

Удк 629.1.039

В.Е. Гайдачук, д.т.н.,
В.П. Люшин,
В.И. Гарагуля,
Ю.П. Крамаренко

НАПОЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ. РАЗГРУЗКА
ПОДВЕСКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
ПРИ ПОМОЩИ ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКИ

В работе исследованы конструкции, представляющие комбинацию воздушной подушки и колесных опор (см. рис.1.), применительно к напольному транспорту.

Разгрузка подвески транспортных средств при помощи воздушной подушки имеет ряд преимуществ. Во-первых, уменьшение общих энергетических затрат по сравнению с чисто колесным вариантом при определенных режимах движения. Во-вторых, уменьшение массы за счет снижения сосредоточенных нагрузок, что эквивалентно повышению экономичности. В-третьих, уменьшение сил трения и износа.

В основу исследования положена идея сравнения энергетических затрат на воздушную подушку и на преодоление сил сопротивления качению обычных колесных транспортных средств. Объектом исследования являются опоры скольжения на воздушной подушке (ОСВП) и транспортные устройства, а также степень их разгрузки воздушной подушкой.

Определение параметров воздушной подушки является основой для получения общей характеристики транспортного средства.

Рассмотрены отдельно расходные характеристики проточной части опоры на воздушной подушке с надувным ограждением и её нагнетателя. Задача истечения из опоры решена в предположении, что пространственное течение можно заменить на эквивалентное плоское. Получены зависимости, определяющие геометрию оболочки, распределение

параметров потока, а также подъемную силу и расход воздуха. Рассмотрены варианты внешнего питания опоры через турбулентный дроссель, а также бортового нагнетателя с максимальным расходом Q_m и максимальным давлением P_m . Получены зависимости, которые определяют основные параметры ОСВП в функции от высоты подъема H :

$$\begin{aligned}
 - \text{грузоподъемность} & \quad W = \bar{W} \cdot \Delta P \cdot a^2; \\
 - \text{давление ВП} & \quad \Delta P = \Delta \bar{P} \cdot \Delta P_m; \\
 - \text{расход воздуха} & \quad Q = \bar{Q} \cdot Q_m; \\
 - \text{площадь ВП} & \quad S = \bar{S} \cdot a^2; \\
 - \text{жесткость опоры} & \quad d\bar{W}/dH = -\operatorname{tg} \psi; \\
 - \text{мощность ВП} & \quad N = \Delta \bar{P} \cdot \bar{Q} \cdot \Delta P_m \cdot Q_m,
 \end{aligned} \tag{1}$$

здесь a – расстояние между кромками оболочки, с чертой – безразмерные параметры.

Ограничением по применению расчетной модели является условие

$$\frac{\bar{Q}}{\sqrt{\bar{S}}} > \frac{a \cdot \sqrt{g} \cdot 1250 \cdot \nu}{Q_m}, \tag{2}$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости.

Определены суммарные затраты мощности в установившемся движении для устройств с постоянной высотой $H = \text{const}$ (рис. I, а), для которых подъемная сила $0 \leq Y \leq W$, а коэффициент разгрузки

$$K_p = Y/W, \quad 0 \leq K_p \leq 1. \tag{3}$$

Затраты мощности на преодоление сил сопротивления качению

$$N_R = f(1 - K_p) \cdot W \cdot V, \tag{4}$$

на создание подъемной силы воздушной подушкой

$$N_Y = C \cdot (K_p \cdot W)^{3/2} \tag{5}$$

и суммарные затраты

$$N = N_R + N_Y = f(1 - K_p) \cdot W \cdot V + C(K_p \cdot W)^{3/2}, \tag{6}$$

здесь f – коэффициент сопротивления качению, V – скорость движения, $C = 2 \cdot \sqrt{2g/\rho} \cdot h/s = \text{const}$.

Сравнение энергетических затрат колесного и колесно-подушечных вариантов дает важное соотношение для нагрузки и скорости,

при которых выгодно применять разгрузку с помощью воздушной подушки

$$V = \frac{C}{f} \sqrt{K_p \cdot W'} \quad (7)$$

Исследуя зависимость (6) на минимум, получены оптимальные значения коэффициента разгрузки и мощности

$$(K_p)_{opt} = \left(\frac{2f \cdot V}{3 \cdot C} \right)^2 \cdot \frac{1}{W'}; \quad (8)$$

$$N_{min} = f \cdot W' \cdot V \left[1 - \left(\frac{2f \cdot V}{3 \cdot C} \right)^2 \cdot \frac{1}{W'} \right] + C \left(\frac{2f \cdot V}{3 \cdot C} \right)^3. \quad (9)$$

На рис. 2 приведены экспериментальные зависимости общих затрат мощности приведенных к единице массы полезной нагрузки от коэффициента разгрузки. Эксперименты проведены на гладкой недеформируемой опорной поверхности. Качественно и количественно подтверждено наличие оптимальных параметров.

Максимальная тяга по сцеплению определена как

$$F_{max} = \frac{\mu \cdot W' \left(\frac{1}{2} - f \frac{H}{L} \right)}{1 - \mu \cdot \frac{H}{L}}, \quad (10)$$

где μ — коэффициент сцепления ведущих колес.

В устройствах с подъемной платформой (рис. 1, б) характеристики воздушной подушки определены для различных высот H с нагнетателем, имеющим линейную расходную зависимость. Такие характеристики приведены на рис. 3. Используя их, можно определить суммарные затраты мощности для колесно-подушечного устройства с подъемной платформой при движении, а также оптимальную разгрузку воздушной подушкой.

По результатам исследований построены опытные образцы транспортных модулей, представляющих комбинацию воздушной подушки и колесных опор, а также дистанционно-управляемую транспортную систему с воздушной подушкой.

Таким образом, разработана методика расчета суммарных энергетических затрат на движение по гладкой недеформируемой поверхности колесно-подушечных транспортных средств с подъемной

и неподвижной платформами, определены оптимальные условия разгрузки колес, экспериментально подтверждены основные зависимости, построены опытные образцы.

Полученный задел позволяет решать конкретные задачи в напольном транспорте и приступить к усовершенствованию других видов транспорта - трубопроводного и вездеходного.

Список литературы :

1. Чудаков Е.А. Качение автомобильного колеса.- М ; Л ;
Издательство АН СССР, 1948.-200 с.
2. Люшин В.П. Истечение газа из пневмоопоры с баллонным ограждением // Проектирование самолетных конструкций и их соединений. X. 1986. с.183-188.

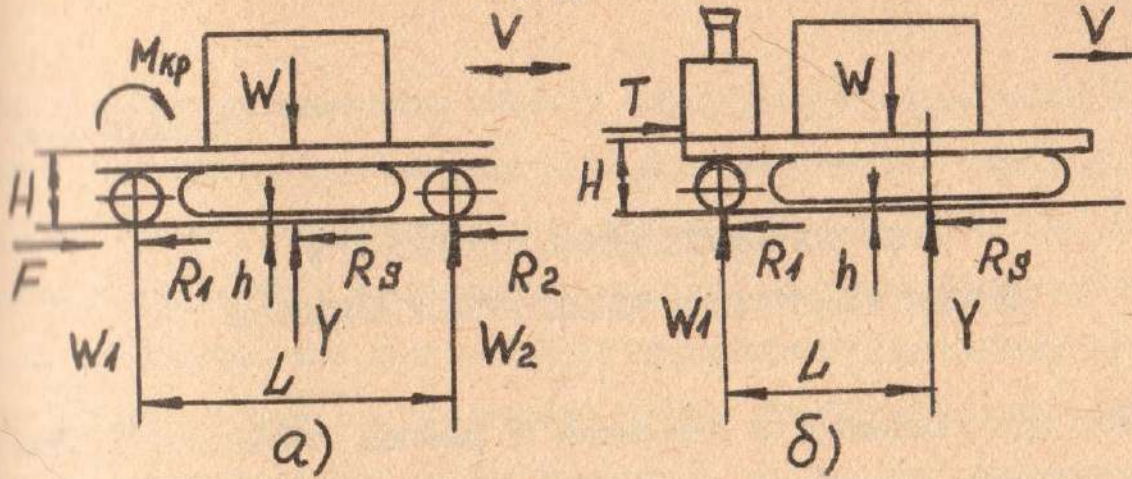


Рис.1. Схемы устройств, частично поддерживаемых воздушной подушкой

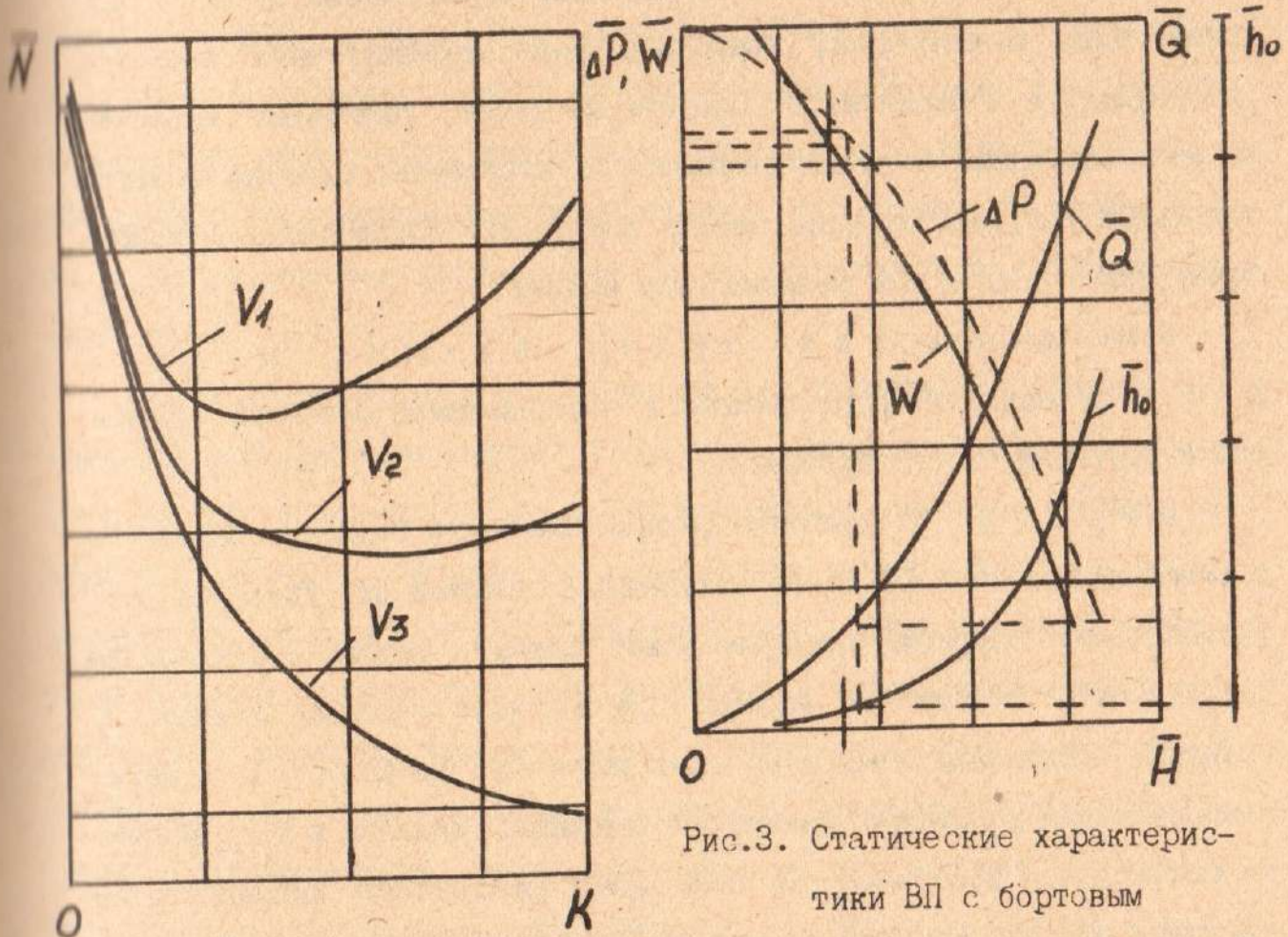


Рис.2. Экспериментальные зависимости общих затрат мощности от коэффициента разгрузки

Рис.3. Статические характеристики ВП с бортовым нагнетателем