

## К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ПЕРЕМЕННОГО НАТЯЖЕНИЯ ГУСЕНИЦЫ

*Е.Е.Александров, доктор технических наук, профессор  
В.В.Пидашов, аспирант*

*Национальный технический университет "Харьковский  
политехнический институт"*

*Розглянуто вплив змінного натягнення гусениці на динаміку гусеничної машини під час її руху по перетнутій місцевості. Наведено послідовність розрахунку натягнення на різних ділянках гусеничного обводу.*

При исследовании динамики гусеничной машины важным фактором является учёт влияния натяжения гусеничного обвода. Гусеница позволяет не только повысить проходимость машины, но и ограничивает перемещение опорных катков при движении по неровностям. При анализе работы гусеницы различают свободный участок, состоящий из рабочего и свободного провисающего, и разостланный на грунте опорный участок. Гусеница является деформируемой в продольном направлении с нелинейной зависимостью между растягивающим усилием  $T$  и удлинением  $\Delta l$ . Удлинение  $\Delta l_1$  одного трака представляется параболической зависимостью в широком диапазоне изменения  $T$  [1]:

$$\Delta l_1 = c_1 T + c_2 T^2. \quad (1)$$

Для гусеницы с открытыми шарнирами коэффициенты  $c_1$  и  $c_2$  положительны, т.е. податливость гусеницы возрастает с увеличением натяжения. Для гусениц с резинометаллическими шарнирами  $c_2 < 0$ . Большое натяжение гусеницы оказывает значительное влияние на реакции, действующие со стороны грунта на крайние опорные катки, уменьшая их на соответствующие величины. Натяжение гусеницы под крайним катком равно натяжению гусеницы соответствующего наклонного участка гусеницы. В работах [1, 2] приведен порядок определения реакций грунта с учётом натяжения гусеницы для крайних опорных катков.

При анализе математической модели колебаний корпуса гусеничной машины при движении по пересечённой местности возможны три варианта учёта натяжения гусеницы: переменное натяжение, статическое натяжение и натяжение отсутствует [2]. Рассмотрим первый наиболее трудный случай. Натяжение участков гусеницы различно, т.к. рабочий и свободный провисающий участки разделяются ведущим колесом, которое вращается неравномерно в процессе движения машины по неровностям. Эти участки в зависимости от их статического натяжения имеют определённые стрелы провисания и деформируются в продольном направлении в соответствии с (1). При анализе натяжения гусеницы пренебрегают её звенчатостью и из-

гибной жёсткостью, предполагая, что гусеница – растяжимая в соответствии с (1) лента. Звенчатость гусеницы не учитывается, т.к. она вызывает высокочастотные периодические натяжения участков, частоты которых на один - два порядка выше частот, обусловленных неровностями грунта. В связи с этим звенчатость не влияет на плавность хода и нагруженность ходовой системы, обусловленной колебаниями корпуса при движении по неровностям. Запишем зависимость между предварительным натяжением гусеницы  $T_0$ , длиной провисающего участка и параметрами ходовой части в состоянии покоя машины:

$$s_i - a_i = \rho^2 a_i^3 24T_0^2, \quad (2)$$

где  $a_i$  – расстояния между поддерживающими катками,  $s_i$  – длина провисающего  $i$ -го участка между поддерживающими катками. Произведя суммирование (2) по всем провисающим участкам, натяжение которых  $T_0$  одинаково, получим:

$$\sum (s_i - a_i)_0 = \frac{\rho}{24T_0^2} \sum a_i^3. \quad (3)$$

Здесь устанавливается зависимость между длиной, которую могут выдать провисающие участки нерастяжимой гусеницы и предварительным натяжением  $T_0$ . Статическое натяжение будет изменяться при движении машины в силу таких факторов: изменяются длины хорд наклонных участков гусеницы; удлиняются участки гусеницы вследствие воздействия динамического натяжения  $\rho V^2/g$ ; изменяется длина рабочего участка гусеницы при неравномерном движении центра тяжести корпуса машины и неравномерном вращении ведущего колеса. Определим удлинение рабочего участка гусеницы вследствие двух последних причин при установившемся движении машины со скоростью  $V$ :

$$Vt + x - (\omega_{\text{вк}} t + \theta)R_1 = x - R_1\theta,$$

где  $R_1$  – радиус ведущего колеса,  $\omega_{\text{вк}}$  – угловая скорость вращения ведущего колеса. Увеличение натяжения рабочего участка гусеницы  $T_6$  (на шестиопорной машине с задним расположением ведущего колеса) приводит к вытягиванию некоторой длины  $\Delta_3$  гусеницы из-за дополнительного растяжения разостланного участка, примыкающего к рабочему. Составим уравнение, аналогичное (3), для рабочего участка гусеницы, учитывая приращение длины  $\sum (s_i - a_i)_0$  за счёт перечисленных явлений и, как следствие, возникновения нового статического натяжения  $T_6$ :

$$\begin{aligned} & - \sum (s_i - a_i)_0 - \Delta_2 + \Delta_3 + x - \theta R_1 + n_p \left[ c_1 \left( T_6 + \frac{\rho}{g} V^2 \right) + \right. \\ & \left. + c_2 \left( T_6 + \frac{\rho}{g} V^2 \right)^2 - c_1 T_6 - c_2 T_0^2 \right] = \frac{\rho^2}{24T_0^2} \left( \sum a_i^3 + 3a_6^2 \Delta_2 \right), \end{aligned} \quad (4)$$

где  $\Delta_2$  – удлинение хорды наклонной части рабочего участка,  $\Delta_3$  – удлинение

ние рабочего участка, обусловленное удлинением участка гусеницы, при-  
мыкающего к заднему, опорному катку, вследствие роста  $T_6$ ,  $n_p$  – число  
звеньев рабочего участка гусеницы. Из (4) найдём статическое натяжение  
 $T_6$  рабочего участка, сгруппировав члены с одинаковой степенью  $T_6$ :

$$T_6^4 + D_3 T_6^3 + D_2 T_6^2 - D_0 = 0; \quad D_3 = \left( \frac{c_1}{c_2} + 2 \frac{\rho}{g} V^2 \right); \quad D_0 = -\frac{\rho^2}{24 n_p c_2} \left[ \sum a_i^3 + 3 a_6^2 f_2(Z_6) \right];$$

$$D_2 = \frac{1}{n_p c_2} \left[ \sum (s_i - a_i)_0 + n_p \left( c_1 \frac{\rho}{g} V^2 + c_2 \frac{\rho^2}{g^2} V^4 \right) - n_p (c_1 T_0 + c_2 T_0^2) + f_1(Z, \varphi, x, \theta) \right]. \quad (5)$$

Из (5) следует, что натяжение  $T_6$  является функцией обобщенных ко-  
ординат  $Z, \varphi, x, \theta$ , определяющих положение корпуса машины, характери-  
стик податливости гусеницы  $c_1$  и  $c_2$  и скорости движения машины. Анало-  
гично (4), (5) можно составить уравнения для переднего наклонного участ-  
ка. В работе [2] приведен алгоритм решения уравнения четвертой степени  
(5).

Если в процессе движения машины натяжение гусеницы не достига-  
ет больших величин, зависимость между  $T$  и  $\Delta l_1$  в (1) можно представить  
линейно. Следовательно,  $c_2 = 0$ . В этом случае исходное уравнение (4) для  
рабочего участка гусеницы и для переднего наклонного упрощается [2].  
Уравнение (4) справедливо при определении натяжения участков гусеницы  
для переднего и заднего ведущих колёс. При заднем расположении веду-  
щего колеса рабочий участок будет состоять из провисающего участка ни-  
же колеса. Тогда при определении натяжения  $T_6$  вместо  $\sum (s_i - a_i)$ ,  $\sum a_i^3$  будет  
лишь по одному слагаемому  $(s_6 - a_6)_0$ ,  $a_6$ . При расчёте натяжения свобод-  
ных участков гусеницы появляются суммы  $\sum (s_i - a_i)_0$ ,  $\sum a_i^3$  вместо членов  
 $(s_1 - a_1)$ ,  $a_1^3$ . Для машины с задним ведущим колесом и гусеницей с рези-  
нометаллическим шарниром особенно важно учесть удлинение  $\Delta_3$ , обу-  
словленное дополнительным растяжением разостланного участка гусени-  
цы в случае значительного увеличения натяжения  $T_6$ . Учёт  $\Delta_3$ , необходи-  
мость которого обусловлена большой продольной жёсткостью рабочего  
участка вследствие его малой длины, существенно изменит эту жёсткость  
и определит изменение натяжения разостланного участка гусеницы, свя-  
занного с образованием силы тяги.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аврамов В.П. Динамика гусеничной транспортной машины при прямоли-  
нейном движении по неровностям. – К.: УМК ВО, 1992. – 100 с.
2. Аврамов В.П., Калейчев Н.Б. Динамика гусеничной транспортной машины  
при установившемся движении по неровностям. – Харьков: Вища школа,  
1989. – 112 с.