

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.6

## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАКЕТНЫХ ГИДРОДРОССЕЛЕЙ В ОБОБЩЕННЫХ ПАРАМЕТРАХ

Л. Р. ВАКИЛОВА<sup>1</sup>, П. В. ПЕТРОВ<sup>2</sup><sup>1</sup> liana\_vakilova@mail.ru, <sup>2</sup> pgl.petrov@mail.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы численного моделирования пакетного дросселя, а также анализ влияния количества дроссельных шайб в пакетном дросселе и диаметра проходного сечения шайбы на переходные процессы. Исследуется влияние безразмерных относительных постоянных времени на качество переходных процессов.

**Ключевые слова:** гидродроссель; шайба; площадь проходного сечения; пакетный дроссель; гидросистема; давление; понижение давления.

### ВВЕДЕНИЕ

Для компактности гидросистемы необходимо иметь гидравлические оборудования малых габаритов с минимально возможной массой и это вынуждает выходить за рамки рекомендаций для оптимально подходящей конструкторской системы в проточной части дросселя. [2]

В гидросистемах, чтобы понизить давление до требуемого значения, обширно применяются дроссели для малых расходов. Однако, у таких дросселей малая площадь отверстия, и тем самым происходит засорение, облитерация, а также изменяются характеристики. Для решения этой проблемы были распространены пакеты дроссели, состоящие из шайб с отверстиями в виде цилиндрических насадок.

В пакете каждая насадка работает при малом перепаде давлений и поэтому может иметь приемлемый размер. Сопротивление пакета должно равняться сумме сопротивлений отдельных насадок, что, однако, на практике часто не соблюдается по причине взаимного влияния насадок в пакете. Такое возможно при малых размерах, и, главным образом, из-за сближения осей отверстий по углу расположения. В последнем случае струя из предыдущего отверстия влияет на условия втекания в последующее, и сопротивление системы резко уменьшается. Сборка таких дросселей требует взаимной фиксации шайб. [1]

Пакетные гидродроссели применяются для получения достаточно большого перепада давления для относительно малых по величине значений расхода.

Такой гидродроссель состоит из набора шайб [4]:

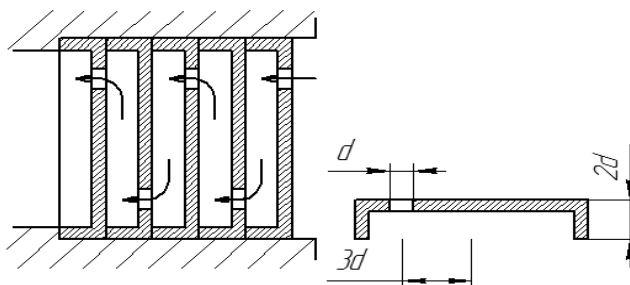


Рис. 1. Пакетный дроссель

Для расчета статической модели пакетного дросселя была разработана ее принципиальная схема.

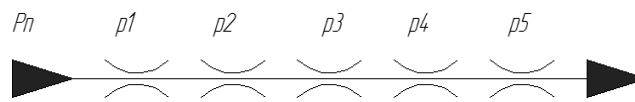


Рис. 2. Принципиальная схема пакетного дросселя

Для расчета статических характеристик дроссельного пакета были составлены уравнения статики:

$$\Delta p(Q) = \frac{\left( \frac{Q}{\mu \frac{\pi d^2}{4}} \right)^2 \cdot \rho}{2};$$

где  $\rho$  – плотность жидкости;  $\mu$  – коэффициент расхода;  $d_{1-5}$  – проходное сечение каждой шайбы в дросселе;  $Q_n$  – расход насоса;  $P_n$  – давление насоса;  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$  – предположительные давления в пакетном дросселе.

Результаты расчета представлены на рис. 3.

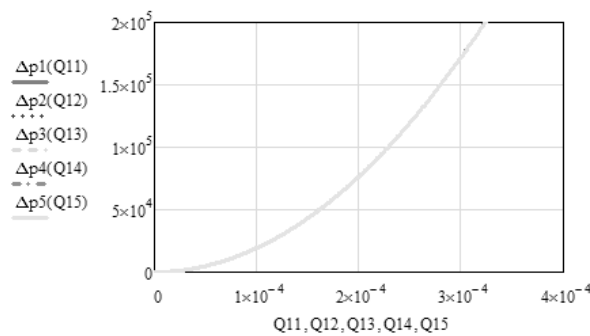


Рис. 3. Перепад давления на пакетном дросселе

Для определения влияние количества шайб в пакетном дросселе на ГС и влияние диаметра проходного сечения шайб в пакетном дросселе ГС необходимо произвести расчет динамической математической модели ГС.

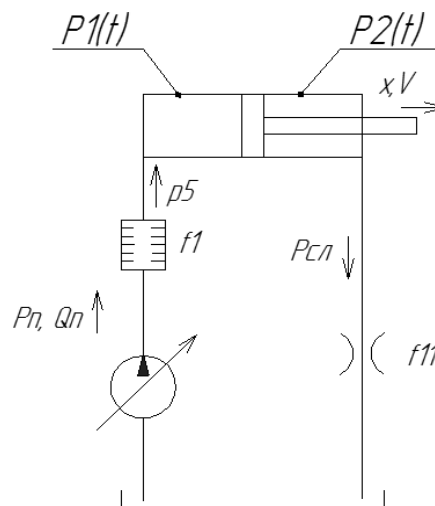


Рис. 4. Принципиальная гидравлическая схема

Для этого были приняты следующие допущения к математической модели:

- картина течения во времени не изменяется ( $\mu = \text{const}$ ,  $\xi = \text{const}$ );
- гидравлические потери в подводящих гидрролиниях гидродвигателя малы и ими можно пренебречь;
- температура рабочей жидкости в течении рассматриваемого динамического процесса не изменяется;
- волновые процессы в рабочих гидрролиниях из-за малой длины на динамические характеристики не влияют [3];

Уравнение баланса сил:

$$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = f_p \cdot p'_1(t) - f_s \cdot p'_2(t) - k_v \cdot \frac{dx}{dt} - F;$$

Уравнение баланса расходов:

$$Q_n + \Delta Q - k \cdot \mu \cdot f_1 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_1 - p'_1(t)|}{\rho \cdot N}} = f_p \cdot \frac{dx}{dt} + \frac{V_p}{E} \cdot \frac{dp'_1(t)}{dt};$$

$$\mu \cdot f_{11} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p'_2(t) - p_2|}{\rho}} = f_s \cdot \frac{dx}{dt} - \frac{V_s}{E} \cdot \frac{dp'_2(t)}{dt};$$

где  $f_p$  – площадь поршня ГЦ;  $f_s$  – площадь штока ГЦ;  $f$  – площадь проходного сечения шайбы пакетного дросселя;  $k$  – коэффициент взаимодействия шайб пакетного дросселя;  $N$  – количество шайб в пакетном дросселе;  $x_m$  – максимальное расстояние выдвижения ГЦ;  $V_p$  – объем поршневой полости ГЦ;  $V_s$  – объем штоковой полости ГЦ;  $m$  – масса поршня;  $f$  – площадь проходного сечения дросселя на выходе;  $k_v$  – коэффициент трения;  $E$  – модуль упругости;  $Q_n$  – расход через пакетный дроссель;  $\Delta Q$  – регулировка расхода;  $F$  – усилие на ГЦ.

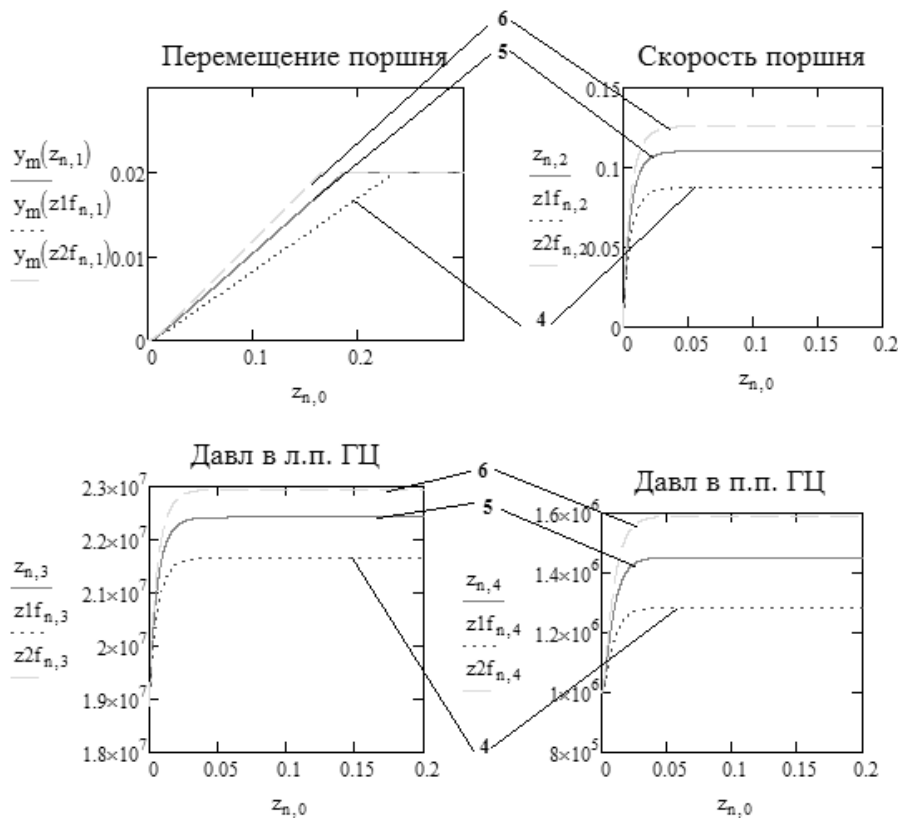


Рис. 5. Влияние шайб в пакетном дросселе на ГЦ

С увеличением количества шайб в пакетном дросселе увеличивается мощность системы : быстрота выдвигания ГЦ, скорость ГЦ, а также давление в сливной и напорной линиях.

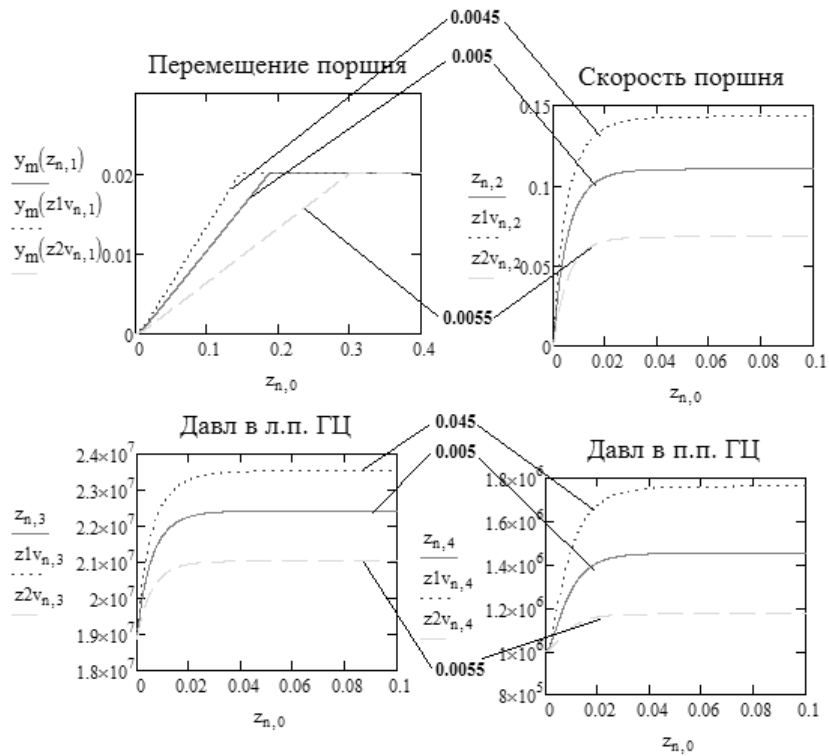


Рис. 6. Влияние диаметра проходного сечения шайб на ГС

С увеличением диаметра проходного сечения шайб уменьшается мощность системы.

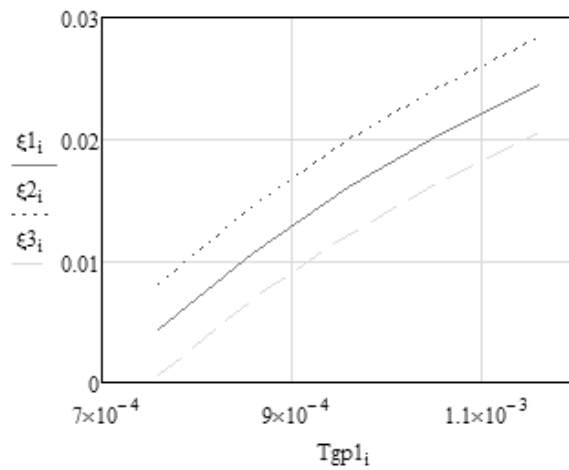
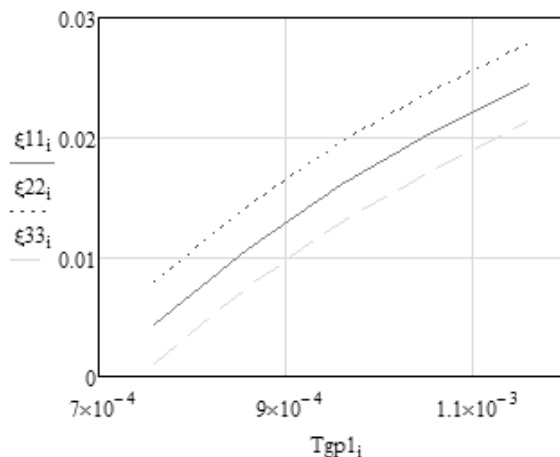


Рис. 7. Зависимость постоянной времени ГП от коэффициента относительного затухания при разных механических постоянных времени



**Рис. 8.** Зависимость постоянной времени ГП от коэффициента относительного затухания при разных емкостных постоянных времени

Изменение коэффициента затухания при разных постоянных времени ГП и изменении механической постоянной времени показывает, что механическая постоянная влияет на устойчивость системы – с ее повышением повышается порог возникновения хаотичности с изменением коэффициента затухания при разных постоянных времени.

При увеличении емкостной постоянной и совместном изменении коэффициента затухания и разных постоянных времени ГП наблюдается обратное – уменьшение устойчивости, уменьшение порога возникновения хаотичности системы.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате теоретических исследований были определены влияния параметров на ГС: влияние количества шайб в пакетном дросселе, где с увеличением количества шайб увеличивается мощность системы; влияние диаметра проходного сечения шайбы пакетного дросселя, где с уменьшением диаметра уменьшается мощность системы. А также зависимость постоянной времени ГП от коэффициента относительного затухания при разных механических и емкостных постоянных времени, которые необходимы для оптимального расчета количества дроссельных шайб и их геометрии в проточной части, позволяющих обеспечить требуемую работу устройства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лебедев Н.И.** Гидравлика, гидравлические машины и объемный гидропривод: Учебное пособие для студентов-заочников по дисциплине «Гидравлика, гидравлические машины и объемный гидропривод». 2-е изд., стер. – М.: МГУЛ, 2002. – 232 с. [ N.I. Lebedev Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic volume control: A manual for part-time students on the subject "Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic volume control". 2nd ed., Sr. - M.: MGUL, 2002. - 232 p. ]
2. **Лебедев Н.И.** Объемный гидропривод лесных машин: учебник / Под ред. А.А. Камусина. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. – 314 с.: ил. [ N.I. Lebedev Volumetric hydraulic drive of forest machines: a textbook / Ed. A.A. Kamusina. - M.: GOU VPO MGUL, 2007. - 314 pp. ]
3. **Попов Д.Н.** Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. Машиностроение, 1976-424 с. [ D.N. Popov Dynamics and regulation of hydraulic and pneumatic systems. Mechanical Engineering, 1976-424 p. ]
4. **Гимадиев А.Г., Быстров Н.Д.** Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. Самара, 2010. [ A.G. Gimadiev, N.D. Bystrov Dynamics and regulation of hydraulic and pneumatic systems. Samara, 2010. ]

#### ОБ АВТОРАХ

**ВАКИЛОВА Лиана Ренартовна**, бакалавр. каф. ПГМ.

**ПЕТРОВ Павел Валерьевич**, канд. техн. наук, доцент каф. ПГМ.

#### METADATA

**Title:** Mathematical modeling electrohydraulic servo drive.

**Authors:** L. R. Vakilova<sup>1</sup>, P. V. Petrov<sup>2</sup>

**Affiliation:** Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

**Email:** <sup>1</sup>liana\_vakilova@mail.ru, <sup>2</sup>pvl.petrov@mail.ru

**Language:** Russian.

**Source:** Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 2 (25), pp. 5-10, 2021. ISSN 2225-9309 (Print).

**Abstract:** The questions of the influence of the number of washers in the packet choke, as well as the effect of the diameter of the bore choke of the flow choke are considered. A mathematical model of a packet choke is developed, which allows to investigate transients. The questions of the dependence of the time constant of the heterojunctions on the coefficient of relative attenuation at different mechanical and capacitive constant times are discussed.

**Key words:** hydro choke, washer, flow area, batch choke, hydraulic system, pressure, pressure drop.

**About authors:**

**VAKILOVA, Liana Renartovna**, student is baccalaureate 4 year, Ufa state aviation technical University

**PETROV, Pavel Valerievich**. Assoc. Prof., Dept. of Applied hydromechanics. Master of Technics & Technology (UGATU, 2006). Cand. of Tech. Sci. (UGATU, 2009).