

УДК 621.83.06

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ОГРАНИЧИТЕЛЯ СКОРОСТИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ЛИФТА С НОМИНАЛЬНОЙ СКОРОСТЬЮ

А. В. КУЦЕПОЛЕНКО^{1,2}

¹ОАО «Могилевлифтмаш»

²Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Целью работы являлось исследование динамики механизма ограничителя скорости (ОС) лифта. ОС работает в двух режимах: рабочий режим, когда лифт перемещается со скоростями, меньшими критической скорости, допускаемой ГОСТ 33984.3–2016, а шкив ограничителя вращается со скоростью, меньшей скорости его срабатывания; режим срабатывания, когда лифт перемещается со скоростью, равной или превышающей критическую скорость.

Для полного динамического анализа механизма устройства контроля превышения скорости двухстороннего центробежного ОС (рис. 1), разработанного в ОАО «Могилевлифтмаш» [1], необходимо составить два уравнения Лагранжа второго рода в системах координат, связанных со шкивом ограничителя, вращающимся вокруг горизонтальной оси, и с неподвижным корпусом ограничителя.

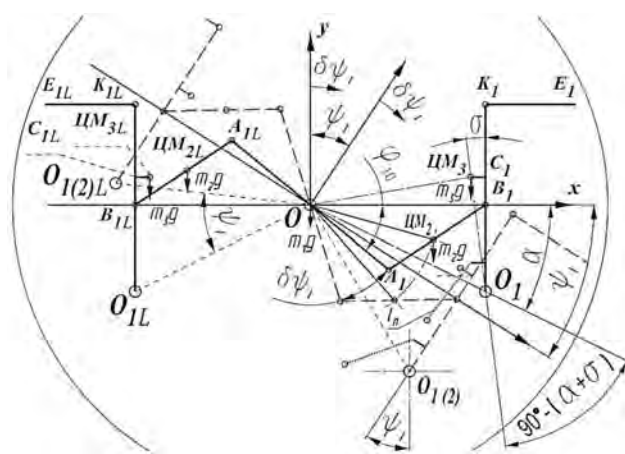


Рис. 1. К динамическому анализу механизма устройства контроля превышения скорости двухстороннего центробежного ограничителя скорости

Уравнение Лагранжа второго рода по второй обобщенной координате ψ_1 (угол поворота шкива) в системе координат, связанной с неподвижным корпусом, описывает работу ограничителя только в рабочем режиме. Действительно, в рабочем режиме ограничителя кривошипно-коромысловый механизм его устройства контроля превышения скорости не движется (удерживаемый пружиной), т. е. первая обобщенная координата φ_1 (угол поворота входного звена механизма относительно оси шкива) – зафиксирована.

$$2 \cdot J_{np2} \cdot \ddot{\psi}_1 = M_{1npив} \pm 2m_{31}g \cdot (O_1C_1 - OO_1 \cdot \sin \alpha) \cdot \sin \psi_1, \quad (1)$$

где J_{np2} – приведенный момент инерции исследуемого механизма относительно второй обобщенной координаты ψ_1 ; OO_1 – расстояние между осью вращения шкива и осью поворота выходного звена исследуемого механизма; O_1C_1 – ордината центра масс выходного звена исследуемого механизма относительно его оси поворота; α – угол, определяющий положение оси поворота выходного звена исследуемого механизма относительно оси вращения шкива; m_{31} – масса выходного звена исследуемого механизма; M_{1npus} – момент, создаваемый на шкиве ограничителя кабиной при ее разгоне до скорости, меньшей критической скорости, допускаемой ГОСТ 33984.3–2016.

Выражение (1) является уравнением вынужденных колебаний, в котором первый член правой части – это возмущающий момент M_{1npus} , обеспечивающий принудительное вращение шкива, а второй член – восстанавливающий момент, создаваемый силой тяжести выходных звеньев. Знак минус в уравнении (1) означает, что лифт опускается, а плюс – поднимается.

Решая уравнение (1) по известной методике [2], получим уравнение колебательного движения, складывающегося из двух гармонических колебаний – собственных ψ_1^* и вынужденных ψ_1^{**} :

$$\psi_1 = \psi_1^* + \psi_1^{**}, \quad (2)$$

где

$$\psi_1^* = a \cdot \sin(\kappa t + \beta); \quad \psi_1^{**} = \frac{h}{\kappa^2 - p^2} \cdot \sin(pt + \delta); \quad (3)$$

$$h = M_{1npus} / (2 \cdot J_{np2} \cdot \sin(pt + \delta)); \quad (4)$$

$$\kappa^2 = m_{31}g \cdot (O_1C_1 - OO_1 \cdot \sin \alpha) / J_{np2}; \quad (5)$$

$$a = \sqrt{\psi_{10}^2 + (\dot{\psi}_{10} / \kappa)^2}; \quad \beta = \arccos(\dot{\psi}_{10} / a \cdot \kappa), \quad (6)$$

где p – частота изменения возмущающего момента, равная угловой скорости вращения шкива; δ – начальная фаза изменения возмущающего момента; $\dot{\psi}_{10}$ – начальный угол поворота шкива 0° ; a , β – амплитуда и начальная фаза собственных колебаний.

Полученные зависимости позволяют определить точное время срабатывания механизма при заданных массогеометрических параметрах и провести прочностные расчеты рычажного механизма [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Куцеполенко, А. В.** Энергетический анализ кривошипно-коромыслового механизма ограничителя скорости в системе отсчета шкива / А. В. Куцеполенко, М. Е. Лустенков // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2025. – № 3 (88). – С. 52–63.
2. **Яблонский, А. А.** Курс теоретической механики : в 2 ч. Ч. 2: Динамика / А. А. Яблонский. – 3-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 1966. – 411 с.
3. **Лустенков, М. Е.** Детали машин. Расчет и проектирование : учеб. пособие / М. Е. Лустенков. – Мн. : РИВШ, 2025. – 400 с.