

О ДВИЖУЩИХ СИЛАХ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

В прикладных науках о движении различных транспортных машин принято считать, что их перемещение обусловлено действием внешней силы тяги, в качестве которой выступает якобы реакция опорной среды, т.е. грунтовой поверхности или дороги. Это давняя и укоренившаяся ошибка.

В действительности движение транспортных машин, имеющих силовую установку, т.е. источник активных внутренних сил, осуществляется не под воздействием внешних, а именно внутренних сил, которые выступают в роли движущих сил. И этому есть теоретические основания. Рассмотрим их.

Если на материальные точки механической системы (транспортной машины) действуют внешние и внутренние силы, то вектор ускорения её центра масс можно выразить формулой:

$$\vec{w}_c = \frac{\sum_{k=1}^n \vec{F}_k^e + \sum_{k=1}^n \vec{F}_k^i}{M}, \quad (1)$$

где \vec{F}_k^e и \vec{F}_k^i – главный вектор соответственно внешних и внутренних сил, приложенных к k -ой материальной точке системы (машины); M и \vec{w}_c – масса и ускорение центра масс машины.

Сумму внутренних сил можно представить так: $\sum_{k=1}^n \vec{F}_k^i = \sum_{k=1}^m \vec{F}_k^i + \sum_{k=1+m}^n \vec{F}_k^i$.

Если главный вектор всех внешних сил $\vec{R}^e \neq 0$, то они могут уравновесить часть внутренних сил транспортной машины, т.е. $\sum_{k=1+m}^n \vec{F}_k^i + \vec{R}^e = 0$. Тогда система внутренних сил становится неуравновешенной и из всех n внутренних сил системы главный вектор m неуравновешенных (\vec{R}_m^i) и будет вызывать ускорение центра масс системы (машины), т.е.

$$\vec{w}_c = \frac{\vec{R}_m^i}{M} = \frac{\sum_{k=1}^m \vec{F}_k^i}{M}. \quad (2)$$

Таким образом, если у механической системы есть источник активных внутренних сил (силовая установка у транспортных машин), то вектор ускорения центра масс транспортной машины прямо пропорционален главному вектору части активных внутренних сил, генерируемых её силовой установкой, которая не уравновешена внешними силами, действующими на машину, и обратно пропорционален массе машины.

Данное положение следует рассматривать как теорему опорного движения всех механических систем, имеющих источник активных внутренних сил, т.е. различных транспортных машин.

Остановимся на анализе данной теоремы.

У транспортных машин (кроме реактивного типа) главное условие их самостоятельного передвижения – это наличие реакций опорной среды (грунта, дороги, ...). При этом наличие опорных реакций (внешних сил) не причина, а лишь непременное *условие* ускорения центра масс системы под действием внутренних. Действительно, если $\vec{R}^e = 0$, то нарушить равновесие внутренних сил в принципе нельзя ($\vec{R}^i = 0$), вследствие чего, согласно (2), ускорение центра масс $\vec{w}_C = 0$, т.е. ускорение машины создать невозможно.

Чтобы обеспечить условия для реализации внутренних усилий в качестве движущих сил механической системы, при отсутствии активных внешних силовых воздействий, создаваемых окружающей средой (за счёт ветра, уклона опорной поверхности) или сил воздействий других машин, необходим соответствующий «механизм» воспроизводства таких сил, в качестве которых могут выступать только реакции опорной среды. В свою очередь, для образования реакций необходим контакт с опорной средой и активное воздействие на неё элементов самой механической системы. Последнее возможно лишь при наличии внутреннего источника механической энергии и способности системы передавать усилия от него к тем элементам системы, которые оказывают непосредственное воздействие на опорную среду (например, к ведущим колёсам машины).

Наличие источника механической энергии (например ДВС) и передаточных механизмов, способных передавать усилия (т.е. трансмиссии) исполнительным механизмам, непосредственно взаимодействующих с опорной средой, т.е. движителю, означает, что такая механическая система приобретает статус транспортной машины. Движение последней становится возможным благодаря тому, что её исполнительные механизмы (колеса, гусеницы и т.п.) оказывают силовое воздействие на опорную среду, получая в ответ её опорные реакции. Вертикальные составляющие этих реакций уравнивают силу тяжести, а продольные часть внутренних сил, которые прикладываются к опорным элементам движителя. При этом неуравновешенная часть продольных внутренних сил создаёт силу тяги, которая обеспечивает ускорение центра масс машины или её равномерное движение. Конкретные механизмы реализации активных внутренних сил в качестве сил тяги рассмотрены автором в статьях [1, 2, 3].

Литература

1. Коптилов В.И. Механизм движения самоходной транспортной машины // Вестник машиностроения, 2014, № 11. – С. 36-40.
2. Коптилов В.И. Сила тяги и механизм её образования // Автомобильная промышленность. – 2015. – № 7. – С. 4–9.
3. Коптилов В.И. Сила тяги гусеничной машины // Вестник машиностроения, 2017, № 6. – С. 3–7.