

УДК 629.114.4

**РАСЧЁТНАЯ СХЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ  
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТОРМОЗНОГО ПРИВОДА АБС/ПБС  
С ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫМ КЛАПАНОМ  
В КАЧЕСТВЕ МОДУЛЯТОРА**

**DESIGN DIAGRAM FOR STUDYING THE DYNAMICS  
OF A HYDRAULIC BRAKE DRIVE ABS / PBS WITH  
A PROPORTIONAL VALVE AS A MODULATOR**

**М.И. Жилевич**, канд. техн. наук, доц., **П.Н.Кишкевич**, канд. техн. наук, доц., **С.В. Ермилов**, ст. преп., **Т.С. Здрок**, студент  
Белорусский национальный технический университет,  
г.Минск, Республика Беларусь

M. Zhylevich, Ph.D. in Engineering, Associate professor, P. Kishkevich  
Ph.D. in Engineering, Associate professor, S. Ermilov, Senior Lecturer,  
T. Zdrok, student

Belarusian national technical university, Minsk, Republic of Belarus

*Предложены методика и порядок составления расчётной схемы для исследования внутренних динамических процессов в тормозном гидроприводе мобильной машины с пропорциональным электрогидроклапаном в качестве модулятора давления.*

*A methodology and procedure for compiling a design scheme for studying internal dynamic processes in the brake hydraulic drive of a mobile machine with a proportional electrohydraulic valve as a pressure modulator are proposed.*

*Ключевые слова: гидропривод, динамика, мобильная машина, моделирование, пропорциональный электрогидроклапан, расчётная схема, тормозная система.*

*Key words: hydraulic drive, dynamics, mobile machine, modeling, proportional electrohydrovalve, design diagram, brake system.*

## ВВЕДЕНИЕ

В современных гидравлических системах управления различного назначения большое распространение получают пропорциональные электрогидравлические аппараты. Электрогидравлическое пропорциональное управление модулирует гидравлические параметры в соответствии с электронными опорными сигналами и обеспечивает

плавное перемещение исполнительных элементов с высокой точностью. Одно из возможных направлений применения пропорциональных клапанов – системы управления безопасностью автомобиля, в частности тормозные АБС и ПБС.

## МЕТОДИКА И ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ РАСЧЁТНОЙ СХЕМЫ

Динамический расчет гидропривода (ГП) проводится для анализа влияния параметров его элементов на качество переходного процесса, определения рациональных значений этих параметров, обеспечивающих наилучшее быстродействие привода без значительного перегулирования.

При разработке математической модели на основе принципиальной схемы ГП составляется его расчётная (динамическая) схема. Сложность и адекватность математической модели определяются принимаемыми допущениями, что отражается на структуре расчётной схемы. В процессе формирования расчетной схемы можно рассматривать гидравлическую цепь, как систему с сосредоточенными параметрами. При этом предполагается, что жидкость, заполняющая отдельные участки (элементы) ГП, концентрируется в нескольких объемах малой протяженности, называемых узлами.

Общими преимущественно для всех динамических схем ГП являются следующие допущения: свойства жидкости (плотность, вязкость, количество нерастворимого в ней воздуха) не изменяются во время переходного процесса, жидкость является однородной, кавитация и утечки исключаются, нестационарность потока жидкости не оказывает влияние на величину потерь давления.

На расчетной схеме участок ГП изображается условным трубопроводом с эквивалентным сопротивлением  $R$  и сосредоточенной массой  $m$ , для изображения податливости в узлах вводится дополнительная емкость, имитирующая увеличение или уменьшение расхода рабочей жидкости при ее сжатии-расширении, гидроаппарату ставится в соответствие изображение в виде постоянного или переменного дросселя.

На рисунке 1 представлена расчетная схема контура гидравлического тормозного привода АБС/ПБС, в которой в качестве исполнительного элемента (модулятора) используется пропорциональный электрогидравлический клапан. В качестве узлов на расчётной схеме приняты: У1 – вход рабочей жидкости в пропорциональный клапан,

У2 – выход из клапана, У3 – точка подсоединения исполнительных гидроцилиндров. Участок У1-У2 моделирует напорный канал пропорционального электрогидравлического клапана, У2-У43 – сливной, участок У2-У3 – трубопровод от клапана к колесным цилиндрам. В узлах У2 и У3 учитывается сжимаемость рабочей жидкости, что изображается на расчётной схеме введением дополнительных ёмкостей с коэффициентами податливости  $\psi(p_2)$  и  $\psi(p_3)$ .

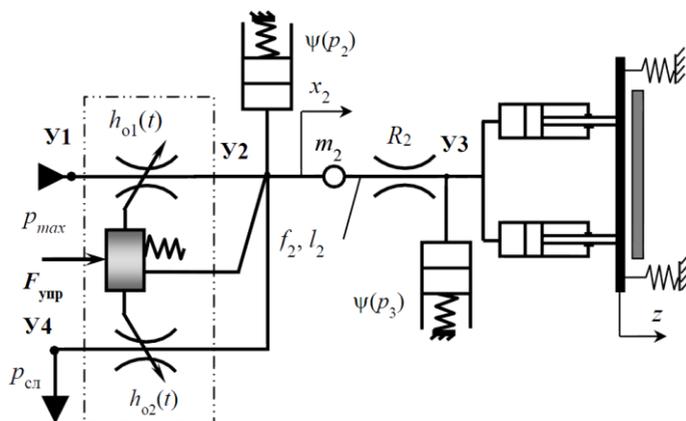


Рисунок 1 – Расчётная схема гидравлического тормозного контура АБС/ПБС с пропорциональным клапаном

На схеме используются следующие обозначения:  $h_{01}(t)$  – величина открытия напорного окна распределителя (пропорционального клапана);  $h_{02}(t)$  – величина открытия окна на сливе;  $\psi(p_2)$ ,  $\psi(p_3)$  – сжимаемость жидкости в узлах У2 и У3;  $x_2$  – перемещение столба рабочей жидкости на участке трубопровода У2-У3;  $m_2$  – приведенная масса жидкости в трубопроводе;  $R_2$  – эквивалентное сопротивление трубопровода;  $f_2$ ,  $l_2$  – соответственно площадь поперечного сечения и длина трубопровода;  $z$  – перемещение поршня исполнительного гидроцилиндра.

Величина рабочего окна в пропорциональном клапане будет зависеть от величины электрического управляющего сигнала  $F_{упр}(t)$  с учётом обратной связи (давления в узле У2).

Для получения математической модели тормозного привода в соответствии с приведённой расчётной схемой необходимо составить уравнение движения жидкости в трубопроводе, уравнение движения

поршней исполнительных гидроцилиндров, уравнения движения золотника пропорционального клапана, а также уравнения баланса расходов в узлах расчётной схемы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана расчётная схема для исследования внутренних динамических процессов в тормозном гидроприводе мобильной машины с пропорциональным электрогидравлическим клапаном в качестве модулятора давления, на основании которой можно сформировать систему нелинейных дифференциальных уравнений, позволяющую оценить быстродействие гидропривода и выполнить анализ влияния параметров модулятора и гидропривода на характер протекания происходящих в нём динамических процессов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Автушко, В.П. Обоснование расчетной схемы для автоматизированного моделирования динамики разветвленного гидропривода / В.П. Автушко, М.И. Жилевич // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2004. – № 3. – С. 17–22.
2. Богдан Н.В. Моделирование и расчет динамики гидроприводов / Н.В. Богдан, В.П. Автушко, М.И. Жилевич // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2003. – № 3. – С. 87–94.
3. Исследование характеристик электрогидравлических пропорциональных клапанов / В. П. Тарасик, Н. Н. Горбатенко, В.С. Савицкий // Вестник Белорусско-Российского университета. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2014. – №1(42). – С. 52–65.
4. Шольц Д. Пропорциональная гидравлика. Киев: ДП "ФЕСТО". – 2002 г. – 124 с.

Представлено 24.05.2020