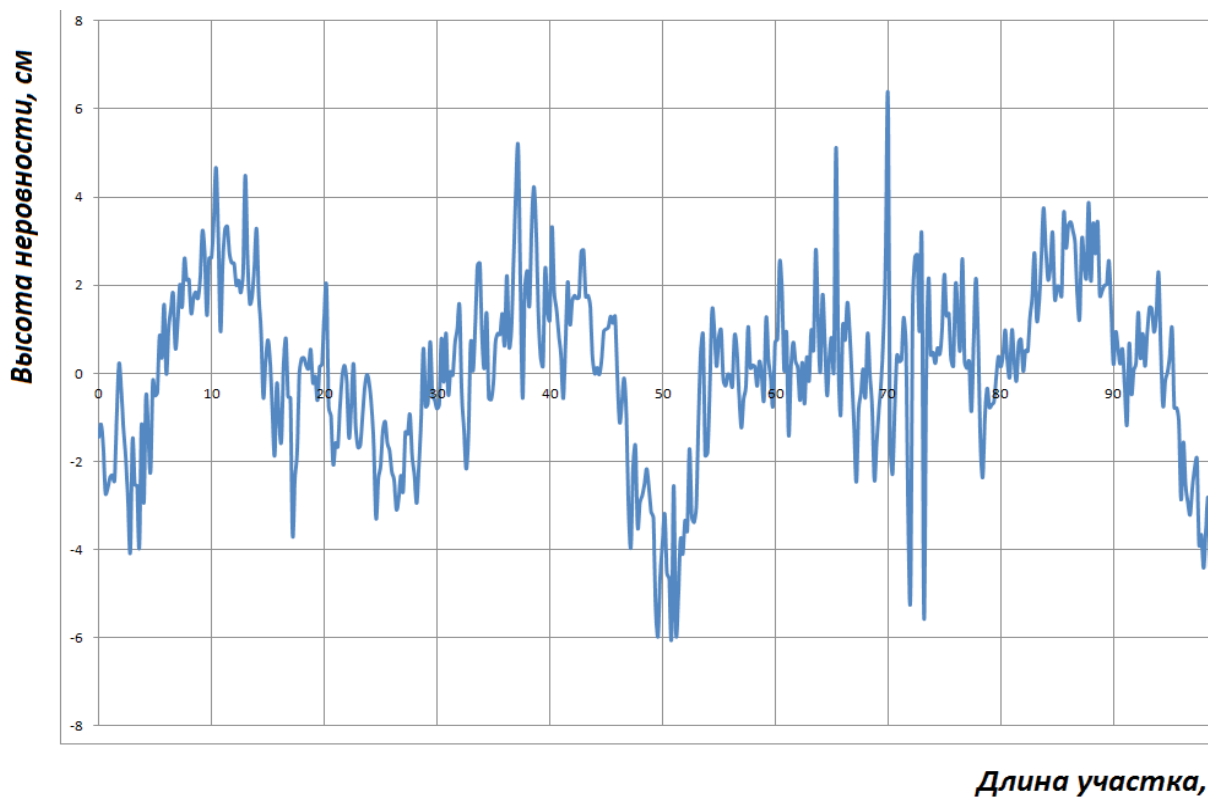


Рис. 2. Пример нормированного микропрофиля, полученного по результатам замеров