

УДК 629.114

ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГИДРОПРИВОДА ОПРОКИДЫВАЮЩЕГО МЕХАНИЗМА ПЛАТФОРМЫ САМОСВАЛА

П.Р. Бартош, доцент, к.т.н., И.Г. Селивончик, инженер,
А.И. Сафонов, доцент, к.т.н., П.Н. Кишкевич, доцент, к.т.н., Белорусский
национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Рассматривается гидросистема опрокидывающего механизма автомобиля-самосвала особо большой грузоподъемности. Предложена динамическая модель гидросистемы. Предложение позволяет учитывать циклическую работу (подъем-опускание платформы). Получены результаты расчета.

Ключевые слова: Гидросистема, динамическая модель, карьерный самосвал, опрокидывающий механизм.

ДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГІДРОПРИВОДУ ПЕРЕКИДАЮЧОГО МЕХАНІЗМУ ПЛАТФОРМИ САМОСКИДА

П.Р. Бартош, доцент, к.т.н., І.Г. Селівончик, інженер, А.І. Сафонов, доцент, к.т.н.,
П.Н. Кішкевіч, доцент, к.т.н., Білоруський національний технічний університет,
м. Мінськ, Республіка Білорусь

Анотація. Розглядається гідросистема перекидаючого механізму автомобіля-самоскида особливо великої вантажопідйомності. Запропоновано динамічну модель гідросистеми. Пропозиція дозволяє враховувати циклічну роботу (підйом-опускання платформи). Отримано результати розрахунку.

Ключові слова: гідросистема, динамічна модель, кар'єрний самоскид, перекидаючий механізм.

DYNAMIC ANALYSIS OF HYDRAULIC DRIVE OF TILTING PLATFORM MECHANISM OF DUMP TRUCK

P. Bartosh, Candidate of Technical Science I. Selivonchik, engineer,
A. Safonau, Candidate of Technical Science, P. Kishkevich, Candidate of Technical
Science, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Abstract. Object of research – hydraulic drive of tilting platform mechanism of dump truck. We propose a dynamic model of the hydraulic system. The model takes into account the cyclic operation (lifting, lowering the platform).

Key words: hydraulic system, dynamic model, dump truck, tilting mechanism.

Введение

Работа гидросистемы опрокидывающего механизма автомобиля-самосвала (последовательное чередование подъема и частичного опускания платформы) важно при разгрузке слипшегося или примерзшего груза к платформе. Учет такой работы при динамическом расчете гидросистемы опрокидывающего

механизма значительно расширяет возможности расчета, анализа и оптимизации параметров этой гидросистемы.

Анализ публикаций

В большинстве работ при исследовании систем опрокидывания платформы не учитывается процесс ее опускания. В частности в ра-

боте [1] рассматривается только цикл подъема платформы.

Цель и постановка задачи

Ставится задача разработать математическую модель работы гидросистемы опрокидывающего механизма при опускании платформы с целью выбора параметров гидросистемы. Данная математическая модель для процесса опускания платформы и модель для ее подъема [1] необходимы для моделирования циклической работы гидросистемы опрокидывающего механизма.

Модель гидропривода

С учетом работы [1] и технических данных карьерного самосвала БелАЗ-75131 составлена расчетная схема (рис. 1).

При этом приняты следующие обозначения: M_{GR} , J_{GR} и M_{PL} , J_{PL} – соответственно массы и моменты инерции груза и платформы; X_{GR} ,

Y_{GR} и X_{PL} , Y_{PL} – координаты центра груза и платформы; R_{GR} и R_{PL} – радиусы вращения центров тяжести груза и платформы; F – усилие, развиваемое гидроцилиндром (ГЦ); z – перемещение звеньев ГЦ; d_i и $d_{шт}$ – диаметры i -х ступеней и штока ГЦ; L_i – расстояние по опорам ГЦ в начальном положении и выдвинутых i -х ступенях; Q_H – подача насоса; $Q_{сжк}$ – расход (на сжатие жидкости между насосом и распределителем в объеме $V_{сжк} = Str_n \cdot L_n$); Str_n и L_n – площадь сечения и длина трубопровода между насосом и распределителем; $X_{ж}$ и $M_{ж}$ – перемещение и масса жидкости в напорном трубопроводе; Str и L – площадь сечения и длина напорного трубопровода; $Q_{сжп}$ и $Q_{сжш}$ – расходы на сжатие жидкости в напорном и сливном трубопроводе; $Str_{сл}$ и $L_{сл}$ – площадь поперечного сечения и длина сливного трубопровода; $X_{жсл}$ и $M_{жсл}$ – перемещение и масса жидкости в сливном трубопроводе; D_{dz} – диаметр сечения в шайбе, встроенной в штоковой полости ГЦ, для исключения разгона платформы при ее подъеме.

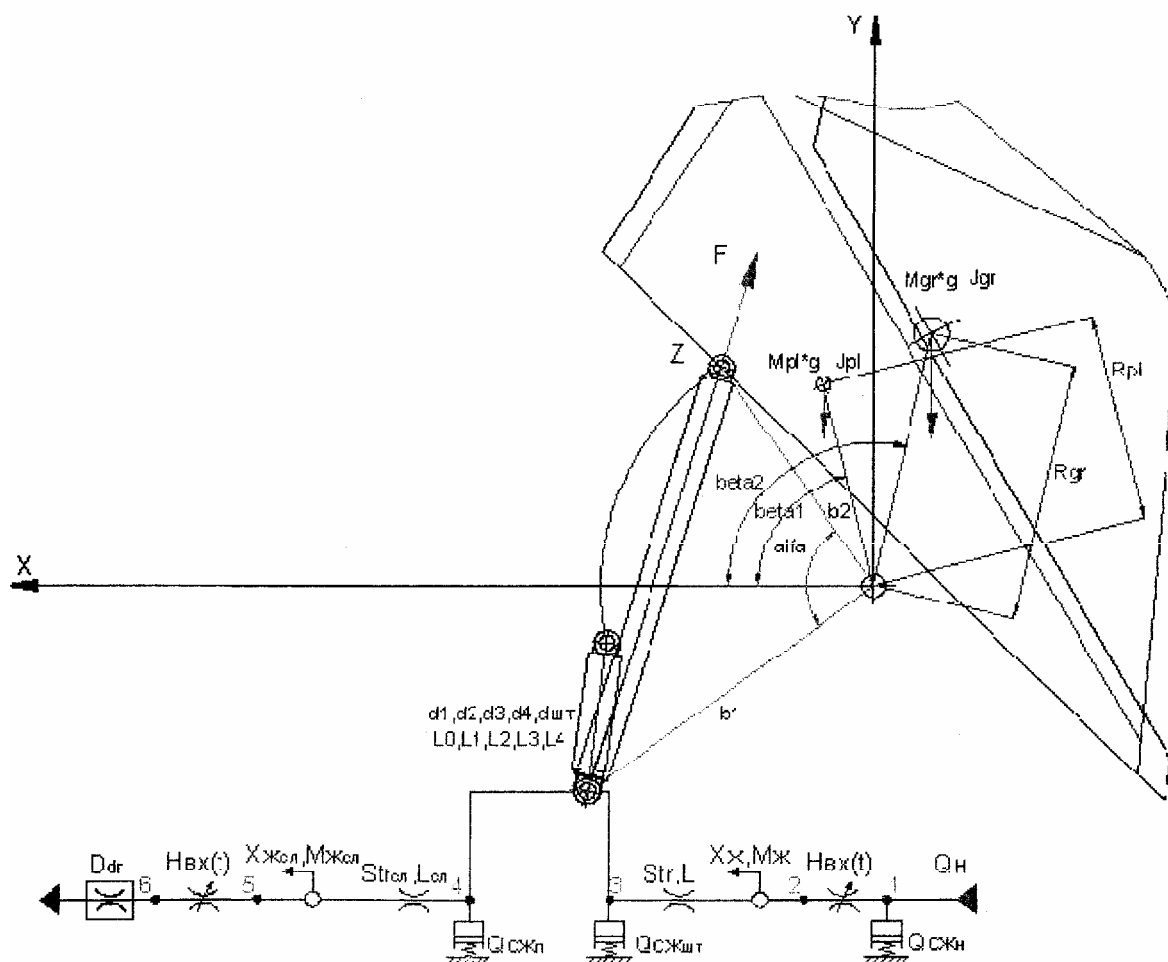


Рис. 1. Расчетная схема (опускание платформы)

Динамический расчет гидросистемы опрокидывающего механизма при опускании платформы позволяет более точно определить время опускания платформы и оптимизировать параметры системы с целью снижения динамических нагрузок на раму автомобиля-самосвала и исключения возникновения вакуума в начальный момент работы при заполнении штоковой полости ступени двустороннего действия гидроцилиндра опрокидывающего механизма.

При переключении направляющего гидрораспределителя из положения «Подъем» в положение «Опускание» напорная ветвь, связанная с поршневой полостью гидроцилиндров, становится сливной, а сливная, связанная со штоковыми полостями гидроцилиндров, – напорной. Это позволяет применить описанные в работе [1] выражения в том же виде, что и для процесса подъема платформы, значительно упрощая дальнейший анализ.

В процессе опускания платформы, первой задвигается ступень меньшего диаметра двустороннего действия. Дальнейшее складывание гидроцилиндров происходит только под действием платформы и оставшегося прилипшего груза. При этом на протяжении складывания оставшихся ступеней штоковая полость находится под максимальным давлением.

1. Уравнение движения механической системы

$$\begin{cases} M_P \cdot \frac{d^2z}{dt^2} = F + p_3 \cdot S_{шт} - p_4 \cdot S_{пн}, i = n \\ M_P \cdot \frac{d^2z}{dt^2} = F - p_4 \cdot S_{пн}, i = (n-1) \dots 1 \end{cases}$$

Координаты центра тяжести платформы:

$$\begin{cases} X_{PL} = R_{PL} \cdot \cos(\beta_1 - \phi) \\ Y_{PL} = R_{PL} \cdot \sin(\beta_1 - \phi) \end{cases}$$

Координаты центра тяжести прилипшего к платформе груза:

$$\begin{cases} X_{GR} = R_{GR} \cdot \cos(\beta_2 - \phi) \\ Y_{GR} = R_{GR} \cdot \sin(\beta_2 - \phi) \end{cases}$$

$$F = \frac{(L_{max} - z) \cdot M \cdot g \cdot X}{N \cdot b_1 \cdot b_2 \cdot \sin(\alpha - \phi)}, z \in [0; (L_{max} - L_0)]$$

Угол поворота платформы

$$\phi = \alpha - \arccos\left(\frac{b_1^2 + b_2^2 - (L_{max} - z)^2}{2 \cdot b_1 \cdot b_2}\right)$$

2. Уравнения движения жидкости в трубопроводе [1]:

для участка 2-3:

$$\begin{aligned} \frac{d^2x_{жс}}{dt^2} = & \frac{1}{\rho L} (p_2 - p_3 - (0,5 \cdot \xi \cdot \rho + \\ & + 0,443 \frac{k_\xi \cdot \rho \cdot L}{\sqrt{Str}}) x \left(\frac{dx_{жс}}{dt}\right)^2 \cdot \operatorname{sgn} \frac{dx_{жс}}{dt} - \\ & - 27,5 \frac{\rho \cdot v \cdot L}{Str} \cdot \left(\frac{dx_{жс}}{dt}\right)) \end{aligned}$$

для участка 4-5:

$$\begin{aligned} \frac{d^2x_{жс}}{dt^2} = & \frac{1}{\rho L_{сл}} (p_4 - p_5 - (0,5 \cdot \xi_{сл} \cdot \rho + \\ & + 0,443 \frac{k_\xi \cdot \rho \cdot L_{сл}}{\sqrt{Str_{сл}}}) \cdot \left(\frac{dx_{жс}}{dt}\right)^2 \cdot \\ & \cdot \operatorname{sgn} \frac{dx_{жс}}{dt} - 27,5 \frac{\rho \cdot v \cdot L_{сл}}{Str_{сл}} \cdot \left(\frac{dx_{жс}}{dt}\right)) \end{aligned}$$

3. Из уравнения расходов можно получить

$$\frac{dp_3}{dt} = \frac{Str \cdot \frac{dx_{жс}}{dt} - S_{шт} \cdot \frac{dz}{dt}}{Str \cdot L + S_{шт} \cdot z} \cdot (E_{A0} + a_p \cdot p_3)$$

$$\frac{dp_4}{dt} = \frac{S_{пн} \cdot \frac{dz}{dt} - Str_{сл} \cdot \frac{dx_{жс}}{dt}}{Str_{сл} \cdot L_{сл} + S_{пн} \cdot z} \cdot (E_{A0} + a_p \cdot p_4)$$

Все остальные параметры динамической модели определяются как и в работе [1].

Система дифференциальных уравнений включает три уравнения второго порядка и три уравнения первого порядка. Она решается на характерных участках работы гидроцилиндров с учетом принятой ранее последова-

тельности складывания звеньев гидроцилиндров опрокидывающегося механизма.

Выводы

Расчет проводился для карьерного самосвала БелАЗ-75131. Получены переходные характеристики для различных вариантов, как при опускании пустой платформы, так и с прилипшим грузом с установкой шайбы, имеющей разные D_{dz} .

Расчеты показали, что при отсутствии необходимого подпора на сливе в начальный момент опускания платформы при работе ступеней двустороннего действия (принудительного опускания) штоковые полости гидроцилиндров не успевают заполняться, что может привести к появлению вакуума в данных полостях и отрицательно влиять на дальнейшую работу гидросистемы.

С другой стороны, увеличение сопротивления на сливе способствует увеличению времени опускания пустой платформы и снижению производительности автомобиля-самосвала. Таким образом, проанализировав полученные характеристики, оптимальное значение диаметра шайбы для гидросистемы карьерного самосвала БелАЗ-75131, устанавливаемой для подпора поршневых полостей гидроцилиндров, можно принять равным 20 мм.

Для этого варианта характеристика приведена на рис. 2.

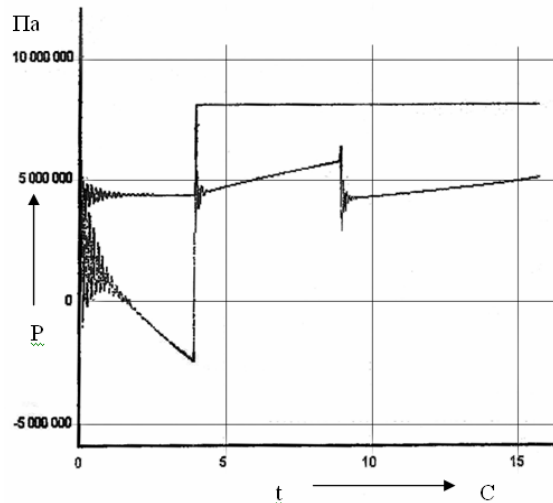


Рис. 2. Изменение давления в полостях гидроцилиндра.

Литература

1. Бартош П.Р. Динамический расчет гидравлической системы опрокидывающегося механизма автомобиля-самосвала / П.Р. Бартош, И.Г. Селивончик, П.Н. Кишкевич // Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин: сб. докл. МНТК. — Минск: БНТУ, 2010. — С. 173–179.

Рецензент: В.И. Клименко, профессор, к.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 22 сентября 2011 г.