

Коэффициент  $\kappa$  можно приближенно принять равным единице при заготовке леса современными валочными машинами, так как ветровая нагрузка воспринимается не корневой системой дерева, а хвататно-срезающим устройством машины.

Для лесозаготовительных машин наибольшая опасность создается в случае мгновенного нарастания силы ветра, характеризующегося максимальным значением динамического коэффициента порыва  $\beta = 1,91$ . При этом, даже при небольших значениях силы ветрового напора, значение  $P_w$  будет достаточно велико, и им нельзя пренебречь.

На основании изложенного были определены значения  $P_w$  и  $M_w$  для следующих данных: диаметр дерева на высоте груди  $d_{1,3} = 30$  см, высота дерева  $H = 21$  м, ширина кроны  $B = 4$  м,  $H_k = 5$  м,  $\beta = 1$ . Результаты расчетов приведены в табл. 2. Из нее следует, что даже при слабом ветре изгибающий момент достигает значительных величин и способен привести к существенному увеличению нагрузок на рабочие органы лесозаготовительных машин.

Поступила 27 декабря 1989 г.

УДК 629.114.45

## ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ ПО БЕЗДОРОЖЬЮ

В. Д. ЕСАФОВ, Н. Н. СМИРНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Для перевозки леса в настоящее время применяют колесные, гусеничные или смешанные поезда, включающие в себя тяговые и прицепные единицы. Недостатком таких транспортных систем является ограничение установочной мощности двигателя по сцеплению движителя тяговой машины с дорогой. Например, при движении системы по снежной целине сопротивление движению возрастает, а сцепление колес или гусениц с верхним покрытием трассы резко снижается. При движении по гладкому ледяному покрытию рек и озер использовать снижение сопротивления перемещению транспортной системы не удастся из-за буксования движителя тяговой единицы\*.

Рассмотрим транспортную систему, состоящую из тяговой и прицепной единицы. Сила тяги по сцеплению тягача с дорогой  $P_\varphi$ :

$$P_\varphi = mg\varphi, \quad (1)$$

где  $m$  — масса тяговой единицы;  
 $g$  — ускорение свободного падения;  
 $\varphi$  — коэффициент сцепления движителя тягача с дорогой.

Касательная сила тяги машины по мощности двигателя находится по известной формуле механики

$$P_\tau = \frac{10^3 N_e}{V} \eta_{тр}, \quad (2)$$

где  $N_e$  — эффективная мощность двигателя;  
 $V$  — скорость движения транспортной системы;  
 $\eta_{тр}$  — КПД трансмиссии.

\* Есафов В. Д., Есафова З. Я., Жигалов А. М. Преимущества импульсной транспортной системы при движении по бездорожью // Лесн. журн.— 1987.— № 5.— С. 40—44.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Для реализации силы тяги по мощности двигателя необходимо выполнение условия:  $P_\varphi \geq P_\tau$ . После подстановки и преобразований имеем

$$m \geq \frac{10^3 N_e}{g \varphi V} \eta_{\text{тр}} \quad (3)$$

Как видно из формулы (3), для реализации силы тяги по мощности двигателя приходится искусственно завышать сцепную массу тяговой единицы.

При движении транспортной системы по бездорожью коэффициент сцепления варьирует в широком диапазоне, поэтому высока вероятность буксования тягача на отдельных участках трассы. Вместе с тем, значительно увеличивается сила сопротивления  $F_c$  перекачиванию транспортной системы в целом, например, при движении ее по снежной целине или болотистой местности:

$$F_c = [m + m_{\text{гр}} (1 + \nu + \mu)] g f_1 \quad (4)$$

Здесь  $f_1$  — коэффициент сопротивления качению транспортной системы;

$m_{\text{гр}}$  — масса груза;

$$\nu = \frac{m_\phi}{m_{\text{гр}}}; \quad \mu = \frac{nm_\tau}{m_{\text{гр}}},$$

где  $m_\phi$  — масса грузовой платформы;

$m_\tau$  — масса тележки;

$n$  — число тележек.

При ускоренном движении системы имеем  $P_\varphi > F_c$ , отсюда с учетом уравнений (1) и (4) получим:

$$m > \frac{(1 + \nu + \mu) f_1}{\varphi - f_1} m_{\text{гр}} \quad (5)$$

Формула (5) еще раз подтверждает необходимость увеличения массы тяговой машины. Так, при  $\varphi = f_1$ ,  $m > \infty$ , т. е. тягач не только не сможет перевозить груз, но и сам утратит проходимость.

Значение потребной мощности привода можно получить совместным решением уравнения (3) и (5)

$$N_e = \frac{\varphi f_1 g V (1 + \nu + \mu)}{10^3 \eta_{\text{тр}} (\varphi - f_1)} m_{\text{гр}} \quad (6)$$

Для повышения проходимости системы используют активные полуприцепы и прицепы. Это значительно усложняет конструкцию.

Реализация крутящего момента на ведущих колесах прицепа, при движении по слабым грунтам, вызывает срезание верхнего покрова земли и приводит к погружению колес в грунт; система теряет подвижность.

В данной работе предлагается использовать для активного прицепа импульсный движитель, что позволит обеспечивать движение транспортной системы в трудных условиях. Колеса такого прицепа будут выполнять роль опорных катков, что приведет к снижению поврежденный грунта и увеличению проходов системы по одному следу.

На рис. 1 показана модель транспортной системы для перевозки крупногабаритных грузов с использованием импульсного движителя прицепа. Система состоит из тяговой единицы, оснащенной гидравлической станцией, и шарнирно закрепленной несущей рамы, опирающейся на тележки.

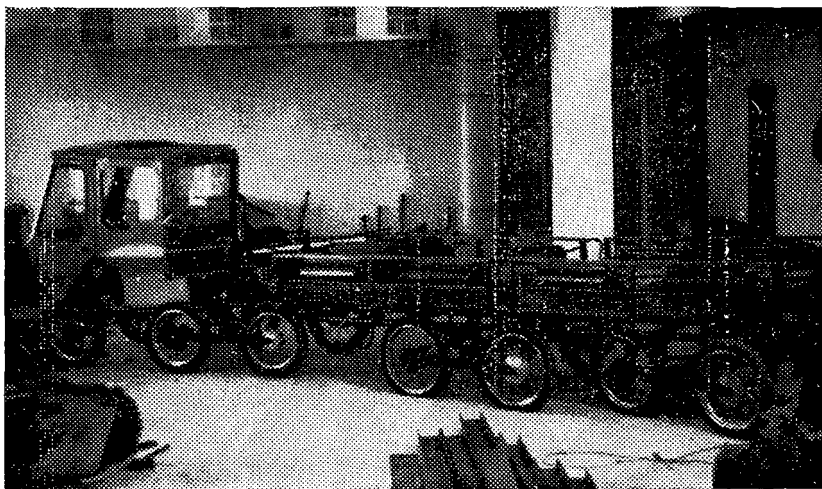


Рис. 1

Схема сочленения тележки с рамой дана на рис. 2. Несущая рама 1 может перемещаться относительно тележки за счет силового гидроцилиндра 2, установленного между рамой и кареткой 3 с роликовой дорожкой. Балансир тележки 6 шарнирно связан с кареткой посредством реактивной тяги 4 и гидродемфера 5. Гидродемферы тележек объединены в две группы по принципу сообщающихся сосудов по обе стороны несущей рамы, что позволяет сохранять положение платформы близким к горизонтальному при прохождении неровностей и обеспечивает равномерность распределения, нагрузки на все колеса тележки, независимо от их положения.

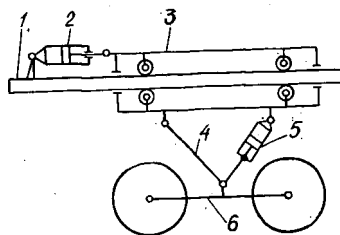


Рис. 2

Транспортная система работает следующим образом. При движении по хорошей дороге или под уклон система работает по обычной схеме, т. е. перемещается за счет касательной силы тяги, приложенной к ведущим колесам тягача. При движении по бездорожью, ледяному покрову или по крутому подъему дороги тяговая единица превращается в пассивную тележку с ведомыми колесами.

При трогании с места включаются в работу силовые гидроцилиндры, и тягач движется, увлекая за собой раму с грузом. Они перемещаются по «роликовой дорожке», опорные тележки в это время неподвижны. В дальнейшем, за счет последовательного включения гидроцилиндров, тележки поочередно подтягиваются к тяговой единице. Движение системы может быть как дискретным, так и непрерывным. Это зависит от состояния трассы и мощности гидропривода.

В случае дискретного движения при перемещении тягача с грузовой платформой (тягач работает как пассивная тележка)

$$F_c = [mf_1 + m_{гр}(1 + \nu) f] g; \quad (7)$$

$$P_\phi = m_{гр}(1 + \nu + \mu) g\phi, \quad (8)$$

где  $f$  — коэффициент сопротивления перемещению платформы по роликам,

Решая совместно уравнения (7) и (8) при  $P_{\varphi} > F_c$ , получим:

$$m < \frac{m \nu}{J} [(1 + \nu)(\varphi - f) + \mu\varphi]. \quad (9)$$

Таким образом, при импульсном движении системы масса тяговой единицы должна быть, по возможности, меньшей. Мощность двигателя при дискретном движении системы принципиально может быть весьма малой, так как в данном случае легко выполняется «золотое» правило механики: «проиграл в скорости — выиграл в силе».

Масса транспортируемого груза теоретически не ограничена, в чем легко убедиться с помощью основного закона механики:

$$m_{\text{гр}} = \frac{F_u - m(a + f_1g)}{(1 + \nu)(a + fg)}, \quad (10)$$

где  $F_u$  — усилие в гидроцилиндрах;  
 $a$  — ускорение в движении груза.

Предлагаемая нами транспортная система с успехом может быть использована для прямой вывозки леса без веток и усов в условиях делянки, для перевозки крупногабаритных грузов в условиях пустынь и полупустынь, тундры, а также при движении по ледяному и снежному покрытию. При движении по бездорожью колеса можно оборудовать гусеницей, при движении по снежной целине — санными полозьями.

Тяговые усилия в гидроцилиндрах и скорость движения системы регулируются автоматически в зависимости от качества опорной поверхности.

Поступила 8 января 1990 г.

УДК 630\*383.2.001.2

## О РАСЧЕТЕ НА ПРОЧНОСТЬ ОСНОВАНИЙ ЗИМНИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА БОЛОТАХ

В. С. МОРОЗОВ

СевНИИП

Участки зимних лесовозных автомобильных дорог, проходящие по болотам, имеют в основании слой мерзлого торфа, на который может быть уложен бревенчатый настил (сплошной или прореженный) и устроена насыпь из минерального грунта. Методы расчета таких оснований приведены в работах [2—4] и ряде других. Они рассматривают основание как плиту (балку), лежащую на упругом полупространстве, обладающем винклеровскими свойствами.

Существенной особенностью слоя мерзлого торфа является то, что его физико-механические свойства (в частности модуль упругости) зависят от температуры торфа [1] и вида деформации (сжатие или растяжение). Модуль упругости по глубине основания изменяется от некоторого максимального значения до величины модуля упругости талого торфа. В существующих методах расчета эта особенность учитывается приблизительно, что отражается на их точности.

Для исследования напряженно-деформированного состояния изгиба плиты (балки) с переменным модулем упругости по ее толщине необходимо знать положение нейтральной оси и характер распределения напряжений в поперечном сечении. Методика решения такой задачи рассмотрена в настоящей статье с учетом анизотропных свойств мерзлого торфа на сжатие и растяжение. При составлении расчетных зависимостей использована общепринятая гипотеза плоских сечений.