

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МАШИН  
И ОБОРУДОВАНИЯ: ЦИФРОВОЙ ГИДРОПРИВОД**

**TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF MACHINE  
AND EQUIPMENT CONTROL SYSTEMS:  
DIGITAL HYDRAULIC DRIVE**

**Жилевич М. И.**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.,

**Ананчиков А. А.**<sup>2</sup>, канд. техн. наук,

**Бельчик Л. Д.**<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц.,

**Козловский В. А.**<sup>1</sup>, студ., **Шабунько В. А.**<sup>1</sup>, студ.,

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>2</sup>Государственное научное учреждение «Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси»

г. Минск, Республика Беларусь

M. Zhylevich<sup>1</sup>, Ph.D. in Eng., Ass. prof.,

A. Ananchikov<sup>2</sup>, Ph.D. in Eng., L. Belchik<sup>2</sup>, Ph. D. in Eng., Ass. prof.,

V. Kozlovsky, student, A. Shabunko, student,

<sup>1</sup>Belarusian national technical university,

<sup>2</sup>The State Scientific Institution «The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus»

Minsk, Republic of Belarus

*Обобщены некоторые определения и отличительные особенности, раскрывающие суть одного из инновационных направлений развития гидросистем управления мобильных машин и оборудования – цифровой гидравлики.*

*Some definitions and distinctive features are summarized, revealing the essence of one of the innovative directions in the development of hydraulic control systems for mobile machines and equipment – digital hydraulics.*

**Ключевые слова:** *мобильная машина, оборудование, гидропривод, цифровое управление, насос.*

**Keywords:** *mobile machine, equipment, hydraulic drive, digital control, pump.*

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на мобильных и технологических машинах нашло применение разнообразное гидравлическое оборудование, необходимое для управления гидросистемами этих машин. Современные гидравлические приводы должны обеспечивать более высокую производительность, энергоэффективность и точность позиционирования. При этом концепция управления указанными приводами требует внедрение цифровых технологий в гидравлические системы машин с целью улучшения их эффективности и эксплуатационных свойств.

## ПОНЯТИЕ ЦИФРОВОЙ ГИДРАВЛИКИ

На сегодняшний день понятие цифровой гидравлики четко определено и является достаточно обширным. В общих чертах оно подразумевает: новые принципы построения гидропривода и цифровизацию рабочих процессов в целом.

Для реализации этих задач необходим модульный интеллектуальный комплекс управления гидроприводом, включающий в себя: автоматическую систему управления; цифровые и аналоговые датчики давления и положения; приводы рабочих механизмов с интегрированными функциями безопасности.

Эти компоненты должны быть соединены между собой единой информационной сетью по цифровым интерфейсам реального времени и управляться программным обеспечением со специализированным функционалом [1]. Для повышения эффективности комплекса и расширения его функциональных возможностей в него может быть включена система онлайн-мониторинга работоспособности гидросистемы, основанная на методах искусственного интеллекта и облачных технологиях, позволяющая на основе оперативной обработки информации по заданным алгоритмам определять степень износа ключевых компонентов гидросистем и прогнозировать неисправности.

Применительно к гидравлическим агрегатам можно выделить два основных свойства цифровизации [2]: дискретное управление системой и интеллектуализация управления.

Первое направление является неотъемлемым свойством цифровой гидравлической технологии, так как управляющий компонентами сигнал является дискретным. Здесь же подразумевается и дис-

кретность величины расхода рабочей жидкости [3; 4]. Интеллектуализация управления показывает принципиальное отличие цифровой гидравлики. Например, с помощью ПИД-регулирования, которое широко применяется в последние годы в гидравлических приводах, можно реализовать активное управление системой. Однако такой привод не является интеллектуальным, так как ПИД-регулирование не может выполнять логическое управление, связанное с использованием искусственного интеллекта [5].

На рис. 1 в качестве примера представлена схема цифрового гидравлического насоса, состоящего из нескольких параллельно включенных насосов одинаковой либо различной подачи, а также одинакового номинального давления [3].

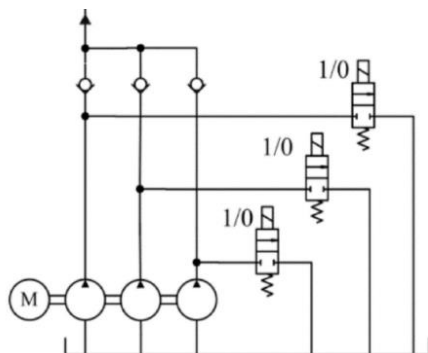


Рисунок 1 – Цифровой гидравлический насос

Каждый насос в таком цифровом агрегате независимо управляется клапаном (включен/отключен). Максимальная подача цифрового насоса обеспечивается включением всех отдельных насосов (их роторы соединены жесткой механической связью). Минимальная подача – при включении насоса с наименьшим рабочим объемом. Шаг регулирования общей подачи зависит от комбинации состояний управляющих клапанов. Таким образом, можно обеспечить  $2^N$  ступеней регулирования, где  $N$  – количество отдельных насосов в цифровом агрегате.

Таким образом, в общем случае цифровую гидравлическую технологию можно определить как систему, которая управляет дискретным потоком жидкости с помощью цифрового сигнала непо-

средственно для реализации активного и интеллектуального управления выходом системы. Гидравлические компоненты с такими техническими характеристиками называют цифровыми гидравлическими компонентами. Система, состоящая из цифровых гидравлических компонентов – цифровая гидравлическая система.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа различных информационных источников выделено одно из перспективных направлений развития гидросистем мобильных машин и оборудования – цифровая гидравлика. Цифровая гидравлика и технологии на ее основе позволяют обеспечить путь инновационного развития систем управления машин. Обобщены некоторые определения и положения, раскрывающие суть цифровой гидравлики и цифровой гидросистемы. Определены отличительные функции от других способов управления гидросистемами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровая гидравлика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://konstruktions.ru/podrobnee-hidr/cifrovaja-gidravlika-cto-eh-to-2176.html>. – Дата доступа: 05.09.2023.
2. Zhang Q. Review and Development Trend of Digital Hydraulic Technology. [Electronic resource]: Applied Sciences, 2020, Vol.579. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/app10020579>. – Date of access: 07.09.2023.
3. Dr S. Raghuraman. Review and Development Trend of Digital Hydraulic Technology. [Electronic resource]: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, Vol. 267. – Mode of access: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-99X/263/6/062080/pdf>. – Date of access: 09.09.2023.
4. Ketonen, M. High flowrate digital hydraulic valve system / M. Ketonen, M. Linjama // The Ninth Workshop on Digital Fluid Power, Aalborg, September 7–8, 2017. – Tampere: Tampere University of Technology, 2017. – P. 13.
5. Siivonen. L. Analysis of Fault Tolerance of Digital Hydraulic Valve System / L. Siivonen, M. Linjama, M. Vilenius // Conference: Bath Workshop on Power Transmission & Motion Control (PTMC'05). – Bath, 2005.

Представлено 01.09.2023