

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Аверин Г.В., Ктейшат Р.А.
Кафедра КСМ ДонНТУ
E-mail: averin@cs.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Averin G.V., Qteishat R.A. Development of the automated heat power systems of a new technological level. Technological operation schemes of new technological level automated heat power systems which are uniting operating principles of hydraulic refrigerating systems and hydraulic transport installations are offered

1. Постановка проблемы и ее связь с важными научными и практическими задачами

В настоящее время более 50 шахт Донецкого бассейна, в том числе около 30 шахт глубиной более 1000 м, эксплуатируются с нарушением температурных условий труда, а численность работающих в высокотемпературных забоях превышает 20 тыс. человек.

Для нормализации тепловых условий в выработках к концу 80-х годов на шахтах бассейна было введено в эксплуатацию 30 поверхностных установок охлаждения рудничного воздуха и более 250 передвижных кондиционеров, а установленная холодильная мощность достигла 150 МВт холода. В начале 90-х годов развитие кондиционирования рудничного воздуха на шахтах Донецкого бассейна приостановилось, а потенциал установленной холодильной техники стал резко сокращаться. Это было обусловлено тяжелым экономическим положением шахт и запрещением применения хладона R12. Последнее обстоятельство привело практически к полной остановке эксплуатируемой шахтной холодильной техники. По состоянию на январь 2002 г. угольная отрасль потеряла 95% холодильной техники, в том числе, основную часть по причине экологической безопасности, в связи с запретом по Монреальскому Протоколу производства и применения холодильного агента R12.

Для снижения энергетических затрат и выполнения требований экологической безопасности в развитых странах (Германия, ЮАР) в последнее время внедряются опытные холодильные установки, использующие альтернативные хладагенты из ряда фреонов.

В указанных системах основным техническим устройством является винтовой, поршневой или турбо-компрессор, который является достаточно сложным в изготовлении объектом техники.

Последнее время в мире в области преобразования энергии увеличилось количество разработок, ориентированных на использование гидравлической энергии [1-7], причем стали появляться общепромышленные системы нового технического уровня, например, гидравлические транспортные установки [6, 7]. Отличительной чертой данных технических систем является возрастание значимости микропроцессорной системы контроля и управления (МСКУ) для реализации принципа действия таких устройств.

Типичный пример устройства данного класса - трехкамерные трубчатые питатели, которые позволяют за счет гидравлического давления столба воды, подаваемой в шахту, осуществлять подъем воды на поверхность. Питатели нескольких модификаций выпускает фирма «Siemag Transplan GmbH» (Германия) [6, 7]:

- a) для гидротранспортирования пульпы;
- b) для систем кондиционирования воздуха с целью снижения давления хладоносителя во вторичной сети;
- c) для подачи в шахту льодоводяной смеси с целью охлаждения воздуха;
- d) для регенерации гидравлической энергии.

Обычно гидравлические питатели выполняются из трех параллельно подключенных трубчатых камер. Регулирование подачи тепло- и хладоносителя осуществляется клапанами, приводящимися в действие специальной системой.

Общий вид шахтных гидравлических питателей приведен на рис. 1. Способ работы гидравлического питателя для систем охлаждения шахтного воздуха иллюстрируется рисунком 2 [6, 7].

Питатель работает следующим образом. На первом этапе открыты вентили С и D (позиция 1, рис. 2) и камера заполняется теплым хладоносителем от подземных теплообменников температурой 24,5 °С. В камере создается низкое давление. Холодная вода вытесняется к воздухоохладителям.

На следующем этапе вентили закрываются, в камере давление поднимается до высокого давления равного 120 – 140 атм. После выравнивания давлений открываются вентили А и В (позиция 3, рис. 2), и порция теплой воды вытесняется из камер в став хладоносителя, расположенный в стволе. Вытеснение происходит холодной водой, подаваемой в шахту.

На следующем этапе все вентили закрываются, и давление в камерах падает до низкого. После выравнивания давлений (позиция 5, рис. 2) открываются вентили С и D, и порция холодной воды с температурой 3-5 °С сливается в подземную емкость хладоносителя. Вытеснение происходит за счет подачи теплой воды, поступающей от теплообменников. Далее цикл работы повторяется.

Обеспечение последовательности операций работы устройства осуществляется специальной системой управления, которая является практически самым сложным элементом устройства.

Данный вид техники достаточно перспективен и представляет собой оригинальную техническую систему обмена и преобразования энергии.

2. Целью работы является разработка автоматизированных шахтных холодильных систем с гидравлическим принципом действия нового технического уровня.

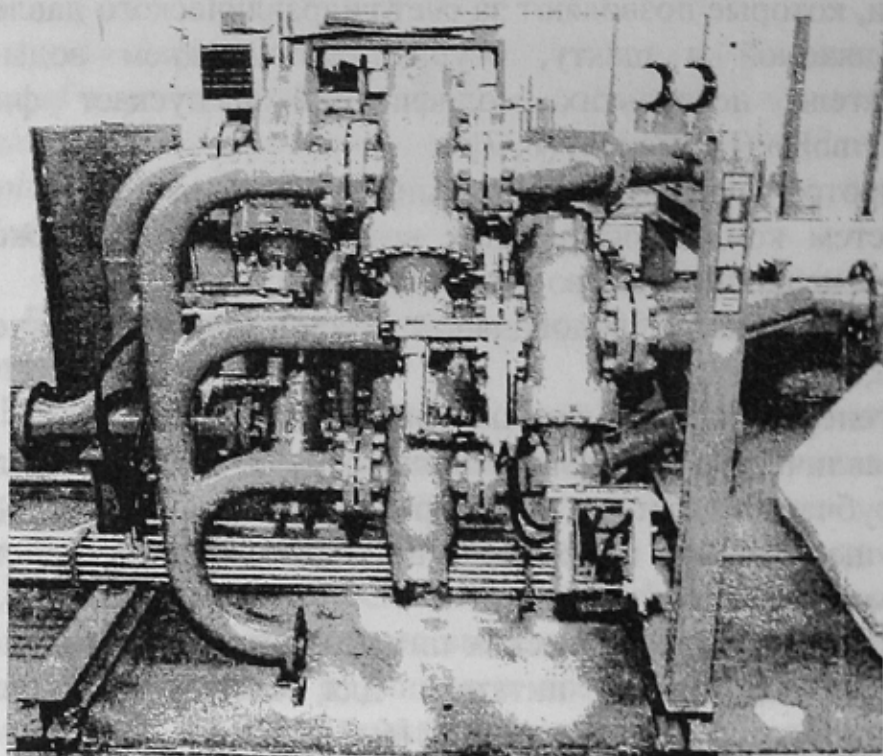


Рисунок 1 - Общий вид гидравлических трехтрубных питателей для систем охлаждения шахтного воздуха фирмы «Siemag Transplan GmbH».

3. Изложение основного материала исследования

Идея создания теплоэнергетических систем нового технического уровня состоит в объединении принципов работы гидравлических энергетических или холодильных машин [1-5] со способами работы гидравлических трубчатых питателей [6-8]. Система привода такой установки представляет собой специальную микропроцессорную систему контроля и управления, которая объединяет электромагнитные управляющие вентили, датчики давления, расхода, температуры, уровня (положение) и микропроцессор.

Такие теплоэнергетические и холодильные установки могут отличаться:

- простотой конструкции, обусловленной отсутствием компрессора

или турбины в обычном понимании, и выполнением термодинамических процессов в одном теплообменном аппарате, в котором периодически происходят основные операции работы;

- использованием для работы различных рабочих тел и экологически безопасных хладагентов, обладающих небольшим удельным объемом паров в рабочем интервале температур;
- возможностью обеспечения практически любой степени сжатия рабочих тел и хладагентов при высоких давлениях за счет гидравлической системы и преобразованием гидравлической энергии при большом давлении в гидротурбине с высоким коэффициентом полезного действия;
- высокой надежностью и низкой стоимостью;
- переносом основной стоимости технической системы с механической части на систему контроля и управления процессами работы.

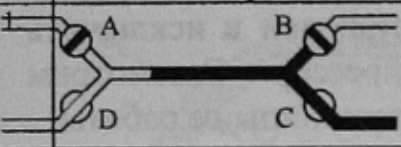
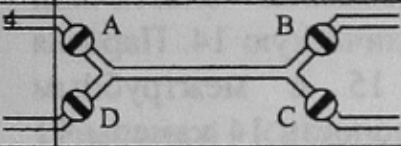
№	Последовательность операций	Операции	Положение вентилей
1		Заполнение камеры питателя горячей водой, вытеснение холодной воды к воздухоохладителям	A, B – закрыто; C, D – открыто. Поддерживается низкое давление P_0 .
2		Выравнивание давления	A, B, C, D – закрыто. Давление повышается до высокого P_H .
3		Заполнение камеры питателя холодной водой, вытеснение горячей воды на поверхность	A, B – открыто; C, D – закрыто. Поддерживается высокое давление P_H .
4		Выравнивание давления	A, B, C, D – закрыто. Давление понижается до низкого P_0 .
5		Заполнение камеры питателя горячей водой, вытеснение холодной воды к воздухоохладителям	A, B – закрыто; C, D – открыто. Поддерживается низкое давление P_0 .

Рисунок 2 - Схема работы гидравлического питателя для систем кондиционирования шахтного воздуха.

Рассмотрим принципы действия данного класса устройств на примере гидравлической холодильной установки [9, 10, 11].

Предлагаемая парокомпрессорная гидравлическая холодильная установка использует как компрессор гидравлическую систему с высоким напором воды (4.0 – 10.0 МПа). Данная установка представляет собой систему холодильных элементов, подключенных вентилями к трубопроводам конденсаторной воды и хладоносителя.

Способ получения холода в данной установке [9] предполагает, что

процессы сжатия паров хладагента, их конденсации, а также регенеративного теплообмена проводят в специальном теплообменном аппарате высокого давления за счет периодической подачи конденсаторной или холодной воды соответствующего давления.

В качестве хладагента используют углекислоту, этан, R23, R508, R116 или другое вещество с небольшим удельным объемом паров в рабочем интервале температур и высокой критической температурой. То есть рабочие термодинамические процессы осуществляются вблизи критической точки для данного вещества при высоких давлениях. Достаточно высокая термодинамическая эффективность обеспечивается возможностью осуществления изотермических процессов благодаря интенсивному теплообмену.

Отличительной особенностью предлагаемой установки является то, что все термодинамические процессы осуществляются в одном теплообменном аппарате, а работа установки обеспечивается, по аналогии с трубчатыми питателями, периодическим переключением вентилей, что позволяет повысить экономичность холодильной установки и исключить такой сложный технический элемент как компрессор. Рассмотрим устройство предложенной холодильной установки и принципы ее работы.

Холодильная машина (рис. 3) содержит холодильные элементы 1, многоходовые вентили 2, трехходовые вентили 3, емкость 4, насосы 5, градирню 6, трубопроводы 7 системы теплоносителя (конденсаторной воды), трубопроводы 8 системы хладоносителя (холодной воды). Холодильный элемент 1 (рис. 4) состоит из теплообменника 9, теплообменной поверхности, которая выполнена в виде оребренных трубок 10, парожидкостной камеры 11, разделенной эластичной мембраной 12 на две полости - паровую 13 и гидравлическую 14. Паровая полость 13 камеры 11 соединена каналами 15 с межтрубным пространством теплообменника 9. Гидравлическая полость 14 камеры 11 соединена каналами 16 с гидравлической системой, которая через трехходовые вентили 3 подключена к системе теплоносителя. Внутренняя полость теплообменника 9 имеет теплоизоляцию 17. Холодильная установка имеет несколько параллельно установленных холодильных элементов 1, подключенных через вентили 2 и 3 к трубопроводам 7 системы теплоносителя и трубопроводам 8 системы хладоносителя. В качестве тепло- и хладоносителя используется вода. Давление теплоносителя на уровне размещения холодильных элементов 1 поддерживается за счет столба жидкости равным или больше давления конденсации P_H хладагента. Холодильный элемент 1 посредством трубопровода соединяется с емкостью 4, которая устанавливается на высоте, обеспечивающей давление столба жидкости на уровне размещения холодильных элементов 1, равным или несколько меньше давления испарения P_0 хладагента.

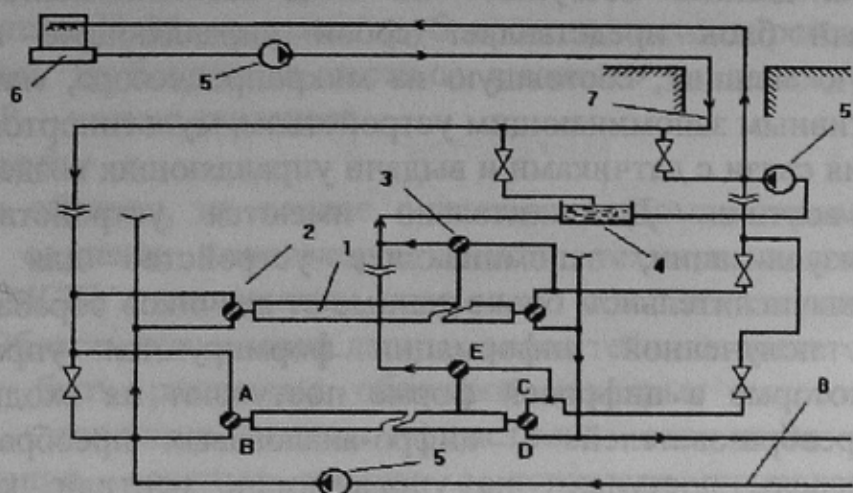


Рисунок 3 - Принципиальная схема гидравлической холодильной машины с парожидкостной камерой:

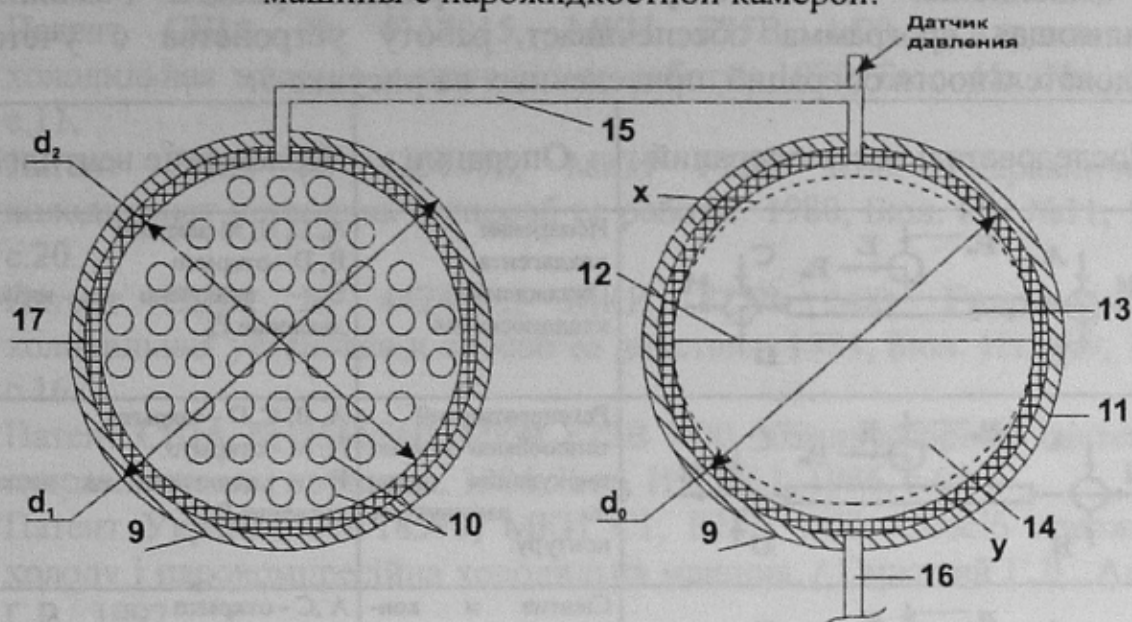


Рисунок 4 - Конструктивная схема холодильного элемента установки:
 1- холодильный элемент; 2- вентили; 3 - трехходовые вентили; 4 – емкость; 5 – насосы; 6 – градирня; 7 – трубопроводы конденсаторной воды; 8 - трубопроводы системы хладоносителя. 9 - теплообменник; 10 - теплообменная поверхность; 11 – парожидкостная камера; 12 – мембрана; 13 – паровая полость; 14 – гидравлическая полость; 15, 16 – соединительные каналы; 17 – изоляция.

Привод и управление холодильной установки осуществляет микропроцессорная система контроля и управления, которая состоит из датчиков температуры и давления, подключенных к вычислительному блоку через аналого-цифровые преобразователи. Датчики температуры устанавливаются на входах и выходах холодильных элементов, снимая показания температуры тепло- и хладоносителя. Аналоговая информация с датчиков давления и температуры поступает в аналого-цифровой преобразователь, где приводится к цифровому виду. С аналого-цифрового

преобразователя данные поступают на вход вычислительного блока. Вычислительный блок представляет собой управляющую цифровую вычислительную машину, состоящую из микропроцессора, материнской платы с оперативным запоминающим устройством, мультипортовой платы для обеспечения связи с датчиками и выдачи управляющих воздействий на управляемые вентили. Дополнительно имеются устройство ввода, устройство визуализации, запоминающее устройство для хранения программы. В вычислительном блоке данные от датчиков обрабатываются и на основе полученной информации формируются управляющие воздействия, которые в цифровой форме поступают на входы цифро-аналоговых преобразователей. С цифро-аналоговых преобразователей аналоговые сигналы поступают на управляющие вентили, которые в зависимости от сигнала переключаются в положения, которые необходимы для выполнения соответствующей операции работы машины. Управляющая программа обеспечивает работу устройства с учетом последовательности операций, приведенных на рисунке 5.

Номер	Последовательность операций	Операции	Положение вентилей
1.		Испарение хладагента. Охлаждение хладоносителя	A, C, N, M-закрыто B, D - открыто E - включено на низкое давление P_0 .
2.		Регенеративный теплообмен за счет циркуляции воды по замкнутому контуру.	A, B, C, D - закрыто N, M - открыто. E - включено на низкое давление P_0 .
3.		Сжатие и конденсация хладагента. Отвод тепла конденсаторной водой	A, C - открыто B, D, N, M-закрыто E - включено на высокое давление P_H .
4.		Регенеративный теплообмен за счет циркуляции воды по замкнутому контуру.	A, B, C, D - закрыто N, M - открыто. E - включено на высокое давление P_H .
5.		Испарение хладагента. Охлаждение хладоносителя	A, C, N, M-закрыто B, D - открыто E - включено на низкое давление P_0 .

Рисунок 5 - Схема работы шахтной гидравлической холодильной установки:

А, С – вентили трубопровода теплоносителя; В, D – вентили трубопровода хладоносителя; N, M – вентили трубопровода системы регенерации тепла; E – вентиль трубопровода системы высокого давления; P_n – высокое давление; P_0 – низкое давление.

Выводы

Таким образом, на основе описанных автоматизированных систем возможно создание теплоэнергетической техники нового уровня, в которых МСКУ становится основным технологическим элементом системы. Область применения данных видов техники достаточно широка – это могут быть различные общепромышленные теплоэнергетические установки, тепловые насосы, системы отопления и горячего водоснабжения, водяные насосы с тепловым приводом, установки утилизации низкопотенциального тепла и т.д.

Литература

1. Патент США № 4157015, МКИ F25B 1/00. Гидравлическая холодильная машина и принцип ее работы. 1979, Бюл. Из. №1, 1980, с.11.
2. Патент США № 4251998, МКИ F25B 1/00. Гидравлическая холодильная установка и способ ее работы. 1980, Бюл. Из. №11, 1981, с.20.
3. Патент США № 4424681, МКИ F25B 1/00. Гидравлическая холодильная установка и способ ее действия. 1984, Бюл. Из. №9, 1984, с.16.
4. Патент США № 4566860, МКИ F25B 1/00. Компрессорные системы с гидравлическим поршнем. 1986, Бюл. Из. №11, 1986, с.68.
5. Патент Украины № 18579, МКИ C1, F25B 1/00. Спосіб одержання холоду і парокompресійна холодильна машина. / Гаркавий Г.Д., Аверін Г.В., 1997.
6. Kinne Ch., Geller F., Loser W. Alternative Methoden des Kältetransportes im Steinkohlenbergbau bei Ubertägig angeordneten Kältemaschinen. // Bergbau, №12, 1990, p.537 – 542.
7. Siemens Transplan GmbH: Dreikammer-Rohrverfuehrer als Warmemengentauscher fuer Zentralen Wetterkuhlanlage. // Technical Information, Ausgabe, №350.008, Juli, 1988.
8. Патент ФРГ №3221531, МКИ E21 F3/00. Аппарат для обмена давлением и расходом. – 1982. Бюл. Из. №12. 1984, – с.30.
9. “Спосіб одержання холоду” / Аверін Г.В., Ктейшат Р.А., Яковенко А.К., Кл. F 25 B 1/06, заявка №20040907918, 29.09.04, Україна.
10. “Спосіб опріснення солоних вод” / Аверін Г.В., Ктейшат Р.А., Кл. C 02 F1/22, заявка №20041970291, 20.11.04, Україна.
11. “Установка охолодження рудникового повітря й опріснення шахтних вод” / Аверін Г.В., Ктейшат Р.А., Кл. E21F 3/00, F25D 17/02, Україна.