

УДК 735.29

**ВЛИЯНИЕ ТОРМОЖЕНИЯ ПОДЪЕМА СТРЕЛЫ В КОНЦЕ ХОДА НА
ДИНАМИКУ ГИДРОПРИВОДА ЛЕСОПОГРУЗЧИКА**

Малинов М.Н.,

научный руководитель канд. техн. наук, профессор Никитин А.А.

Сибирский федеральный университет

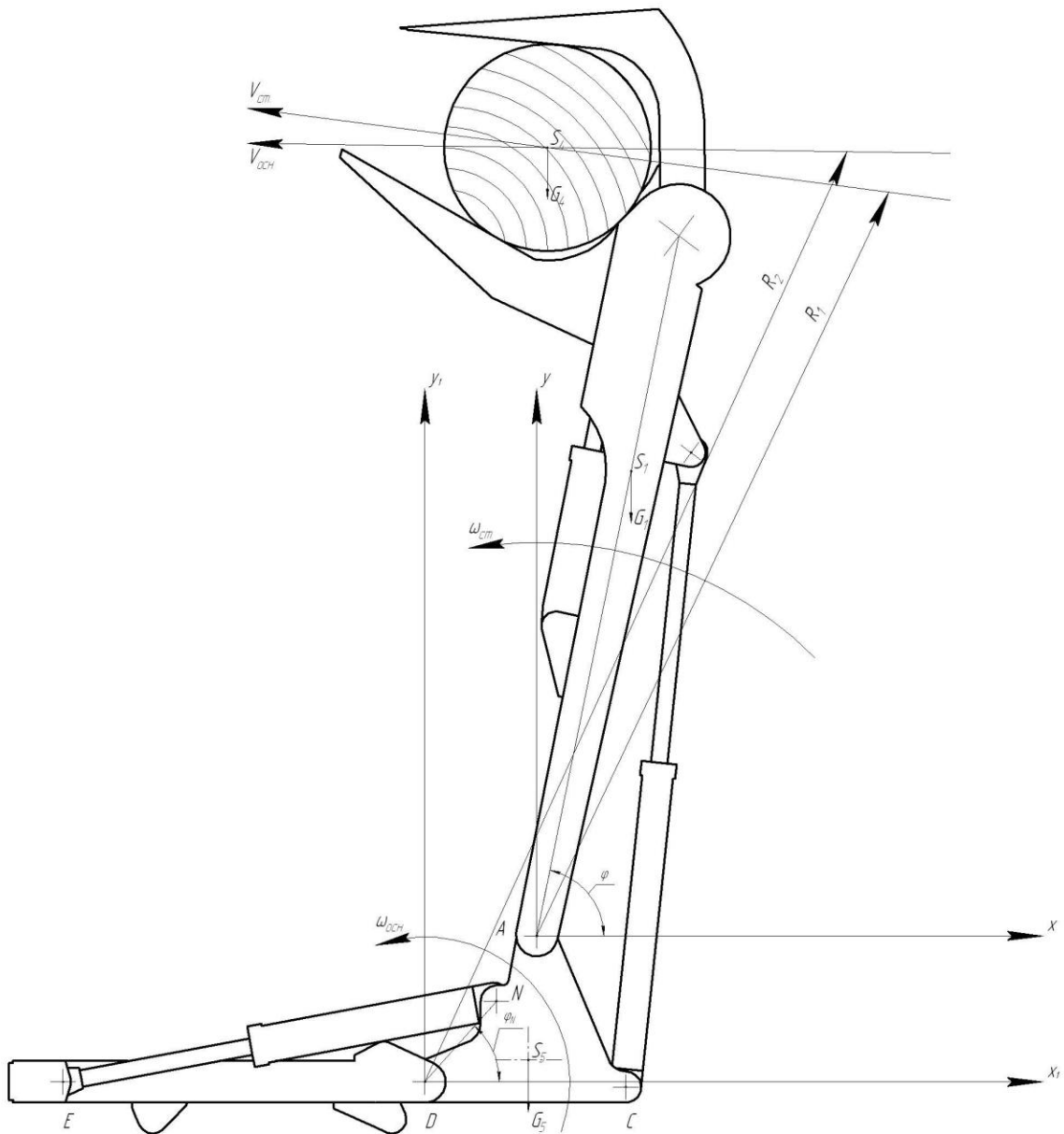


Рис. 1. Модель стрелы и поворотного основания челюстного лесопогрузчика перекидного типа ЛТ-188.

В состав гидропривода входят гидроцилиндры Ц1 с возможностью подъема стрелы относительно основания и гидроцилиндры Ц2 с возможностью поворота основания со стрелой относительно корпуса базовой машины. Они имеют общие нагнетающую и сливную магистрали и разные направления действия. При подъеме груза из положения набора в положение разгрузки на первой половине траектории движения груза вращающий момент гидроцилиндров подъема стрелы больше суммарного момента сил тяжести, приложенных к стреле, челюсти с грузом, гидроцилиндрам челюсти и стрелы относительно шарнира А основания, а вращающий момент гидроцилиндров поворота основания со стрелой меньше суммарного момента сил тяжести, приложенных к поворотному основанию, стреле, челюсти с грузом, гидроцилиндрам челюсти, стрелы и поворотного основания относительно шарнира D рамы, закрепленной на базовой машине. Поэтому сначала происходит подъем стрелы, относительно точки А, а затем поворот основания вместе со стрелой, относительно точки D (рис. 1).

Составим математическую модель движения стрелы и поворотного основания. 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.

Для исследования влияния торможения подъема стрелы в конце хода на динамику гидропривода лесопогрузчика, составим уравнения движения стрелы и поворотного основания:

$$M_{ГЦ.ст.} - M_{Гст.} = J_{np.ст.} \cdot \frac{d\omega_{ст.}}{dt} + \frac{\omega_{ст.}^2}{2} \cdot \frac{dJ_{np.ст.}}{d\varphi_{ст.}}$$

$$Q_0 - Q_{y.ст.} - Q_{к.ст.} - Q_{1ст.} = Q_{сж1ст.}$$

$$Q_{2ст.} - Q_{сл.ст.} = Q_{сж2ст.}$$

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

$$Q_0 - Q_{y.осн.} - Q_{к.осн.} - Q_{1осн.} = Q_{сж1осн.}$$

$$Q_{2осн.} - Q_{сл.осн.} = Q_{сж2осн.}$$

Для расчета в программе MathCAD систему уравнений нужно представить в форме Коши:

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi_{cm.}}{dt} &= \omega_{cm.} \\ \frac{d\omega_{cm.}}{dt} &= \frac{1}{J_{np.cm.}} \cdot \left(M_{ГЦ.cm.} - M_{Gcm.} - \frac{\omega_{cm.}^2}{2} \cdot \frac{dJ_{np.cm.}}{d\varphi_{cm.}} \right) \\ \frac{dp_{1cm.}}{dt} &= \frac{E_{ж1}}{W_{1cm.} + 2 \cdot S_{1cm.} \cdot y_{n.cm.}} \cdot \left(Q_0 - Q_{y.cm.} - Q_{к.cm.} - Q_{1cm.} \right) \\ \frac{dp_{2cm.}}{dt} &= \frac{E_{ж2}}{W_{2cm.} - 2 \cdot S_{2cm.} \cdot y_{n.cm.}} \cdot \left(Q_{2cm.} - Q_{сл.cm.} \right) \\ \\ \frac{d\varphi_{осн.}}{dt} &= \omega_{осн.} \\ \frac{d\omega_{осн.}}{dt} &= \frac{1}{J_{np.осн.}} \cdot \left(M_{ГЦ.осн.} - M_{Gосн.} - \frac{\omega_{осн.}^2}{2} \cdot \frac{dJ_{np.осн.}}{d\varphi_{осн.}} \right) \\ \frac{dp_{1осн.}}{dt} &= \frac{E_{ж1}}{W_{1осн.} + 2 \cdot S_{1осн.} \cdot y_{n.осн.}} \cdot \left(Q_0 - Q_{y.осн.} - Q_{к.осн.} - Q_{1осн.} \right) \\ \frac{dp_{2осн.}}{dt} &= \frac{E_{ж2}}{W_{2осн.} - 2 \cdot S_{2осн.} \cdot y_{n.осн.}} \cdot \left(Q_{2осн.} - Q_{сл.осн.} \right) \end{aligned}$$

Определив зависимости всех величин, входящих в математическую модель, подставим их в матрицу уравнений. В результате получим систему уравнений движения стрелы и поворотного основания. Система уравнений в матричной форме удобной для расчета в программе MathCAD приведена ниже:

$$\begin{aligned} Dr1(Y) &= \begin{bmatrix} Y_1 \cdot (\varphi_{\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{\max}) \\ \frac{1}{J2(Y0)} \cdot \left[M1_{2y}(Y_0, Y_2, Y_3) - (M_1(Y_0) + M_4(Y_0)) - \frac{(Y_1)^2}{2} \cdot dJ2(Y_0) \right] \cdot (\varphi_{\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{\max}) \\ \frac{E_{ж1}}{W_{11.} + 2 \cdot S_1 \cdot y1(Y_0)} \cdot \left(Q_0 - Q_{y11}(Y_0, Y_1, Y_2) - Q_{сл11}(Y_0, Y_1, Y_2) - Q_{11}(Y_0, Y_1) \right) \cdot (\varphi_{\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{\max}) \\ \frac{E_{ж2}}{W_{12.} - 2 \cdot S_2 \cdot y1(Y_0)} \cdot \left(Q_{12.}(Y_0, Y_1) - Q_{сл11}(Y_0, Y_1, Y_3) \right) \cdot (\varphi_{\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{\max}) \end{bmatrix} \\ \\ Dr2(Y) &= \begin{bmatrix} Y_1 \cdot (\varphi_{N\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{N\max}) \\ \frac{1}{J4(Y0)} \cdot \left[M2_{2y}(Y_0, Y_2, Y_3) - (M1_D(\varphi_{\max}, Y_0) + M4_D(\varphi_{\max}, Y_0)) - \frac{(Y_1)^2}{2} \cdot dJ4(Y_0) \right] \cdot (\varphi_{N\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{N\max}) \\ \frac{E_{ж1}}{W_{21.} + 2 \cdot S_{oc.1} \cdot y2(Y_0)} \cdot \left(Q_0 - Q_{y21}(Y_0, Y_1, Y_2) - Q_{к21}(Y_0, Y_1, Y_2) - Q_{21}(Y_0, Y_1) \right) \cdot (\varphi_{N\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{N\max}) \\ \frac{E_{ж2}}{W_{22.} - 2 \cdot S_{oc.2} \cdot y2(Y_0)} \cdot \left(Q_{22.}(Y_0, Y_1) - Q_{сл21}(Y_0, Y_1, Y_3) \right) \cdot (\varphi_{N\min} \leq Y_0 \leq \varphi_{N\max}) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

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

На рис. 2 и 3 приведены зависимости момента гидроцилиндров поворота основания без торможения подъема стрелы в конце хода и с учетом торможения и момента внешних сил относительно точки поворота основания (точка D). Результаты расчета движения стрелы показаны на рис. 4

Графики (рис. 2) показывают, что момента гидроцилиндров основания без торможения подъема стрелы в конце хода не достаточно

для плавного страгивания основания до окончания работы стрелы (остаточного давления в напорных полостях гидроцилиндров стрелы не хватает для гидроцилиндров основания, так как гидроцилиндры стрелы и основания имеют общие напорные и сливные гидролинии); т.е. сначала происходит подъем стрелы, затем после окончания работы стрелы происходит удар поршня о крышку гидроцилиндра стрелы и повышение давления в напорных гидролиниях. Когда давление в напорных полостях гидроцилиндров основания достигает требуемого значения, чтобы преодолеть момент внешних сил относительно точки поворота основания (точка D), начинается поворот основания.

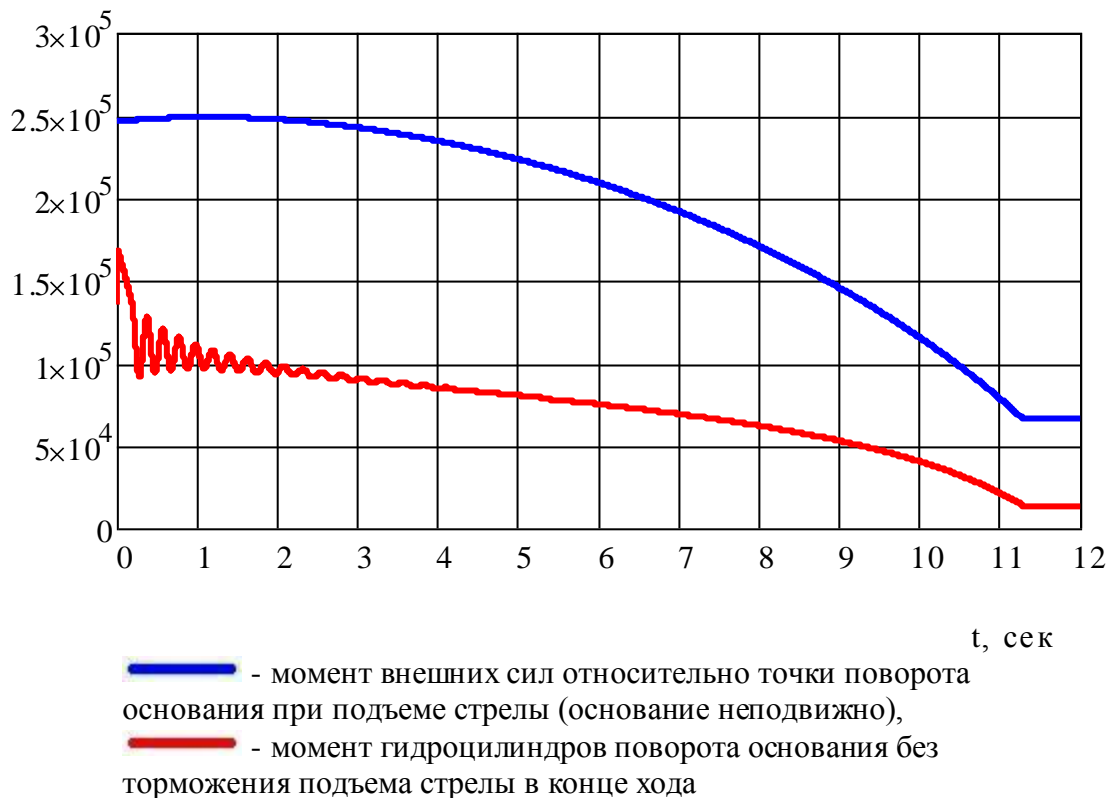
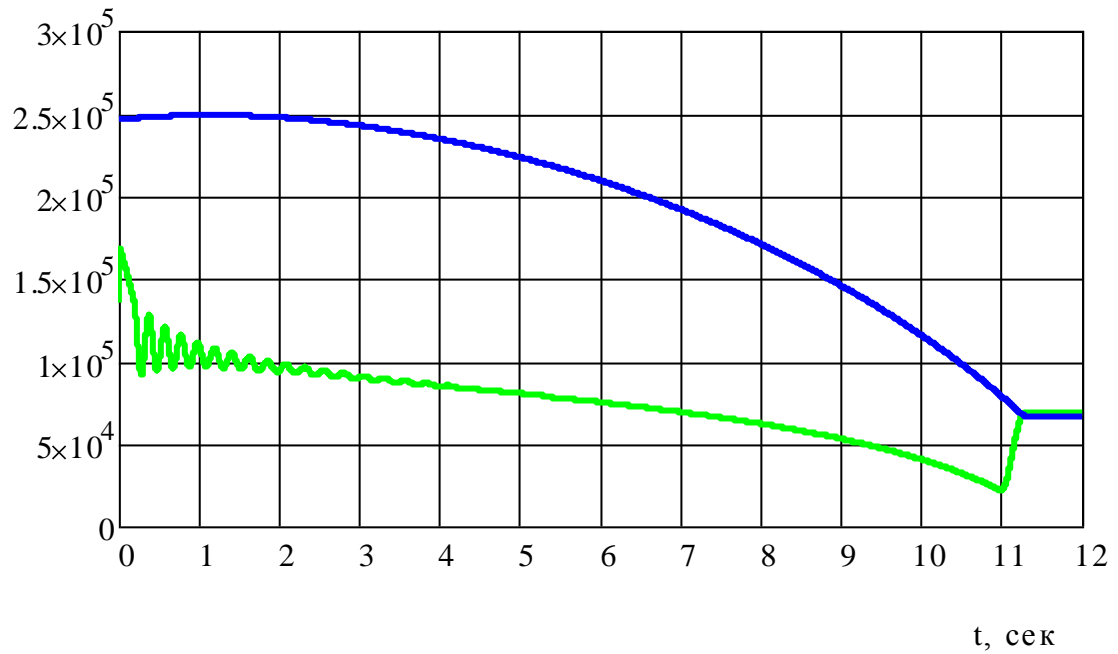


Рис. 3 Зависимости изменения момента внешних сил и момента гидроцилиндров основания относительно точки поворота основания при подъеме стрелы без торможения в конце хода (основание неподвижно).

Однако, если мы будем тормозить подъем стрелы в конце хода, то давление в напорных гидролиниях возрастет до окончания работы стрелы. Таким образом, момент гидроцилиндров основания сможет преодолеть момент внешних сил до удара поршня о крышку гидроцилиндра стрелы в конце подъема стрелы, и основание стронется более плавно (рис. 3)





 - момент внешних сил относительно точки поворота основания при подъеме стрелы (основание неподвижно),
 - момент гидроцилиндров поворота основания с торможением подъема стрелы в конце хода.

Рис. 3 Зависимости изменения момента внешних сил и момента гидроцилиндров основания относительно точки поворота основания при подъеме стрелы с торможением в конце хода (основание неподвижно).