

Н. В. СЕМЁНОВА, А. В. РАТУШНЫЙ, С. П. КУЛИНИЧ

ЭНЕРГОЭНТРОПИЙНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ»

АННОТАЦИЯ В статье рассмотрены основные закономерности развития технической системы «гидрораспределитель» на основе принципов энергоэнтропии. Проанализированы тенденции развития гидравлических распределителей с электрическим управлением. Показаны изменения в конструкциях распределителей, обусловленные необходимостью обеспечения лучших эксплуатационных характеристик и обоснованы направления дальнейшего их совершенствования. Установлено, что улучшение технических характеристик, расширение возможностей связано с соответствием их конструкции второму и третьему принципам энергоэнтропии.

Ключевые слова: техническая система, развитие, гидрораспределитель, золотник, электромагнит.

N. SEMENOVA, A. RATUSHNIY, S. KULINICH

ENERGY ENTROPY PRINCIPLES OF THE DEVELOPMENT OF THE TECHNICAL SYSTEM "HYDRAULIC DISTRIBUTION VALVE"

ABSTRACT The article deals with the basic laws of development of the technical system "hydraulic distribution valve" based on the principles of energy entropy. It analyzes the design of various types of hydraulic valves. The focus of the article is the design, characteristics of hydraulic valves with electric control. The article deals with electrohydraulic valves of direct and indirect control. It analyzes the development trends of hydraulic valves with electric control. It describes the changes in the construction of distributors, which are determined by the need to ensure the best operating performance, and the directions for their further improvement. It is found that the improvement of technical characteristics and expanding the possibilities due to their design correspond to the second and third principles of energy entropy.

Key words: technical system, development, hydraulic distribution valve, valve spindle, electromagnet.

Введение

Под технической системой (ТС) понимают совокупность упорядоченно взаимодействующих элементов, предназначенных для выполнения определённых полезных функций. Для каждой ТС присущи четыре одинаковых признака:

- 1) система состоит из частей или элементов, то есть имеет структуру;
- 2) каждая ТС создаётся для определённой цели;
- 3) элементы системы связаны между собой определённым образом и организованы в пространстве и во времени;
- 4) каждый элемент ТС имеет собственные свойства, а их сумма даёт новое свойство, отвечающее её цели [1].

В каждой технической системе в общем случае присутствуют пять основных элементов (рис. 1): источник энергии (ИЭ), двигатель (Д), передаточное устройство (ПУ), рабочий орган (РО), устройство управления (УУ).

Особенностью любой технической системы является её непрерывное развитие, при котором совершенствуется каждый элемент системы таким образом, чтобы её назначение (цель) выполнялось наиболее полно, с наибольшим КПД и наименьшими затратами на обслуживание.

Цель работы

Цель работы – анализ развития электрогидравлических распределителей и определение пути их совершенствования с позиций энергоэнтропии.

Изложение основного материала

Рассмотрим теперь техническую систему «гидрораспределитель». Под гидрораспределителем (ГР) понимаем гидроаппарат, который предназначен для управления пуском, остановкой, а также изменением направления потока рабочей жидкости в двух или нескольких гидролиниях в зависимости от внешнего управляющего воздействия на своём запорно-регулирующем элементе (ЗРЭ) [2, 3].

Гидрораспределители классифицируются по нескольким критериям [2, 4].

1 Конструкция ЗРЭ: золотниковые (с плоским и цилиндрическим золотником), крановые, клапанные.

2 Число внешних гидролиний: двухлинейные, трёхлинейные, четырёхлинейные, многолинейные.

3 Число фиксированных или характерных позиций ЗРЭ: двухпозиционные, трёхпозиционные, пропорциональные, другие.

4 Вид управления: ручное, механическое, электрическое, гидравлическое, пневматическое, комбинированное.

5 Число ЗРЭ: одноступенчатые, двухступенчатые, другие.

На рис. 2 представлена схема золотникового гидрораспределителя. Из рисунка выделим основные элементы данного распределителя как технической системы.

В данном случае распределитель с ручным управлением, поэтому источник энергии – энергия мускулов человека. В качестве двигателя выступает толкатель, присоединённый напрямую к рабочему органу – золотнику. Таким образом, передаточное устройство в данном случае фактически отсутствует. Системой управления можно считать пружину.

Гидрораспределитель в целом, как и любая техника, является открытой системой, взаимодействующей с окружающей средой. Сопоставив рис. 1 и 2, имеем возможность представить развёрнутую схему передачи энергии в гидрораспределителе (рис. 3).

Как правило, вид энергий E_4 и E_5 одинаков.

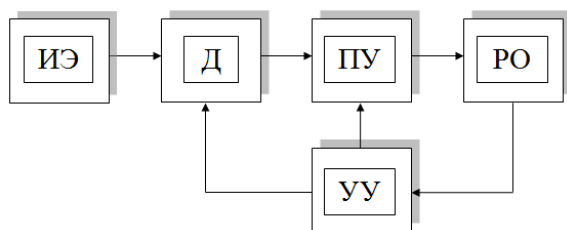


Рис. 1 – Составные части технической системы: ИЭ – источник энергии; Д – двигатель; ПУ – передаточное устройство; РО – рабочий орган; УУ – устройство управления

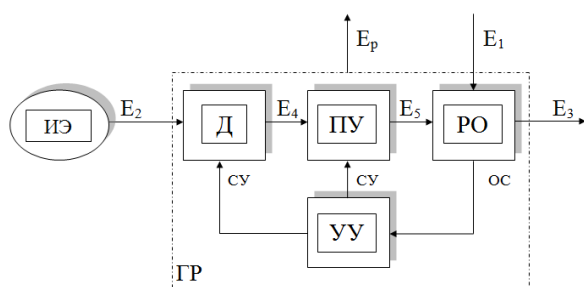


Рис. 3 – Схема передачи энергии в гидрораспределителе: ОС – обратная связь; СУ – сигнал управления; E_1 – поток энергии жидкости перед распределителем; E_2 – поток энергии, подведённой к распределителю; E_3 – поток энергии жидкости за распределителем; E_4 – поток энергии подведённой к распределителю и преобразованный в другой вид в распределителе; E_5 – поток энергии, переданный от передаточного устройства к рабочему органу; E_p – суммарный поток рассеянной энергии потерь в распределителе; ГР – гидрораспределитель

Проанализируем с позиций энергоэнтропички развитие технической системы «гидрораспределитель». При этом следует отметить, что принципы или законы энергоэнтропички хорошо согласуются с законами развития ТС [5, 6]. Рассмотрим некоторые из них.

1-й принцип. Энтропия открытых систем в процессе их прогрессивного развития всегда уменьшается за счет потребления энергии от внешних источников. В данном случае фактически имеются в виду меры по поддержанию системы (распределителя) в работоспособном состоянии, а внешний источник энергии является для данной системы и источником негэнтропии.

Исходя из этого, суть первого принципа заключается в том, что любая упорядочивающая деятельность осуществляется за счет расхода энергии и роста энтропии внешних систем и без такового вообще происходить не может. Схему, изображённую на рис. 3 можно дополнить еще одним компонентом – $E_{уп}$ – потоком энергии упорядочивающего воздействия (рис. 4).

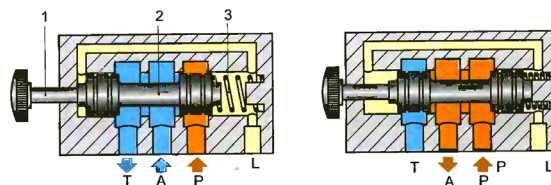


Рис. 2 – Золотниковый гидрораспределитель: 1 – толкатель; 2 – золотник; 3 – пружина; Обозначения на рис. необходимо писать непосредственно в подписочной подписи; Т – слив; А – исполнительная линия; Р – питание; L – дренаж

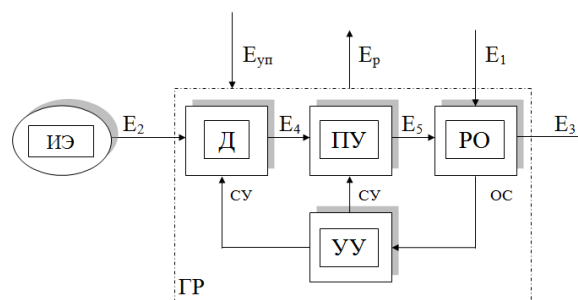


Рис. 4 – Схема передачи энергии в ГР с учётом упорядочивающего воздействия: $E_{уп}$ – поток энергии упорядочивающего воздействия, остальные обозначения см. рис. 1 и 2

Таким образом, в процессе развития системы «гидрораспределитель» от простой конструкции к всё более сложной, оперирующей значительными силами и мощностями, она становится все более совершенной и упорядоченной с энтропийной точки зрения.

2-й принцип. Любая система при прогрессивном развитии, то есть при совершенствовании достигает характерного для каждой совокупности внешних и внутренних условий предела, который можно выразить максимальным значением соответствующей негэнтропии ($-\Delta S_{\max}$). Данное значение откладывается от некоторого нулевого или максимального значения какого-либо критерия эффективности развития или функционирования системы.

Таким критерием может быть КПД, определяемый как отношение полезно использованной технической системой энергии ко всей затраченной ею, а также негэнтропийный коэффициент использования энергии (НКИЭ), определяемый как отношение негэнтропии системы ко всей затраченной ею энергии [5]. Каждой конструкции гидрораспределителей соответствует свой предел развития, оцениваемый совершенством конструкции – структуры через негэнтропию или достижимым значением КПД, удельной мощности и т.п.

В целом, данный принцип имеет важнейшее значение для оценки перспектив прогресса техники и предельных возможностей развития отдельных направлений, объектов и узлов.

3-й принцип. В каждом классе материальных систем преимущественное развитие получает те, которые при данной совокупности внутренних и внешних условий достигают максимальных

значения негэнтропии или максимальной энергетической эффективности. Последняя может быть выражена параметрами: КПД, НКИЭ, мощность, долговечность, надежность и т.д.

Суть данного принципа выражается в том, что чем более совершенна техническая система и менее дорога в производстве, чем выше её надежность, долговечность, экономичность, тем более массово она выпускается и приобретается. Из нескольких гидрораспределителей, имеющих близкие параметры совершенным будет тот, у которого параметры энергоэффективности будут лучше.

Рассмотрим развитие гидрораспределителей. Золотниковые, крановые и клапанные гидрораспределители относятся к распределителям прямого действия. Фактически они различаются конструкцией рабочего органа. Их характерным признаком является приложение усилия переключению непосредственно к запорно-регулирующему элементу. К распределителям этого же типа действия относятся ГР с дискретным электронным управлением, работа которых основана на свойстве электромагнитных катушек, находящихся под напряжением, втягивать, находящийся в них якорь (рис. 5).

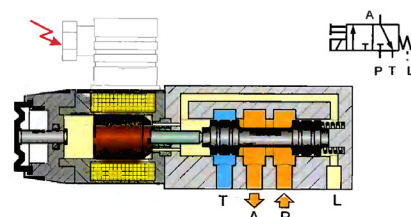


Рис. 5 – Гидрораспределитель с электромагнитным управлением

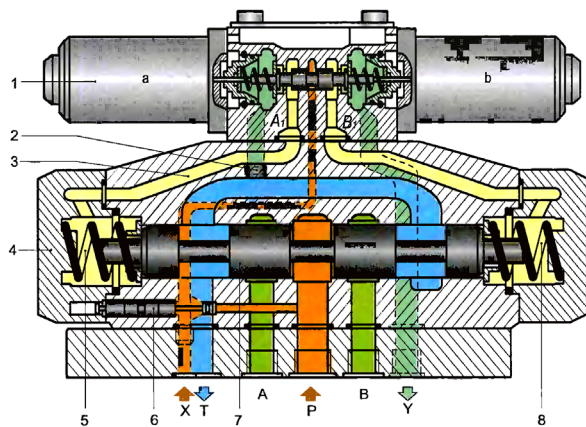


Рис. 6 – Гидрораспределитель с электрогидравлическим управлением: 1 – пилотный распределитель; 2, 3 – каналы управления; 4 – корпус; 5, 8 – пружины; 6 – заглушка; 7 – золотник; а, b – электромагниты; А, В – исполнительные линии; Р – питание; Т – слив; X – питание пилотного распределителя; Y – слив пилотного распределителя

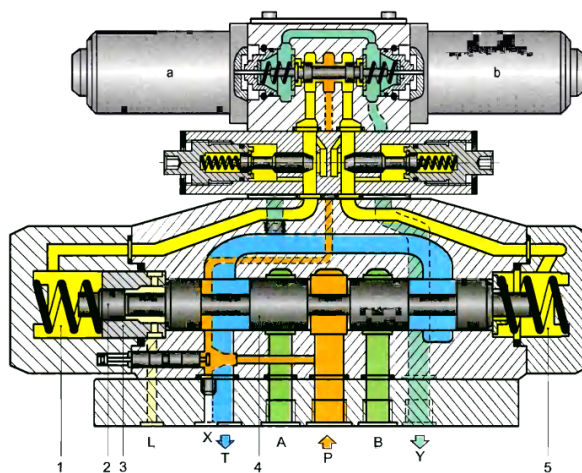


Рис. 7 – Гидрораспределитель с гидравлическим центрированием: 1, 5 – управляющие полости; 2 – толкатель; 3 – центрирующий поршень; 4 – золотник; а, b – электромагниты; А, В – исполнительные линии; Р – питание; Т – слив; X – питание пилотного распределителя; Y – слив пилотного распределителя

В данных ГР управление осуществляется уже не за счет мускульной или механической энергии, а путем использования электрической энергии. Принципиально изменился как источник энергии, так и двигатель технической системы.

В рассматриваемых распределителях используют электромагниты постоянного или переменного тока, работающие в воздушной или масляной среде. На сегодняшний день широкое распространение получили маслonaполненные электромагниты, так как исключается коррозия внутренних поверхностей электромагнита. Наличие масла позволяет снизить износ, улучшить теплоотдачу и обеспечить демпфирование ударов [3]. Исходя из этого, принцип работы гидрораспределителей с электромагнитным управлением согласуется с 1-м принципом энергоэнтропии.

Следует отметить, что ГР прямого действия применяются в диапазоне диаметров условного прохода до 10 мм, так как силы трения, усилия от пружин и гидродинамические силы, действующие на ЗРЭ с увеличением размеров ГР возрастают, что приводит к необходимости использования мощных электромагнитов. Для переключения распределителей с $Dy > 10$ мм применяют не прямое или пилотное управление. ЗРЭ основного ГР управляется гидравлически от управляющего распределителя прямого действия, который, в свою очередь, имеет электромагнитное управление (рис. 6). Переключение золотника пилотного распределителя происходит за короткое время. Чтобы не допустить столь же быстрого переключения основного золотника, что может вызвать гидроудар, вводят замедляющую дросселирующую систему [3].

В данном случае принципиальные изменения претерпевают элементы «двигатель» и «передаточное устройство» технической системы. В качестве них выступают соответственно управляющий распределитель и жидкость. Мы наблюдаем усиление упорядоченности структуры системы, ведь в принципе, можно было бы использовать для всех случаев распределители прямого действия. Исходя из этого, можно сказать, что с развитием системы «гидрораспределитель», понимающееся в данном случае как расширение возможностей параметров регулирования, происходит выполнения второго принципа энергоэнтропии, то есть наблюдается рост негэнтропии системы в процессе ее развития.

ГР с гидравлическим центрированием (рис. 7) обладают лучшими параметрами мощности и надёжности, а также имеют лучшие эксплуатационные характеристики по сравнению с гидрораспределителями рассмотренных выше схем [3].

Нейтральное положение основного золотника данного распределителя обеспечивается подачей в управляющие полости 1 и 5 жидкости под давлением, поступающей от пилотного золотника

с электрическим управлением. При подаче сигнала управления на электромагнит b пилотного распределителя управляющая полость 5 основного золотника соединится с линией слива, в то время как управляющая полость 1 будет оставаться под давлением. Золотник 4 сместится вправо под действием давления рабочей жидкости на толкатель 2. После отключения электромагнита b золотник пилотного распределителя под действием центрирующих пружин возвратится в нейтральное положение, давление в полостях 1 и 5 основного золотника выровняются. Поскольку площадь торца золотника больше площади торца толкателя 2 золотник будет смещаться влево до упора в центрирующий поршень 3, находящийся под давлением.

Для перемещения золотника основного каскада влево необходимо подать сигнал управления на электромагнит a пилотного распределителя. В этом случае со сливом соединится полость 1 основного золотника, и он под действием давления в полости 5 на правый торец сместится влево.

Обсуждение результатов

Проведенные исследования показали, что электрогидравлические распределители, как и любая техническая система в процессе развития проходят несколько стадий. Вначале они обеспечивают минимально необходимые характеристики, позволяющие управлять гидравлическими агрегатами. В процессе развития техники к распределителям предъявляются все более высокие требования в отношении их характеристик, удобства эксплуатации и обслуживания. Они должны не только выполнять основную функцию распределителя, но и обладать дополнительными возможностями.

Выводы

Анализ изменений в конструкции электрогидравлических распределителей показал, что их развитие происходит в соответствии с принципами энергоэнтропии – от простых конструкций, соответствующих выполнению первого принципа энергоэнтропии, до более сложных, отвечающих второму и третьему принципу. Более совершенные конструкции ГР, обладающие лучшими характеристиками, удобством в управлении и эксплуатации соответствуют третьему принципу энергоэнтропии.

Список литературы

- 1 Чус, А. В. Основы технического творчества [Текст] : учеб. пос. / А. В. Чус, В. Н. Данченко. – Киев : Вища школа, 1983.
- 2 Свешников, В. К. Станочные гидроприводы [Текст]: справочник / В. К. Свешников. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2008. – ISBN 5-217-03231-6.

- 3 Наземцев, А. С. Пневматические и гидравлические приводы и системы [Текст] : учеб. пос. / А. С. Наземцев, Д. Е. Рыбальченко. – М. : Форум, 2007. – ISBN 978-5-91134-128-2.
- 4 Башта, Т. М. Объёмные насосы и гидравлические двигатели гидросистем [Текст]: учебник / Т. М. Башта. – М. : Машиностроение, 1974.
- 5 Алексеев, Г. Н. Энергоэнтропика [Текст] / Г. Н. Алексеев. – М. : Знание, 1983.
- 6 Альтшуллер, Г. С. Творчество как точная наука [Текст] / Г. С. Альтшуллер. – 2 изд., дополн. – Петрозаводск : Скандинавия, 2004.
- 2 Sveshnikov, V. K. (2008), *Stanochnye gidroprivody* [Machine-tool hydraulic drives], Mashinostroenie, Moscow, Russia, ISBN 5-217-03231-6
- 3 Nazemcev, A. S. and Rybal'chenko, D. E. (2007), *Pnevmaticheskie i gidravlicheskie privody i sistemy* [Pneumatic and hydraulic actuators and systems], Forum, Moscow, Russia, ISBN 978-5-91134-128-2.
- 4 Bashta, T. M. (1974), *Objomnye nasosy i gidravlicheskie dvigateli gidrosistem* [Volumetric pumps and hydraulic motors of hydraulic systems], Mashinostroenie, Moscow, Russia.
- 5 Alekseev, G. N. (1983), *Energoentropika* [Energy entropy], Znanie, Moscow, Russia.
- 6 Al'tshuller, G. S. (2004), *Tvorchestvo kak tochnaja nauka*, Skandinavija, Petrozavodsk, Russia.

Bibliography (transliterated)

- 1 Chus, A. V. and Danchenko, V. N. (1983), *Osnovy tehničeskogo tvorčestva* [Fundamentals of technical creativity], Vishha shkola, Kiev, Ukraine.

Сведения об авторах (About authors)

Семёнова Наталия Викторовна – аспирант кафедры прикладной гидроаэромеханики, Сумской государственной университет, г. Сумы, Украина; e-mail: nataliya.semenova.751@mail.ru.

Semenova Nataliya - PhD student, Department of Applied Hydroaeromechanics, Sumy State University, Sumy, Ukraine.

Ратушный Александр Валерьевич – кандидат технических наук, ассистент кафедры прикладной гидроаэромеханики, Сумской государственной университет, г. Сумы, Украина; e-mail: o.ratushniy@pgm.sumdu.edu.ua.

Ratushny Aleksandr – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Teaching Assistant of the Department of Applied Hydroaeromechanics, Sumy State University, Sumy, Ukraine.

Кулинич Сергей Павлович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной гидроаэромеханики, Сумской государственной университет; г. Сумы, Украина; e-mail: serhiy_kulinich@ukr.net.

Kulinich Sergey – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Associate Professor of the Department of Applied Hydroaeromechanics, Sumy State University, Sumy, Ukraine.

Пожалуйста ссылаетесь на эту статью следующим образом:

Семёнова, Н. В. Энергоэнтропийные принципы развития технической системы «гидрораспределитель» [Текст] / **Н. В. Семёнова, А. В. Ратушный, С. П. Кулинич** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 10(1182). – С. 158–162. – Бібліогр. : 6 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.24.

Please cite this article as:

Semenova, N., Ratushny, A. and Kulinich, S. (2016), "Energy Entropy Principles of the Development of the Technical System "Hydraulic Distribution Valve". *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, no. 10(1182), pp. 158–162, ISSN 2078-774X, doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.24.

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Семенова, Н. В. Енергоентропійні принципи розвитку технічної системи «гідралічний розподільник» [Текст] / **Н. В. Семенова, О. В. Ратушний, С. П. Кулініч** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 10(1182). – С. 158–162. – Бібліогр. : 6 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.24.

АНОТАЦІЯ В статті розглянуті основні закономірності розвитку технічної системи «гідралічний розподільник» на основі принципів енергоентропіки. Проведений аналіз тенденції розвитку гідралічних розподільників з електричним керуванням. Показані зміни в конструкції розподільників, обумовлені необхідністю забезпечення кращих експлуатаційних характеристик і обґрунтовано напрями подальшого їх удосконалення. Встановлено, що поліпшення технічних характеристик, розширення можливостей пов'язано з відповідністю їх конструкції другому і третьому принципам енергоентропіки.

Ключові слова: технічна система, розвиток, гідралічний розподільник, золотник, електромагніт.

Поступила (received) 18.01.2016