

УДК 621.242.002

Л.И. Кантович, А.С. Григорьев

**ВЛИЯНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ
УСИЛИЯ ПОДАЧИ НА СИЛУ ТРЕНИЯ
ПРИ ПРОДАВЛИВАНИИ СТАЛЬНЫХ ФУТЛЯРОВ**

Семинар № 16

Известно, что между трением и колебаниями существует тесная взаимосвязь: трение способно порождать колебания, а колебания влияют на трение.

Анализ явлений на фрикционном контакте: «внешняя поверхность стального футляра (трубы) – грунт» основано на законе Амонтона, т.е. на представлении об определяющем значении в формировании силы трения нормальной к поверхности трения нагрузки и соответствующей этой нагрузке нормальной контактной деформации.

Упругая податливость (в пределах закона Гука) стального футляра в нормальном направлении на порядки ниже податливости контактного слоя, заполненного микровыступами обеих трущихся поверхностей и микрозазорами. В этом случае стальной футляр в первом приближении уподобляется телу, покоящемуся на системе «микропружинок», моделирующих микронеровности. Некоторые из них соприкасаются и несут всю нормальную нагрузку, а более мелкие не соприкасаются. Нормальный периодический импульс (следствие упругих поперечных колебаний стального футляра) приводит к интенсификации микроимпульсов между микровыступами трущихся поверхностей, уменьшая силу трения.

В работе [1] установлено, что сила кинетического трения скольжения всегда несколько снижена контактными колебаниями за счет их ассиметричности и ос-

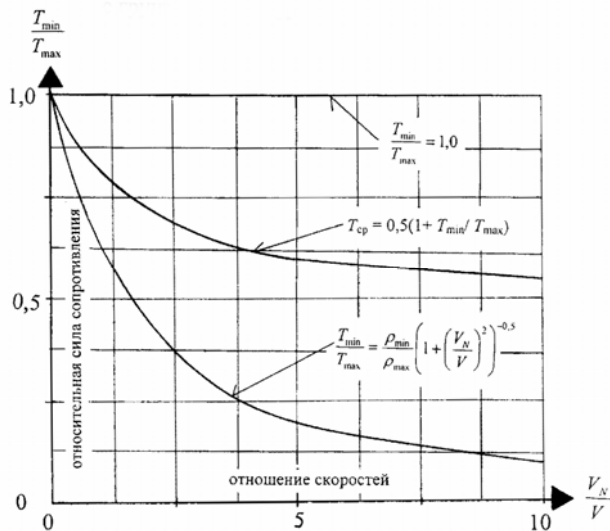
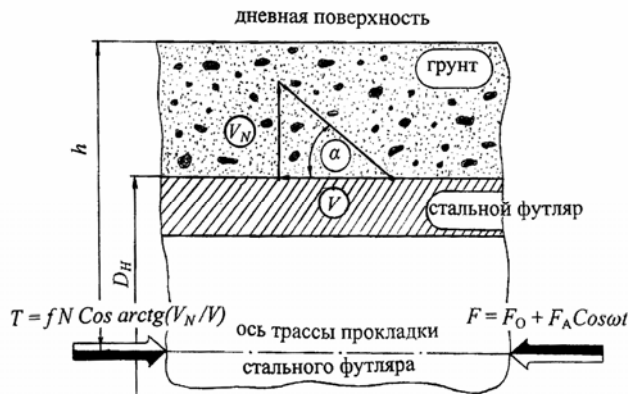
новная частота которых, ввиду их малой амплитуды, близка к собственной частоте линейных колебаний скользящего тела.

$$\omega_C = (C_{\text{пр}}/m)^{0,5}$$

где $C_{\text{пр}}$ – приведенная жесткость стыка трущихся тел, Н/м; m – масса тела скольжения, кг.

Таким образом, если сообщить частоту вынужденных колебаний телу скольжения вблизи его собственной можно добиться резонансного минимума силы трения. Однако, учитывая значительную массу стального футляра резонансное снижение силы трения в этом случае потребует чрезмерной мощности вибрационного устройства. Необходимо также учитывать и то, что характеристика колебаний (в основном амплитуда) по нормали к поверхности трения определяется не только контактной жесткостью стыка трущихся тел (жесткостью трения), но и жесткостью стального футляра с приводом продавливающей установки. Поэтому, для определения величины снижения трения при нормально направленных вынужденных колебаний с дорезонансной частотой, т.е., когда вектор силы трения направлен против равнодействующей скорости скольжения, составляющей угол α с вектором скорости V внедрения стального футляра в грунт (рис. 1) под действием силы

$$F = F_0 + F_A \cos \omega t, \text{ Н} \quad (1)$$



при

$$\alpha = \arctg(V_N/V), \quad (2)$$

где V_N – мгновенная скорость поперечных колебаний стального футляра, м/с; V – мгновенная скорость внедрения стального футляра в грунт, м/с; F_0 – постоянная составляющая усилия подачи, Н; F_A – амплитуда переменной составляющей усилия подачи, Н; ω – частота вынужденных колебаний усилия подачи стального футляра, рад/с.

Рис. 1. Схема взаимодействия стального футляра с грунтом в зоне фрикционного контакта

Рис. 2. Зависимость относительной силы сопротивления при продавливании стального футляра в породу от величины отношения скорости поперечных колебаний к скорости подачи продавливающей установки

Соответственно, мгновенное значение силы сопротивления подачи составит

$$T = fN \cos \arctg(V_N/V) \quad (3)$$

где f – коэффициент трения скольжения; N – нормальная к поверхности трения сила, равная

$$N = \pi \rho g h D_{нl_K}, \quad (4)$$

где ρ – плотность грунта, кг/м³; h – расстояние от дневной поверхности до оси трассы инженерной коммуникации, м; $D_{н}$ – наружный диаметр стального футляра, м; l_K – длина контакта стального футляра с породой, м.

Выражение (3) с учетом (2) и (4) принимает вид

$$T = f \pi \rho g h D_{нl_K} V (V^2 + \omega^2 A_N^2 \cos^2 \omega t)^{-0,5}, \quad (5)$$

где A_N – амплитуда поперечных колебаний стального футляра, м.

Относительная сила сопротивления внедрению стального футляра в породу T_{\min}/T_{\max} определится из выражения (5) при следующих тривиальных условиях:

$$T_{\max} = f \pi \rho g_{\max} h D_{H\max} l_K, \quad (6)$$

$$T_{\min} = f \pi \rho g_{\min} h D_{H\min} l_K V (V^2 + \omega^2 A_N^2)^{-0,5}, \quad (7)$$

После соответствующих алгебраических преобразований относительная сила сопротивления для стального футляра

одинаковой длины и диаметра, прокладываемого по одной и той же трассе, составит

$$\frac{T_{\min}}{T_{\max}} = \frac{\rho_{\min}}{\rho_{\max}} \left(1 + \left(\frac{V_N}{V} \right)^2 \right)^{-0,5} \quad (8)$$

За цикл поперечных колебаний значение $T_{\text{ср}}$ относительной силы сопротивления внедрению стального футляра в грунт определится как

$$T_{\text{ср}} = 0,5(1 + T_{\min}/T_{\max}) \quad (9)$$

Анализ зависимостей (8) и (9) (рис.2) свидетельствует, что при $\rho_{\min}/\rho_{\max} = 1,0$

средняя сила сопротивления при продавливании стального футляра в грунт при импульсном воздействии на его хвостовик монотонно убывает с ростом величины отношения скорости поперечных колебаний к скорости подачи продавливающей установки.

В свою очередь, скорость $V_N = \omega A_N$ при $A_N = \text{const}$ растет с ростом частоты вынужденных поперечных колебаний ω , уменьшая силу сопротивления продавливания футляра в грунт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толстой Д.М., Каплан Р.Л. К вопросу о роли нормальных перемещений при внешнем трении. – В сб.: Новое в теории трения. – М.: Наука, 1966. – С. 42-59.

Коротко об авторах

Кантович Л.И. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой,
 Григорьев А.С. – магистр горного дела, аспирант,
 кафедра «Горные машины и оборудование», Московский государственный горный университет.

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА им. Д.А. КУНАЕВА			
ОМИРЗАКОВА Эльмира Женисовна	Разработка ресурсосберегающей технологии формирования искусственного массива с опорно-жестким слоем	25.00.22	к.т.н.

