

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ НА ДИНАМИКУ ГИДРОПРИВОДА ЛЕСОПОГРУЗЧИКА

Мандраков Е.А.
Научный руководитель – профессор Никитин А.А.

Сибирский федеральный университет

Динамическая математическая модель движения стрелы и поворотного основания челюстного лесопогрузчика перекидного типа ЛТ-188, позволяет на стадии проектирования определить влияние различных факторов на характер движения навесного оборудования, а также выбрать оптимальные значения параметров привода.

Закон движения механизма машинного агрегата формируется под действием сил, приложенных к его звеньям. Прежде всего, это движущие силы и силы сопротивления, а также силы тяжести и многие другие. Характер действия сил может быть разным: некоторые из них зависят от положения звеньев механизма, а другие – от их скорости, силы могут быть и постоянными.

Выполнив приведение сил и масс, любой механизм с одной степенью свободы (рычажный, зубчатый, кулачковый и др.), сколь бы сложным он ни был можно заменить его динамической моделью. Эта модель в общем случае имеет переменный приведенный момент инерции J_{Σ}^{np} , и к ней приложен суммарный приведенный момент M_{Σ}^{np} . Закон движения модели такой же, как и закон движения начального звена механизма. Основой для составления уравнения движения механизма с одной степенью свободы служит теорема об изменении кинетической энергии:

$$T - T_{нач} = A_{\Sigma}.$$

Работу совершают все активные силы, моменты и силы трения во всех кинематических парах механизма.

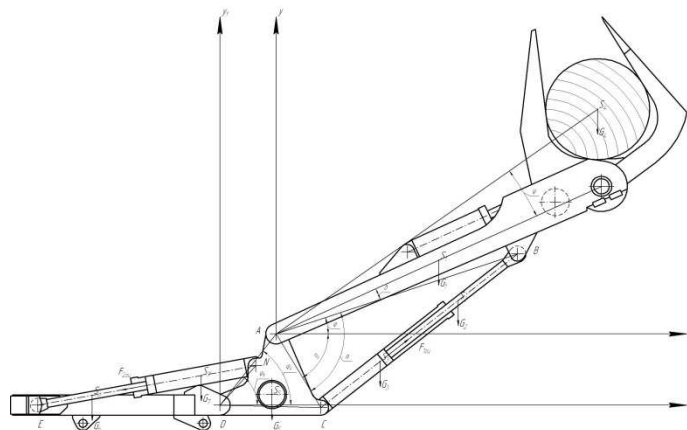


Рис. 1. Модель стрелы и поворотного основания челюстного лесопогрузчика перекидного типа ЛТ-188

Составим математическую модель движения стрелы и поворотного основания (рис. 1). Изменение приведенного момента инерции найдем из уравнения движения в энергетической форме:

$$\frac{J_{\Sigma}^{np} \omega_1^2}{2} - \frac{J_{\Sigma_{нач}}^{np} \omega_{1нач}^2}{2} = \int_{\varphi_{1нач}}^{\varphi_1} M_{\Sigma}^{np} d\varphi_1.$$

Продифференцируем по координате φ_1 :

$$\frac{d}{d\varphi_1} \left(\frac{J_{\Sigma}^{np} \omega_1^2}{2} \right) = M_{\Sigma}^{np}.$$

Определим производную, стоящую в левой части уравнения, помня, что в общем случае переменной величиной является не только угловая скорость ω_1 , но и J_{Σ}^{np} . В итоге получим:

$$J_{\Sigma}^{np} \frac{d\omega_1}{d\varphi_1} + \frac{1}{2} \frac{dJ_{\Sigma}^{np}}{d\varphi_1} \omega_1^2 = M_{\Sigma}^{np}.$$

Это и есть уравнение движения в дифференциальной форме, поскольку искомая переменная величина – угловая скорость ω_1 начального звена механизма – стоит под знаком производной.

Составим уравнения движения стрелы и поворотного основания, а также определим зависимости изменения давления в гидроцилиндрах:

$$M_{\GammaЦ.см.} - M_{Gсм.} = J_{np.см.} \cdot \frac{d\omega_{см.}}{dt} + \frac{\omega_{см.}^2}{2} \cdot \frac{dJ_{np.см.}}{d\varphi_{см.}}$$

$$Q_0 - Q_{y.см.} - Q_{к.см.} - Q_{1см.} = Q_{сж1см.} \cdot \frac{dp_{1см.}}{dt}$$

$$Q_{2см.} - Q_{сл.см.} = Q_{сж2см.} \cdot \frac{dp_{2см.}}{dt}$$

$$M_{\GammaЦ.осн.} - M_{Gосн.} = J_{np.осн.} \cdot \frac{d\omega_{осн.}}{dt} + \frac{\omega_{осн.}^2}{2} \cdot \frac{dJ_{np.осн.}}{d\varphi_{осн.}}$$

$$Q_0 - Q_{y.осн.} - Q_{к.осн.} - Q_{1осн.} = Q_{сж1осн.} \cdot \frac{dp_{1осн.}}{dt}$$

$$Q_{2осн.} - Q_{сл.осн.} = Q_{сж2осн.} \cdot \frac{dp_{2осн.}}{dt}$$

Для расчета в программе MathCAD уравнения нужно представить в виде матрицы:

$$\frac{d\varphi_{см.}}{dt} = \omega_{см.}$$

$$\frac{d\omega_{см.}}{dt} = \frac{1}{J_{np.см.}} \cdot \left(M_{\GammaЦ.см.} - M_{Gсм.} - \frac{\omega_{см.}^2}{2} \cdot \frac{dJ_{np.см.}}{d\varphi_{см.}} \right)$$

$$\frac{dp_{1см.}}{dt} = \frac{E_{ж1}}{W_{1см.} + 2 \cdot S_{1см.} \cdot y_{н.см.}} \cdot (Q_0 - Q_{y.см.} - Q_{к.см.} - Q_{1см.})$$

$$\frac{dp_{2см.}}{dt} = \frac{E_{ж2}}{W_{2см.} - 2 \cdot S_{2см.} \cdot y_{н.см.}} \cdot (Q_{2см.} - Q_{сл.см.})$$

$$\frac{d\varphi_{осн.}}{dt} = \omega_{осн.}$$

$$\frac{d\omega_{осн.}}{dt} = \frac{1}{J_{np.осн.}} \cdot \left(M_{\GammaЦ.осн.} - M_{Gосн.} - \frac{\omega_{осн.}^2}{2} \cdot \frac{dJ_{np.осн.}}{d\varphi_{осн.}} \right)$$

$$\frac{dp_{1осн.}}{dt} = \frac{E_{ж1}}{W_{1осн.} + 2 \cdot S_{1осн.} \cdot y_{н.осн.}} \cdot (Q_0 - Q_{y.осн.} - Q_{к.осн.} - Q_{1осн.})$$

$$\frac{dp_{2осн.}}{dt} = \frac{E_{ж2}}{W_{2осн.} - 2 \cdot S_{2осн.} \cdot y_{н.осн.}} \cdot (Q_{2осн.} - Q_{сл.осн.})$$

Определив зависимости всех величин, входящих в математическую модель и зависящих от угла подъема стрелы и поворота основания, подставим их в матрицу уравнений. В результате получим конечную матрицу уравнений движения и зависимостей изменения давления в гидроцилиндрах стрелы и поворотного основания, зависящих от их угла поворота для расчета в программе MathCAD:

$$Dr1(t, Y) = \begin{bmatrix} Y_1 \cdot (\varphi_{\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{\max}) \\ \frac{1}{J2(Y_0)} \cdot \left[M_{2c}(Y_0, Y_2, Y_3) - (M_1(Y_0) + M_4(Y_0)) - \frac{(Y_1)^2}{2} \cdot dJ2(Y_0) \right] \cdot (\varphi_{\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{\max}) \\ \frac{E_{жс1}}{W_{11} + 2 \cdot S_1 \cdot y1(Y_0)} \cdot (Q_0 - Q_{y11}(Y_0, Y_1, Y_2) - Q_{к11}(Y_0, Y_1, Y_2) - Q_{11}(Y_0, Y_1)) \cdot (\varphi_{\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{\max}) \\ \frac{E_{жс2}}{W_{12} - 2 \cdot S_2 \cdot y1(Y_0)} \cdot (Q_{12}(Y_0, Y_1) - Q_{сr11}(Y_0, Y_1, Y_3)) \cdot (\varphi_{\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{\max}) \end{bmatrix}$$

$$Dr2(t, Y) = \begin{bmatrix} Y_1 \cdot (\varphi_{N\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{N\max}) \\ \frac{1}{J4(Y_0)} \cdot \left[M_{2c}(Y_0, Y_2, Y_3) - (M_{1D}(Y_0) + M_{4D}(Y_0)) - \frac{(Y_1)^2}{2} \cdot dJ4(Y_0) \right] \cdot (\varphi_{N\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{N\max}) \\ \frac{E_{жс1}}{W_{21} + 2 \cdot S_{oc1} \cdot y2(Y_0)} \cdot (Q_0 - Q_{y21}(Y_0, Y_1, Y_2) - Q_{к21}(Y_0, Y_1, Y_2) - Q_{21}(Y_0, Y_1)) \cdot (\varphi_{N\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{N\max}) \\ \frac{E_{жс2}}{W_{22} - 2 \cdot S_{oc2} \cdot y2(Y_0)} \cdot (Q_{22}(Y_0, Y_1) - Q_{сr21}(Y_0, Y_1, Y_3)) \cdot (\varphi_{N\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{N\max}) \end{bmatrix}$$

Полученная математическая модель позволяет рассчитать законы движения стрелы и поворотного основания и зависимости изменения давления в гидроцилиндрах, а также исследовать влияние различных факторов на характер движения навесного оборудования:

- температуры рабочей жидкости (вязкость и плотность)
- давления настройки предохранительного клапана в гидравлической системе
- диаметра дросселирующей шайбы гидроцилиндра поворотного основания.

На рис. 2 приведены результаты расчета движения стрелы и поворотного основания, а также зависимости изменения давления в гидроцилиндрах от температуры рабочей жидкости. Таким же образом можно получить зависимости и от других факторов.

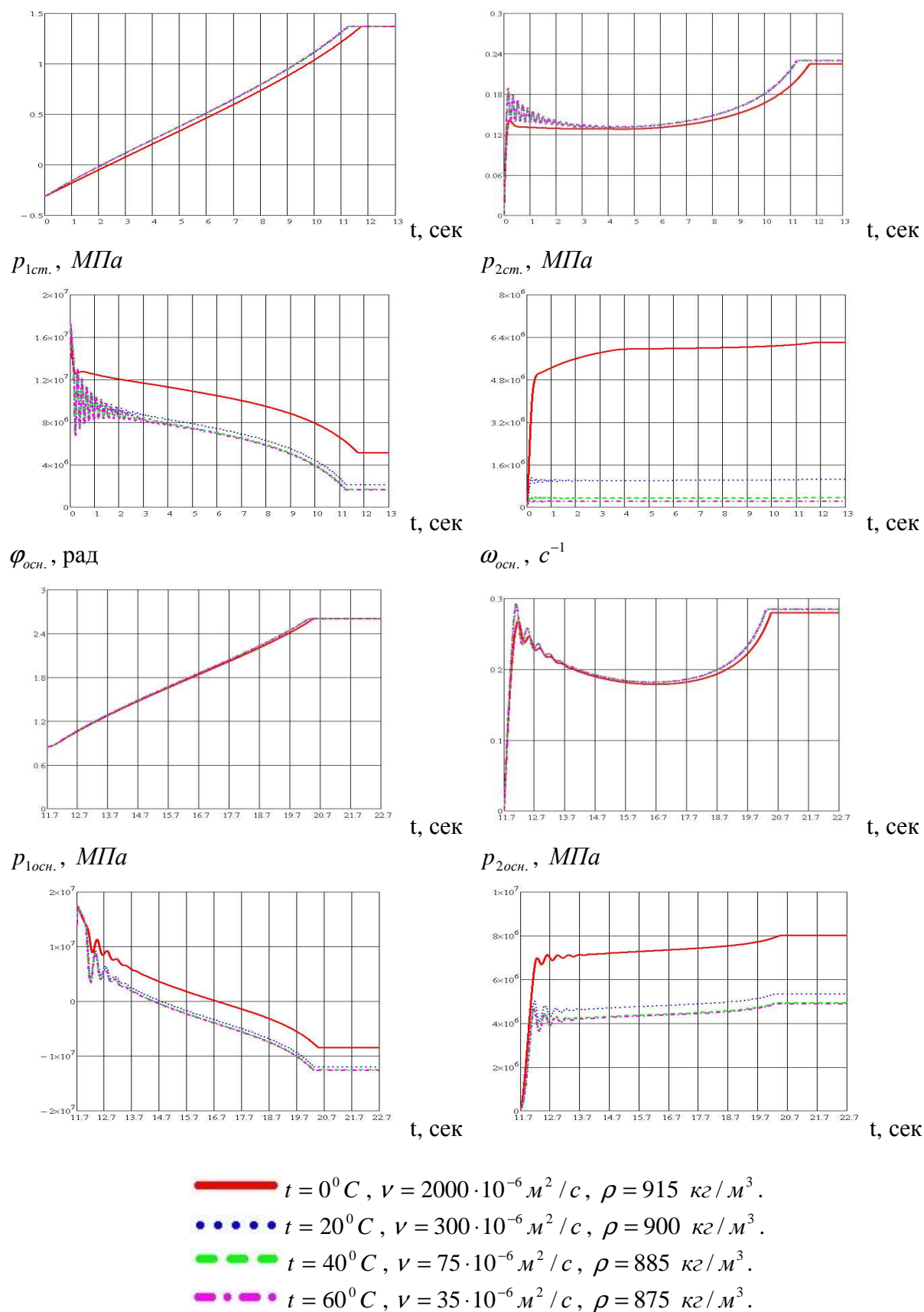


Рис. 2. Зависимости угла поворота, угловой скорости и изменения давления в гидроцилиндрах стрелы и поворотного основания от температуры рабочей жидкости