

Ельцов М.И.

студент 5 курса

кафедра «Стартовые ракетные комплексы»

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Россия, г. Москва

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА СТРЕЛЫ
УСТАНОВЩИКА, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ
ГИДРОЦИЛИНДРОВ**

***Аннотация:** В статье рассмотрена методика расчета и проектирования гидропривода механизма подъема стрелы установщика, оптимизации основных параметров гидроцилиндра, а также проведен анализ вариантов подачи рабочей жидкости в полости гидроцилиндра.*

***Ключевые слова:** гидроцилиндр, гидроаккумулятор, оптимизация, радиально-поршневой насос*

***Abstract:** This article analyzes the methods of calculation and designing of the hydraulic actuator of the boom lifter of the loader, optimization of the main characteristics of the hydraulic cylinder, and also analysis of the displacement of the hydraulic fluid into the hydraulic cylinder's pots.*

***Key words:** hydraulic cylinder, hydraulic accumulator, optimization, radial-piston pump*

При разработке агрегатов вновь создаваемых стартовых комплексов для ракет космического назначения (РКН), а также при модернизации существующих стартовых комплексов для осуществления пусков модернизированных вариантов РКН, имеющих, как правило, более мощные двигатели, возникает необходимость в расчетном обосновании конструкций агрегатов стартового комплекса для обеспечения их надежной эксплуатации в течение длительного периода, который может составлять несколько десятков лет /1/.

Большая масса и габариты ракет и космических аппаратов, перемещаемых с помощью мобильных агрегатов наземного оборудования, требуют применения для вертикализации РКН мощных приводов подъема стрел установщиков. В качестве таких приводов используются объемные гидравлические приводы с многоступенчатыми гидроцилиндрами /2-5/.

Гидроцилиндр – это гидравлический аппарат, преобразующий гидравлическую энергию потока рабочей жидкости в механическую энергию возвратно-поступательного движения исполнительного звена /3/.

Рассматриваются особенности проектирования механизма подъема транспортно-установочного агрегата для перспективных РКН тяжелого и сверхтяжелого классов, имеющих на первой ступени шесть боковых блоков.

Исходными данными при расчете являются:

- весовая нагрузка G и начальное положение центра масс $x_{цм0}$, $y_{цм0}$;
- максимальная ветровая нагрузка W и положение центра ветрового давления $x_{цд0}$, $y_{цд0}$ при горизонтальном положении системы;

На рисунке 1 представлена расчетная схема определения момента силы тяжести.

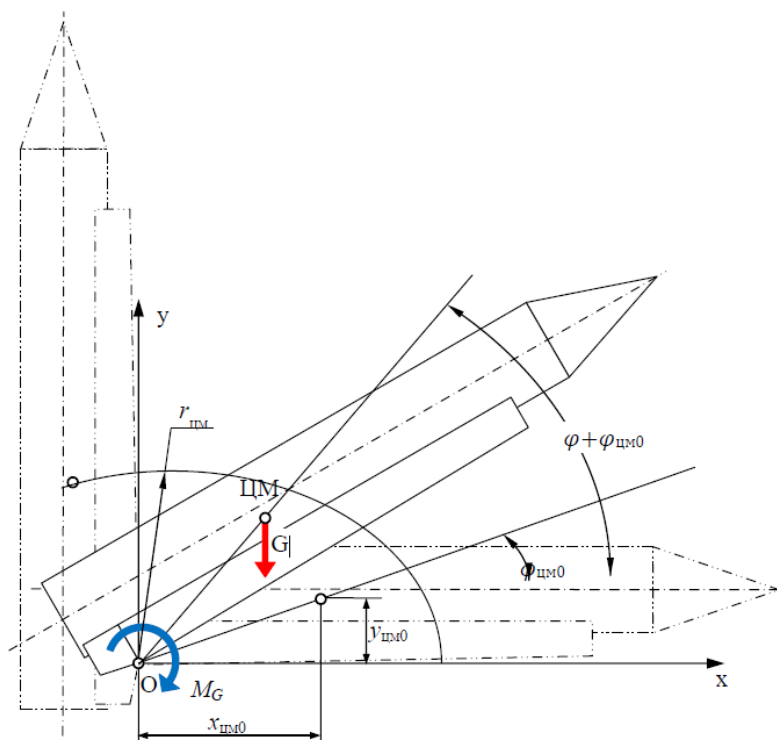


Рисунок 1. Расчетная схема определения момента силы тяжести

Значения момента силы тяжести определяются следующими основными зависимостями /2/:

$$M_G = Gr_{\text{цм}} \cos(\varphi + \varphi_{\text{цм}0}), \quad (1)$$

$$r_{\text{цм}} = \sqrt{x_{\text{цм}0}^2 + y_{\text{цм}0}^2}, \quad (2)$$

$$\varphi_{\text{цм}0} = \arctg\left(\frac{y_{\text{цм}0}}{x_{\text{цм}0}}\right), \quad (3)$$

где G – сила тяжести, действующая на систему; $r_{\text{цм}}$ – расстояние от оси поворота до центра масс поднимаемой системы; φ – угол поворота системы; $\varphi_{\text{цм}0}$ – начальный угол подъема центра масс над горизонтом; $x_{\text{цм}0}$, $y_{\text{цм}0}$ – координаты центра масс системы в начальном положении.

После определения значений момента силы ветровой нагрузки, определяются значения суммарного момента от нагрузок, действующих на систему.

В зависимости от направления ветра, суммарный момент от нагрузок, действующих на систему, будет равен сумме или разности моментов силы тяжести и ветровой нагрузки:

$$M_{\text{max}}(\varphi) = M_G(\varphi) + M_W(\varphi), \quad (4)$$

$$M_{\text{min}}(\varphi) = M_G(\varphi) - M_W(\varphi). \quad (5)$$

Оптимальное значение диаметра первой ступени D_1 находится как минимум функции зависимости диаметра первой ступени D_1 от угла крепления гидроцилиндра β .

В ходе приведения полученного диаметра первой ступени D_1 к системе, имеющей несколько параллельно функционирующих гидроцилиндров, находятся диаметры и длины хода поршней ступеней одного гидроцилиндра, его начальная и конечная длина, а также объем рабочей жидкости во внутренних полостях гидроцилиндра при полностью сложенном и полностью раздвинутом его положении.

На рисунке 2 представлен характерный вид функции потребного давления (МПа) в полостях гидроцилиндров в процессе подъема системы в зависимости от угла подъема стрелы установочного агрегата.

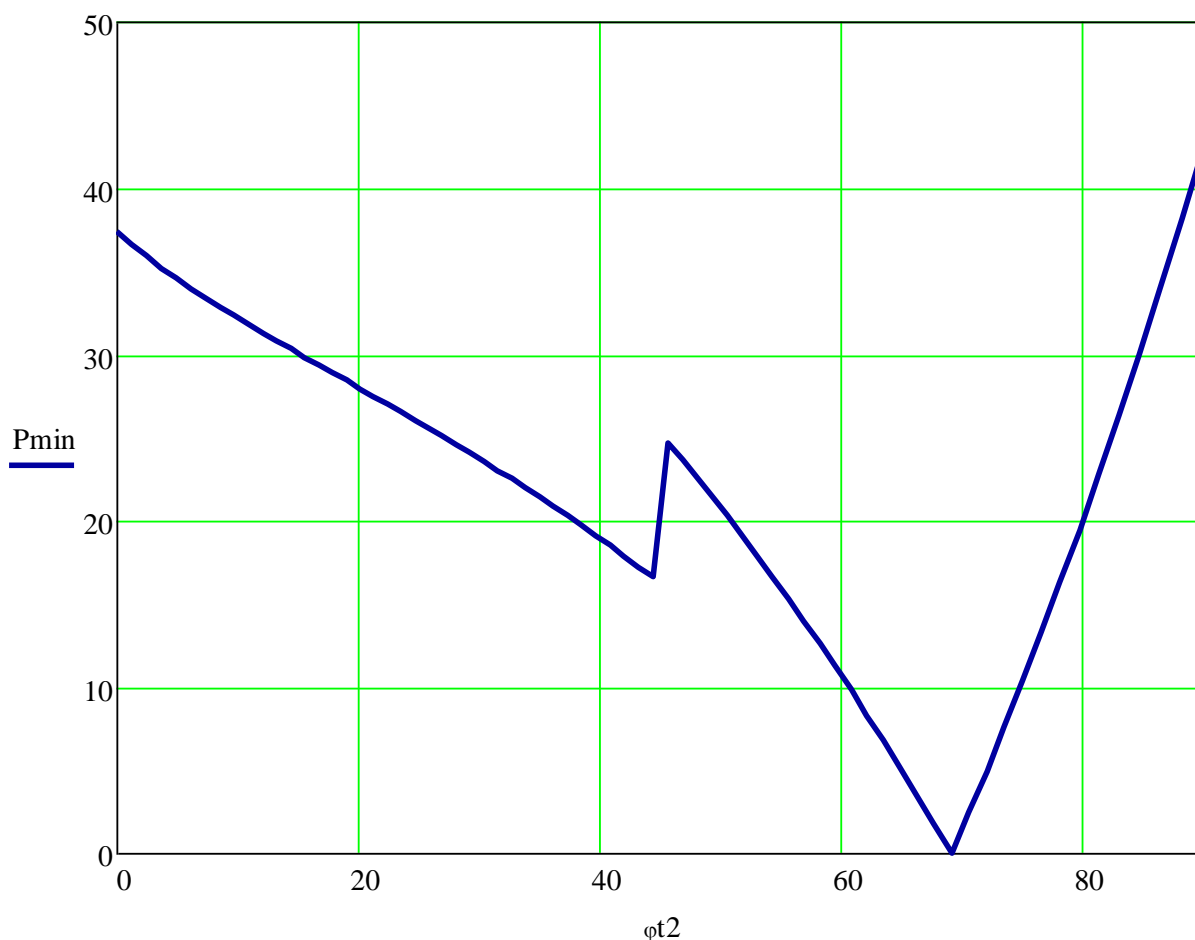


Рисунок 2. Результаты расчета потребного давления в полостях гидроцилиндров, в зависимости от угла подъема системы

По полученным результатам обосновывается структура гидравлического привода, который может включать в себя как гидростанцию с радиально-поршневым насосом высокого давления, так и блок гидроаккумулятора.

Параметры работы насоса (гидроаккумулятора) в зависимости от угла подъема системы φ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Номер участка	Рабочая ступень гидроцилиндра	Угол поворота стрелы, град	Расход насоса, л/мин
1	I	0-45,6	159
2	II	45,6-86	79,5
3	II	86-90	17

При расчетах подачи рабочей жидкости были получены близкие потребные давления для обеспечения подъема стрелы установщика, как для насосной подачи, так и для подачи рабочей жидкости гидроаккумулятором.

Основные недостатки насосной подачи:

- низкая подача насосов, а при увеличении их количества, снижается надежность системы.

Основной недостаток гидроаккумулятора:

- высокое требуемое давление зарядки.

Так как величина подачи рабочей жидкости с помощью гидроаккумулятора может регулироваться в широких пределах (ограничения накладываются только на угловое ускорение стрелы установщика в процессе подъема), то применение гидроаккумулятора может рассматриваться в качестве альтернативного варианта насосной подаче для космических ракетных комплексов тяжелого и сверхтяжелого классов.

Использованные источники:

1. Игрицкий В.А., Чугунков В.В., Языков А.В. Методика прогнозирования температур и температурных напряжений в элементах конструкций стартового оборудования при газодинамическом воздействии струй двигателей стартующей ракеты. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Машиностроение”, 2010, № S. С. 53-60.

2. Игрицкий В.А. Оптимизационный расчет параметров гидравлического механизма подъема. Электронное учебное издание. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 21 с.
3. Камышев Л.А., Зверев В.А., Ломакин В.В. Гидравлические приводы мобильных установок. – Ч. 2: Элементы гидропривода мобильных установок: Учеб. Пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 104 с.
4. Новожилов Б.М. Гидравлические механизмы подъема для установочных агрегатов// Аэрокосмический научный журнал. Электронный журнал. # 06, ноябрь 2016. DOI: 10.7463/aersp.0616.0851796
5. Зимин А.В., Куликов Д.В., Новожилов Б.М., Чугунков В.В. Технологии подъема стартовым оборудованием РКН для установки на стартовое устройство. Сборник тезисов ХLI академических чтений по космонавтике – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана 2017. – с.269-270.