

УДК 629.114.45

**ПРЕИМУЩЕСТВА ИМПУЛЬСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ
ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО БЕЗДОРОЖЬЮ**

В. Д. ЕСАФОВ, З. Я. ЕСАФОВА, А. М. ЖИГАЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Для перевозки грузов в настоящее время применяют колесные, гусеничные или смешанные поезда, включающие в себя тяговые и прицепные единицы. Недостатком традиционных транспортных систем является ограничение установочной мощности двигателя по сцеплению двигателя тяговой машины с дорогой.

Возможна ли транспортная система, которая не имела бы ограничений мощности по сцеплению и с одинаковым успехом двигалась по дорогам и по бездорожью? Наше внимание привлекла импульсная транспортная система. Пример такой системы дает нам живая природа: обычная гусеница перемещает свое тело толчками-импульсами сочлененных элементов.

Рассмотрим общую динамику традиционной и импульсной транспортных систем.

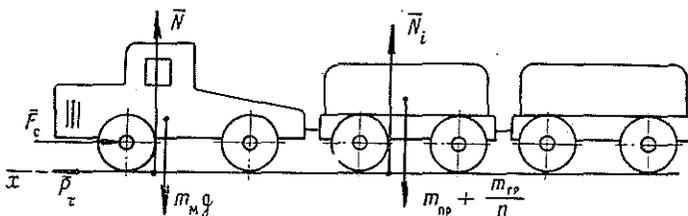


Рис. 1. Принципиальная схема транспортной системы в общем виде

Пусть традиционная транспортная система состоит из одной тяговой и n прицепных единиц (рис. 1). При движении по горизонтальному участку дороги сила тяги по сцеплению P_φ равна

$$P_\varphi = m_m g \varphi, \tag{1}$$

где m_m — масса машины;
 g — ускорение свободного падения;
 φ — коэффициент сцепления двигателя тяговой машины с дорогой.

По известной формуле механики касательная сила тяги по мощности двигателя

$$P_\tau = \frac{9550 N_e u_{тр}}{R n_{дв}} \eta_{тр}, \tag{2}$$

где N_e — эффективная мощность двигателя;
 $u_{тр}$ — передаточное число силовой передачи;
 $\eta_{тр}$ — КПД силовой передачи;

R — радиус ведущего колеса;

$n_{дв}$ — номинальная частота вращения вала двигателя.

Для реализации силы тяги по мощности двигателя необходимо выполнить условие $P_{\varphi} \geq P_c$, или

$$m_m \geq \frac{9550 N_e u_{тр}}{R n_{дв} g \varphi} \eta_{тр}. \quad (3)$$

Как видно из формулы (3), для реализации силы тяги по мощности двигателя иногда приходится искусственно завышать массу тяговой единицы, что приводит к неоправданному увеличению металлоемкости конструкции и снижению коэффициента снаряженной массы транспортной системы в целом. Так, при $\varphi \rightarrow 0$ $m_m \rightarrow \infty$.

При движении транспортной системы по бездорожью коэффициент φ варьирует в широком диапазоне, поэтому высока вероятность буксования движителя машины на отдельных участках трассы. Вместе с тем, наряду с увеличением массы тягача, значительно возрастает сила сопротивления перемещению транспортной системы:

$$F_c = [m_m + m_{гр} (1 + k)] g f, \quad (4)$$

где $k = \frac{m_{пр} n}{m_{гр}}$ — коэффициент тары;

$m_{пр}$ — масса одного прицепа;

$m_{гр}$ — масса груза, транспортируемого всей системой;

f — коэффициент сопротивления перемещению транспортной системы.

При равномерном прямолинейном движении по горизонтальному участку трассы $P_{\varphi} = F_c$. Условие ускоренного движения системы, в частности при трогании с места, $P_{\varphi} > F_c$, или:

$$m_m \geq \frac{(1 + k) f}{\varphi - f} m_{гр}. \quad (5)$$

Формула (5) еще раз подтверждает необходимость вынужденного увеличения массы тяговой машины при повышении полезной нагрузки и изменении коэффициента φ . Так, при движении системы по болотистой местности или снежной целине, при $\varphi = f$, $m_m = \infty$, т. е. тягач не только не сможет перемещать прицепы, но и сам утратит проходимость.

Решая совместно уравнения (3) и (5), получим:

$$m_{гр} \leq \frac{9550 N_e u_{тр} (\varphi - f)}{R n_{дв} g \varphi f (1 + k)} \eta_{тр}, \quad (6)$$

откуда видно, что при $\varphi = f$ мощность привода главного движения вообще не будет реализована, так как $m_{гр} = 0$ при любом значении N_e .

Изложенное показывает, что для увеличения грузоподъемности транспортной системы необходимо исключить ее зависимость от коэффициента сцепления движителя тягача с дорогой и снизить коэффициент сопротивления перемещению системы по бездорожью.

Выводы эти не новы — на протяжении веков ведется борьба с трением скольжения и качения: это и снижение удельного давления на грунт, и увеличение диаметра колес, и совершенствование геометрии опорных лыж, и применение воздушной и магнитной подушек.

В этих же целях создаются и новые виды движителя: воздушные винты, реактивные двигатели и др.

Рассмотрим одно из возможных принципиальных решений компоновки импульсной транспортной системы (рис. 2). Система состоит

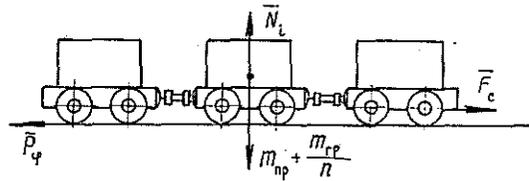


Рис. 2. Принципиальная схема импульсной транспортной системы в общем виде

из n пассивных тележек, все колеса которых ведомые. Между тележками установлены гидроцилиндры, которые последовательно воздействуют на тележки, создавая волну импульсов, перемещающую транспортную систему. Исполнительные органы между тележками могут быть не только гидравлическими, но и пневматическими, механическими и электромагнитными. Источники энергии размещены на всех или на одной из тележек.

В любой момент времени при прерывистом (дискретном) движении системы

$$P_{\varphi} = m_{гр} g \varphi (1 + k) \frac{n-1}{n}; \quad (7)$$

$$F_c = m_{гр} g f (1 + k) \frac{1}{n}. \quad (8)$$

Как видно из формул (7) и (8), сила тяги по сцеплению P_{φ} всегда значительно больше силы сопротивления перекатыванию одной тележки F_c :

$$P_{\varphi} = F_c (n-1) \frac{\varphi}{f}. \quad (9)$$

В случае $\varphi = f$ система не утратит подвижности $P_{\varphi} = F_c (n-1)$. Например, при $n \rightarrow \infty$:

$$P_{\varphi} \rightarrow m_{гр} g \varphi (1 + k); \quad F_c \rightarrow 0.$$

Более того, при дискретном перемещении системы в случае равномерного движения ее центра масс, т. е. при $P_{\varphi} = F_c$, движение возможно и при $\varphi < f$. Согласно совместному решению уравнений (7) и (8), $\varphi = \frac{1}{n-1} f$. При $\varphi = f$ получим $n = 2$, при ускоренном движении $n > 2$.

При одной и той же полезной нагрузке необходимая мощность привода обратно пропорциональна числу тележек и, самое главное, не ограничена по сцеплению. В этом легко убедиться, анализируя уравнение (10), полученное по общеизвестным законам механики:

$$N_e \geq m_{гр} g V_c f \frac{1+k}{10^3 \eta_{гр}}, \quad (10)$$

где V_c — скорость центра масс системы.

Так как при дискретном движении каждый раз разгоняется только одна тележка, необходимая мощность привода незначительна.

При непрерывном движении транспортной системы сила сопротивления и, соответственно, мощность привода увеличиваются в n раз при одинаковых значениях остальных параметров.

Для определения кинематических параметров воспользуемся теоремой о движении центра масс системы

$$m_{гр} (1 + k) a_c = P_\varphi - F_c,$$

где a_c — ускорение центра масс системы.

После подстановки и преобразований:
для дискретного движения

$$a_c = [\varphi(n-1) - f] \frac{g}{n}; \quad (11)$$

для непрерывного движения

$$a_c = [\varphi(n-1) - nf] \frac{g}{n}. \quad (12)$$

По известным формулам механики для равноускоренного движения

$$V_c = a_c t; \quad S = \frac{a_c t^2}{2},$$

где S — расстояние, пройденное транспортной системой;

t — время движения системы.

Приведенные формулы показывают, что кинематические параметры системы не зависят от массы груза и тележек. Теоретически они могут принимать любые значения, так как мощность привода не ограничена силой тяги по сцеплению (10).

Условие непрерывного движения транспортной системы с ускорением $a_c > 0$

$$\varphi > f \frac{n}{n-1}. \quad (13)$$

Это условие легко выполнимо, так как обычно $\varphi > f$. При необходимости такое условие можно создать, устанавливая обгонные муфты или храповые устройства на колесах и подбирая лыжи и понтоны соответствующей геометрической формы.

С помощью импульсной транспортной системы легко осуществить на практике золотое правило механики: «Проиграл в скорости — выиграл в силе». В нашем случае необходимо увеличить внутренний диаметр гидроцилиндра.

Из графиков (рис. 3) видна зависимость грузоподъемности транспортной системы от скорости движения и числа тележек, входящих в систему. Графики построены при $N_e = 150$ кВт, $f = 0,25$, $k = 0,5$, $\eta_{гр} = 0,8$.

Таким образом, аналитические исследования подтверждают целесообразность применения импульсной транспортной системы в условиях бездорожья. Отсутствие активного движителя позволяет использовать в качестве дорог с малым коэффициентом сопротивления снежную целину и ледяное покрытие рек, озер и морей. Скорость движения регулируется автоматически в зависимости от качества опор-

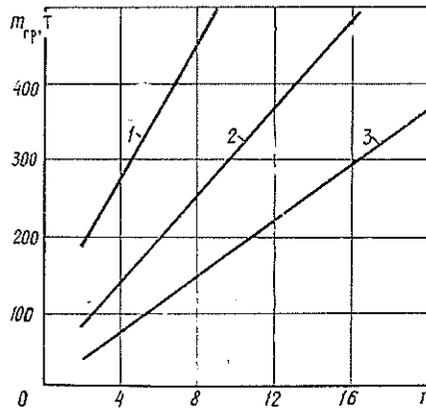


Рис. 3. Графики $m_{гр} = f(n, V)$: 1 — $V = 0,5$ м/с; 2 — $V = 1$ м/с; 3 — $V = 2$ м/с

ной поверхности трассы. При движении по снежной целине колеса могут быть заменены санными полозьями, по болотистой местности — понтонами.

Поступила 15 сентября 1986 г.

УДК 630*32/37

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАЛОЧНО-ТРЕЛЕВОЧНЫХ МАШИН ЛП-17 МЕТОДОМ АКТИВНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КОМИ АССР

В. В. САБОВ, В. И. КУЧЕРЯВЫЙ, В. Л. ТОРЛОПОВ

Ухтинский индустриальный институт

Производительность лесосечных машин ЛП-17 зависит от многих эксплуатационных факторов, которые носят случайный характер, поэтому производительность валочно-трелевочных машин и условия их применения могут быть эффективно оценены методом активных экспериментов. Он позволяет установить значимость выбранных эксплуатационных факторов, влияющих на результаты работы, при ограниченном числе наблюдений.

Задача нашего исследования — получить математическую модель часовой производительности ВТМ ЛП-17 в зависимости от эксплуатационных показателей: среднего объема хлыста, объема трелеваемой пачки и расстояния трелевки при работе машин в производственных условиях Коми АССР, т. е. $P_ч = f(V_{хл}, Q, L_{тр})$.

Экспериментальные исследования проводили в летний период в Сосногорском леспромпхозе ВЛПО Комилеспром в соответствии с математической теорией планирования эксперимента и рекомендациями проф. В. Н. Андреева [1].

В качестве первого приближения выбрано планирование первого порядка, реализованное в виде полного факторного эксперимента (ПФЭ).

Эксплуатационные показатели: средний объем хлыста — $V_{хл}$, м³, объем трелеваемой пачки — Q , м³, расстояние трелевки — $L_{тр}$, м, примем за факторы $\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \tilde{x}_3$. Применим схему ПФЭ²³ (три фактора варьируют на двух уровнях), которая по восьми опытам позволяет получить модель в виде:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (1)$$

Области определения каждого фактора, интервалы варьирования, координаты нулевой точки эксперимента и соответствующие им кодированные значения факторов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Фактор	Уровень факторов			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
\tilde{x}_1	0,05	0,25	0,45	0,20
\tilde{x}_2	2,5	3,75	5,0	1,25
\tilde{x}_3	50	200	350	150