

## ВЛИЯНИЕ НЕРАСТВОРЕННОГО ГАЗА В РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ НА ДИНАМИКУ ГИДРОПРИВОДА ЛЕСОПОГРУЗЧИКА

Мандраков Е.А.,

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

*Сибирский федеральный университет*

Главным фактором, влияющим на надежность навесного оборудования лесопогрузчика перекидного типа ЛТ-188, являются динамические нагрузки.

Ввиду того, что сжимаемость воздуха (газа) значительно (в тысячи раз) больше сжимаемости самих рабочих жидкостей (модуль упругости воздуха равен приблизительно величине абсолютного его давления), наличие в них воздушных пузырьков значительно понижает модуль их упругости, вследствие чего жесткость гидравлического механизма понижается (повышается податливость рабочих органов гидродвигателя, характеризуемая величиной смещения выходного его звена, под действием внешней нагрузки уменьшается).

Движение стрелы и поворотного основания обеспечивает гидропривод (рис. 1). В состав гидропривода входят гидроцилиндры стрелы с возможностью подъема стрелы относительно основания (шарнир А) и гидроцилиндры основания с возможностью поворота основания со стрелой относительно базовой машины (шарнир D). Гидроцилиндры стрелы и основания имеют общие нагнетающую и сливную магистрали и разные направления действия. Расчетная схема приведена на рис. 2.

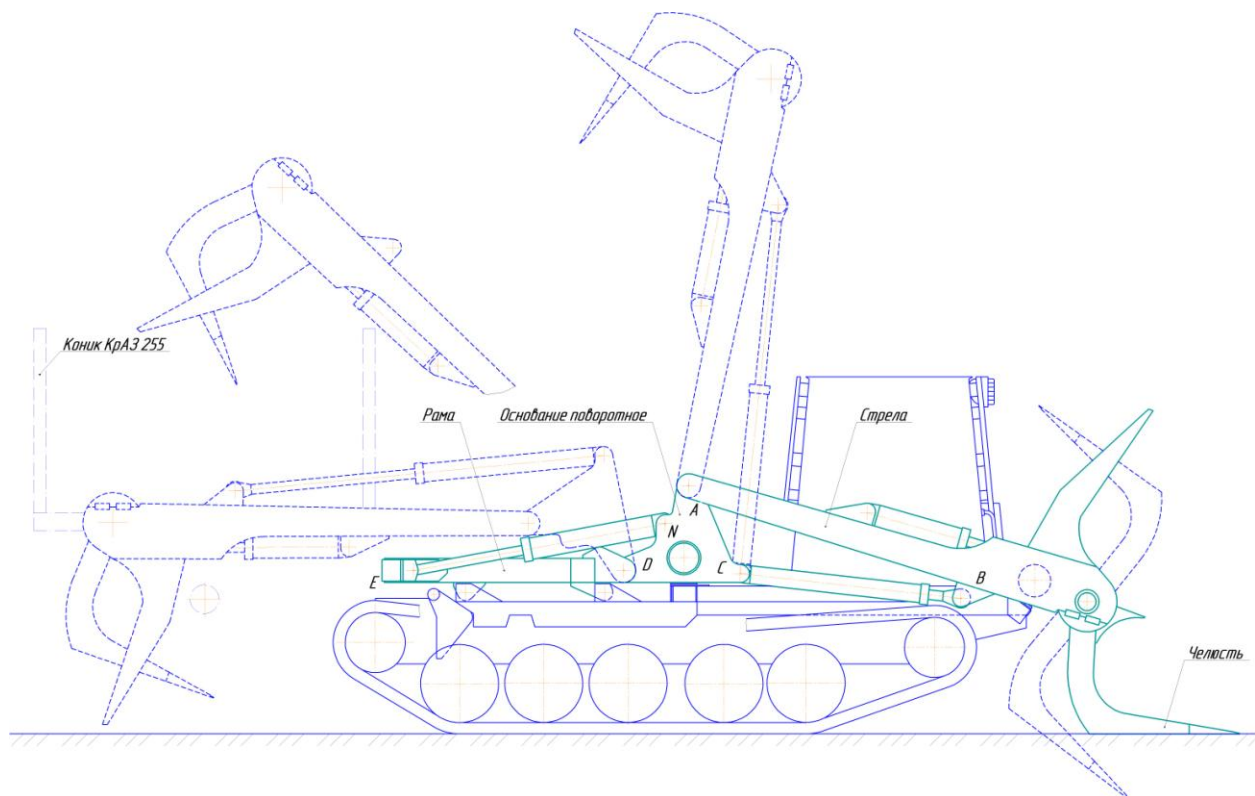


Рис. 1. Кинематическая схема челюстного лесопогрузчика перекидного типа ЛТ-188.

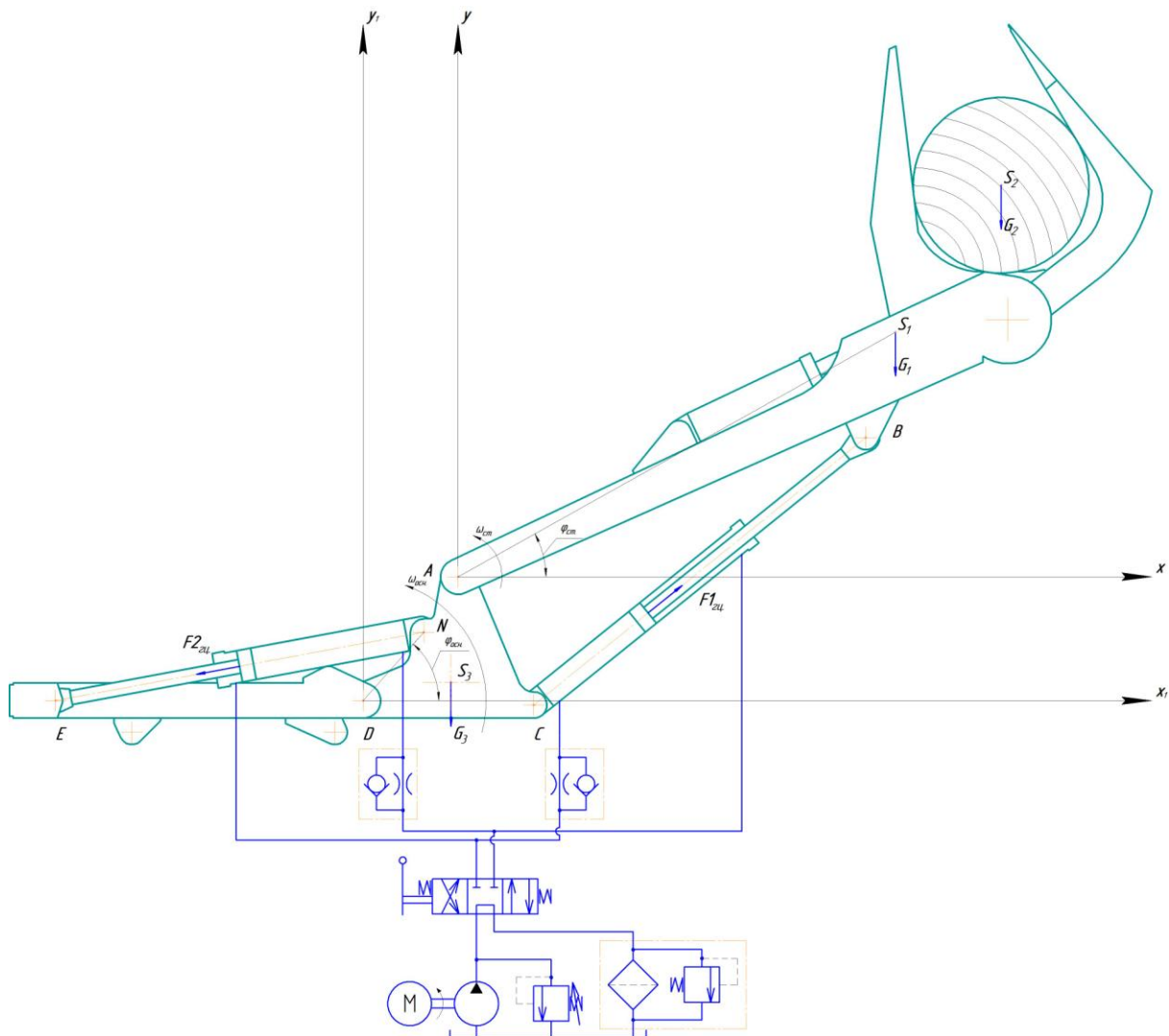


Рис. 2. Расчетная схема стрелы и поворотного основания челюстного лесопогрузчика перекидного типа ЛТ-188.

Чтобы оценить влияние содержания нерастворенного газа в рабочей жидкости на динамику гидропривода лесопогрузчика, составим математическую модель движения стрелы и поворотного основания:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\frac{dp_{1см.}}{dt} = \frac{E_{см11}}{W_{1см.} + z_1 \cdot S_{1см.} \cdot y_{н.см.}} \cdot (Q_0 - Q_{y.см.} - Q_{к.см.} - Q_{см.})$$

$$\frac{dp_{2см.}}{dt} = \frac{E_{см12}}{W_{2см.} - z_1 \cdot S_{2см.} \cdot y_{н.см.}} \cdot (Q_{2см.} - Q_{сл.см.})$$

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

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

$$\frac{dp_{1осн.}}{dt} = \frac{E_{см21}}{W_{1осн.} + z_2 \cdot S_{1осн.} \cdot y_{н.осн.}} \cdot (Q_0 - Q_{y.осн.} - Q_{к.осн.} - Q_{1осн.})$$

$$\frac{dp_{2осн.}}{dt} = \frac{E_{см22}}{W_{2осн.} - z_2 \cdot S_{2осн.} \cdot y_{н.осн.}} \cdot (Q_{2осн.} - Q_{сл.осн.})$$

где  $E_{см_i} = \frac{E_{жс}}{1 + \frac{\alpha_g E_{жс}}{E_{г_i}}}$  - модуль объемной упругости смеси (жидкость + воздух),  $\alpha_g = \frac{V_g}{V_{см}}$

- объемное содержание воздуха в жидкости.

На рис. 3 приведены результаты расчета движения стрелы и поворотного основания, а также зависимости изменения давления в гидроцилиндрах при разном количестве содержания нерастворенного газа в рабочей жидкости. Рассмотрен начальный период движения стрелы и основания равный 3 сек., при котором в гидроприводе происходят колебания угловой скорости и давления с максимальной амплитудой.

Из графиков можно сделать следующие выводы:

-Увеличение количества содержания нерастворенного газа в рабочей жидкости не оказывает влияния на характер изменения угла подъема стрелы (рис. 3а) и поворотного основания (рис. 3д).

-При увеличении содержания нерастворенного газа от 0.1 до 1% увеличивается амплитуда колебаний угловой скорости стрелы (рис. 3б) и основания (рис. 3е).

-Амплитуда колебаний давления в поршневых полостях гидроцилиндров стрелы (рис. 3в) и штоковых полостях гидроцилиндров основания (рис. 3ж) при увеличении содержания нерастворенного газа в рабочей жидкости, также увеличивается.

-Увеличение среднего значения давления в штоковых полостях гидроцилиндров стрелы (рис. 3г) и поршневых основания (рис. 3з), с увеличением количества нерастворенного газа в рабочей жидкости, происходит плавней на начальном участке движения.

Математическая модель движения стрелы и поворотного основания лесопогрузчика перекидного типа ЛТ-188 позволяет на стадии проектирования исследовать влияние нерастворенного газа в рабочей жидкости на динамику навесного оборудования, а также выбрать оптимальные значения параметров привода.

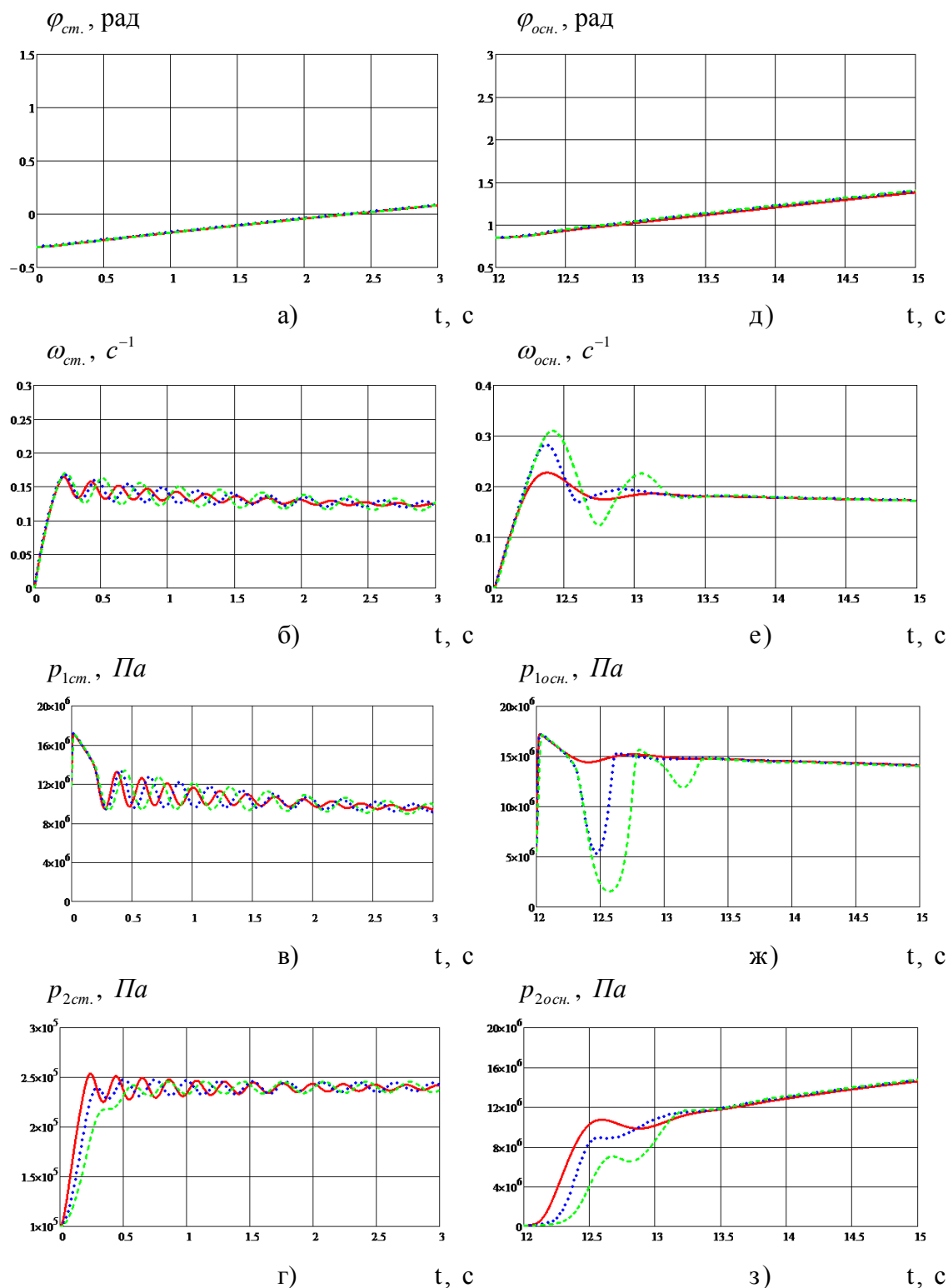


Рис. 3. Влияние нерастворенного газа в рабочей жидкости на угол подъема стрелы (а) и поворота основания (д), угловую скорость стрелы (б) и основания (е), а также давления в поршневых полостях гидроцилиндров стрелы (в) и штоковых оснований (ж), давления в штоковых полостях гидроцилиндров стрелы (г) и поршневых оснований (з).

- - 0.1 % содержания нерастворенного газа,
- ⋯ - 0.5 % содержания нерастворенного газа,
- - - - 1 % содержания нерастворенного газа.