

Академик И. И. АРТОБОЛЕВСКИЙ

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ РЕЖИМА УСТАНОВИВШЕГОСЯ ДВИЖЕНИЯ МАШИНЫ

1°. Устойчивость режима установившегося движения машины зависит не только от законов изменения приведенных моментов M_d сил движущих и моментов M_c сил сопротивления, но и от закона изменения приведенного момента инерции I_n .

Если известна зависимость угловой скорости ω ведущего вала от его угла поворота φ , т. е. зависимость $\omega = \omega(\varphi)$, то критическими с точки зрения устойчивости режима движения машины будут те положения, в которых угловая скорость ω достигает максимальных ω_{\max} и минимальных ω_{\min} значений. В самом деле, в этих положениях динамический момент M , точно так же, как и угловое ускорение $d\omega/dt$, меняет свой знак. Как это было показано нами ⁽¹⁾, в этих положениях характеристический коэффициент режима движения машины κ равен нулю, при этом интенсивность его возрастания в положениях, соответствующих ω_{\min} , обычно всегда больше, чем в положениях, соответствующих ω_{\max} . Таким образом, ведущий вал машины будет более восприимчив к резким изменениям внешних приведенных моментов и приведенного момента инерции в положениях, когда кинетическая энергия машины будет минимальной.

2°. Для устойчивости режима установившегося движения машины необходимо, чтобы в положении, соответствующем угловой скорости ω_{\max} , величина $d\kappa/dt$ была меньше нуля, т. е.

$$d\kappa/d\varphi < 0. \quad (1)$$

В этом случае угловая скорость ω ведущего звена машины будет уменьшаться, т. е. будет стремиться к расчетной номинальной угловой скорости вращения. Наоборот, в положении, соответствующем угловой скорости ω_{\min} , величина $d\kappa/d\varphi$ для устойчивости режима движения должна быть больше нуля, т. е.

$$d\kappa/d\varphi > 0. \quad (2)$$

В этом случае угловая скорость ω ведущего звена машины будет увеличиваться, т. е. стремиться к расчетной, номинальной угловой скорости вращения.

Условия (1) и (2) можно представить так ⁽¹⁾:

$$\frac{d(\Delta M/T)}{d\varphi} - \frac{d(I_n/I_n)}{d\varphi} < 0, \quad (3)$$

$$\frac{d(\Delta M/T)}{d\varphi} - \frac{d(I_n/I_n)}{d\varphi} > 0, \quad (4)$$

где $I_n = dI_n/d\varphi$, $\Delta M = M_d - M_c$ и T — кинетическая энергия машины.
Уравнения (3) и (4) можно представить в виде

$$\frac{d^2(\ln T)}{d\varphi^2} - \frac{d^2(\ln I_n)}{d\varphi^2} < 0, \quad (5)$$

$$\frac{d^2(\ln T)}{d\varphi^2} - \frac{d^2(\ln I_n)}{d\varphi^2} > 0, \quad (6)$$

так как $\Delta M = dT/d\varphi$.

Производные, входящие в уравнения (5) и (6), могут быть как положительными, так и отрицательными. Следовательно, условия устойчивости режима движения будут зависеть не только от величин производных, но и от их знака.

Для положения, соответствующего угловой скорости ω_{\max} , режим движения будет устойчивым вне зависимости от величины производных, если одновременно

$$\frac{d^2(\ln T)}{d\varphi^2} < 0, \quad \frac{d^2(\ln I_n)}{d\varphi^2} > 0. \quad (7)$$

Режим движения будет неустойчивым вне зависимости от величины производных, если одновременно

$$\frac{d^2(\ln T)}{d\varphi^2} > 0, \quad \frac{d^2(\ln I_n)}{d\varphi^2} < 0. \quad (8)$$

Если знаки у производных будут одинаковы, то режим [движения] будет устойчивым для случая

$$\frac{d^2(\ln T)}{d\varphi^2} > 0, \quad \frac{d^2(\ln I_n)}{d\varphi^2} > 0$$

только тогда, когда дополнительно удовлетворяется условие

$$\frac{d^2(\ln T)}{d\varphi^2} < \frac{d^2(\ln I_n)}{d\varphi^2}. \quad (9)$$

Аналогично для случая, когда

$$\frac{d^2(\ln T)}{d\varphi^2} < 0, \quad \frac{d^2(\ln I_n)}{d\varphi^2} < 0,$$

режим движения будет устойчивым, если будет дополнительно удовлетворяться условие

$$\frac{d^2(\ln T)}{d\varphi^2} > \frac{d^2(\ln I_n)}{d\varphi^2}. \quad (10)$$

Для положения, соответствующего угловой скорости ω_{\min} , условия (7), (8), (9) и (10) будут противоположны.

Из рассмотренных условий следует, что устойчивость режима движения машины не зависит от абсолютных значений приведенного момента ΔM и приведенного момента инерции I_n , а только от характера их изменения, т. е. от изменения функций $\Delta M = \Delta M(\varphi)$ и $I_n = I_n(\varphi)$.

Поэтому создание устойчивого режима установившегося движения машины может быть обеспечено не только регулированием момента сил движущих и момента сил сопротивления или установкой значительных маховых масс, но и соответствующим подбором закона изменения приведенного момента инерции.

Поступило
2 IX 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ И. И. Артоболевский, Изв. АН СССР, ОТН, № 11 (1952).