

2. Simulation of temperature control indicates that temperature variation does not exceed the value of 89 ° C to 91 ° C.

## REFERENCES

1. Bogdanov E. S., Kozlov V. A., Pejch N. N. Spravochny`k po sushke drevesy`nu. – M. : Lesn. Prom-st`, 1981. – 191 s.
2. Krechetov Y`. V. Sushka y` zashhy`ta drevesy`nu. – M. : Lesn. Prom-st`, 1987. – 372 s.
3. D`yakonov K. F., Gukalov A. M. Posoby`e po sushke py`lomateriy`alov. – M. : Lesnaya promyshlennost`, 1975. – 131 s.
4. Gostev V. Y`. Sy`stemy upravleny`ya s cy`frovymy` regulyatoramy` / Spravochny`k. – K. : Tekhny`ka, 1990. – 280 s
5. D`yakonov V. Simulink 4 / Speцы`al`nyj spravochny`k. – SPb, Py`ter. – 2002. – 528 s.

УДК 622.4:532.595.2

### МЕТОДИКА РАБОТЫ УСТРОЙСТВА, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕГО БЕЗ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УДАРОВ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

*Ф. А. Корсун, к. т. н.*

**Ключевые слова:** гидрораспределитель (ГР); гидравлический удар (ГУ); холодная машина (ХМ); воздухоохладитель; теплоизолирующие диафрагмы; отеплённый хладоноситель; охлаждённый хладоноситель; трубопроводы высокого давления; трубопроводы низкого давления

**Проблема.** При замене теплообменника высокого давления на гидрораспределитель возникает вопрос управления гидрораспределителем. В статье предлагается методика работы гидрораспределителя, которая предлагается для работы в системе кондиционирования рудничного воздуха.

**Анализ публикаций.** Сотрудники Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры имеют более 20 авторских свидетельств и патентов Украины на гидрораспределители. Но в этой статье предлагается более усовершенствованный гидрораспределитель, который будет работать без гидравлических ударов в нормальном режиме.

**Цель.** В статье предлагается методика работы устройства (гидрораспределителя) работающего без гидравлических ударов в системах кондиционирования.

**Основной материал.** Исследования гидроудара на электрическом столе показали, что гидравлическими ударами, возникающими при переключении потоков жидкости в гидрораспределителе можно технически управлять. Для этого нужно подобрать гидрораспределитель, который позволил бы осуществить медленное закрытие задвижек, при котором бы гидроудары не возникали или величина их была бы незначительной.

Резиновые [2] мембраны следует заменить подвижными теплоизолирующими диафрагмами, герметичные емкости достаточно длинными трубопроводами и количество труб нужно увеличить (до шести).

Графики работы этого устройства приведены ниже.

Повышение давления при гидроударе зависит от характера изменения сопротивления задвижки и эффективным средством смягчения действия гидроудара зависит от подбора такого времени закрытия задвижки, при котором давление не превысит допустимого.

Повышение давления при гидравлическом ударе зависит от характера изменения сопротивления задвижки. Следовательно, эффективным средством смягчения действия гидравлического удара является подбор такого закона закрытия задвижки, при котором давление не превысит допустимого.

Повышение давления будет тем меньше, чем меньше потерянная скорость в трубопроводе. Чем медленнее закрывается задвижка, т.е. чем фаза удара  $T$  меньше времени полного закрытия задвижки  $t_3$  тем меньше, согласно  $\Delta\alpha/D = T/t_3$ ; будет изменение степени открытия задвижки  $\Delta\alpha/D$  в течение каждой фазы.

При этом меньше будет изменяться и коэффициент сопротивления задвижки  $\zeta$ , и, в соответствии с выражением

$$\text{---} \quad (1)$$

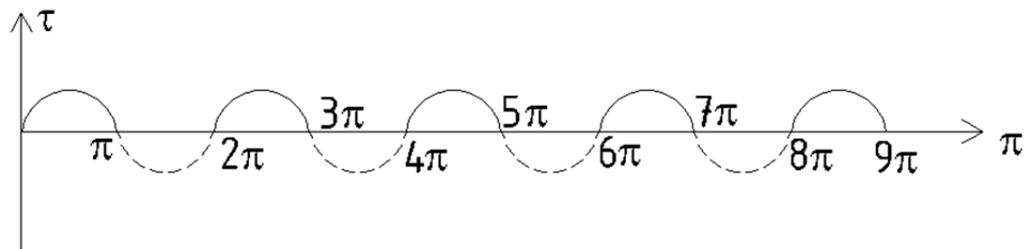
скорость при данной степени открытия  $\alpha$ . Согласно уравнению

$\Delta P = \rho g v^2 \zeta$ , это приводит к меньшему повышению давления  $\Delta P$  в конце каждой фазы удара. Поэтому одной из существенных мер по предотвращению вредного влияния гидравлического удара является медленное закрытие задвижек, что обеспечивается их конструкцией, правилами эксплуатации, автоматическим закрытием в течение заданного времени.

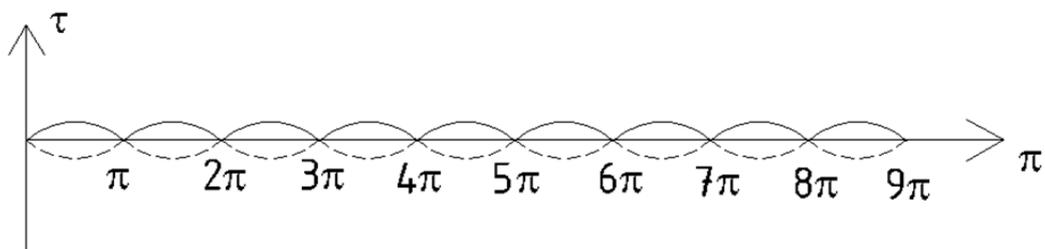
На рисунке 1,а показана периодическая подача, которая осуществляется в пределах от 0 до  $\pi$ ;  $\pi-2\pi$ ;  $2\pi-3\pi$ ;  $3\pi-4\pi$ ;  $4\pi-5\pi$  то есть в моменты, когда полуволны имеют положительный знак. Здесь графически показана работа гидрораспределителя с двумя длинными герметичными емкостями, из которых одна емкость подает хладоноситель от ХМ на воздухоохладитель, а вторая от воздухоохладителя на ХМ. Такая работа ГР будет порциальная с перерывами подачи хладоносителя на обрабатываемый горизонт. При такой работе система будет работать не эффективно.

Для уменьшения перерывов работы герметичных емкостей было добавлено еще по одной емкости, которые теперь работали по две в каждом направлении. По графику рисунок 1,б видно, что будут небольшие остановки в конечных точках, то есть  $(\pi, 2\pi, 3\pi, 4\pi, 5\pi)$  кратным  $\pi$ .

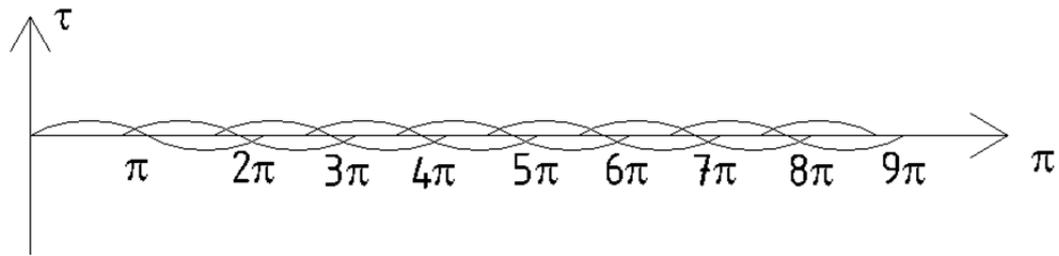
Для того, чтобы система работала без остановок при подаче хладоносителя предлагается принять минимальное количество емкостей 6, три из которых будут работать на подачу хладоносителя на обрабатываемый горизонт, а три возвращать отепленный хладоноситель на ХМ (рис. 1, в). В [1] при коэффициенте местного сопротивления задвижки  $\zeta = 0,46$ , полное закрытие задвижки осуществляется за 15 с. При скорости движения воды равной 1м/с, потери напора в задвижке по расчетам составят 0,025 м. Термоизолирующая мембрана проходит расстояние, равное длине герметичной емкости, в одну сторону за одну минуту. Открытие задвижки будет 15 секунд, закрытие – 15 секунд и работа на полностью открытую задвижку 30 секунд – период будет одна минута.



а



б



6

Рис. 1. Сопряжение работы герметичных емкостей при распределении жидкости  
Учитывая все это и предлагается схема гидрораспределителя, приведенная на рисунке 2.

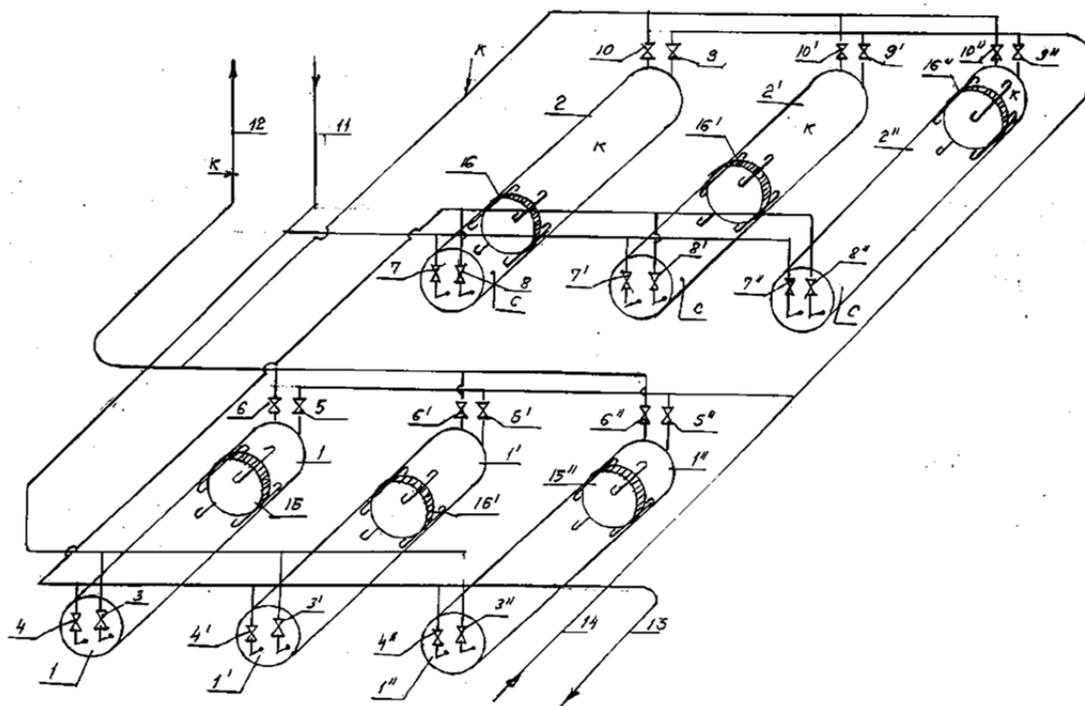


Рис. 2. Гидрораспределитель в виде герметичных емкостей с подвижными теплоизолирующими диафрагмами

Этот гидрораспределитель позволяет увеличить надежность работы системы и уменьшить затраты энергии.

На рисунке 2 показан гидрораспределитель, который состоит из длинных герметичных емкостей 1, 1', 1'', 2, 2', 2''. Внутри ГЕ находятся теплоизолирующие диафрагмы на лыжинах 15, 15', 15'', 16, 16', 16'', которые перемещают хладоноситель, в одну – охлажденный, а в другую сторону – отепленный. ГР имеет задвижки с электрическим приводом 3, 3', 3''-10, 10', 10'', которые открываются или закрываются при помощи пульта управления.

Система имеет подающие трубопроводы высокого давления 11, 12, а также подающие трубопроводы низкого давления 13 и 14.

**На первом этапе.** В ГР по подающему трубопроводу высокого давления 11 подается охлажденный хладоноситель в герметичные емкости 1 и 2 при этом медленно начинают открываться задвижки 3, 7 и 6, 10, охлажденный хладоноситель поступает в ГЕ, перемещая теплоизолирующие диафрагмы 15 и 16 и тем самым вытесняя отепленный хладоноситель в обратный трубопровод высокого давления 12 на охлаждение в ХМ. Через определенное время медленно начинают открываться задвижки 3', 7' и 6', 10' и новая порция охлажденного хладоносителя из подающего трубопровода высокого давления 11 подает в следующую пару ГЕ 1', 2' охлажденный хладоноситель и перемещая теплоизолирующие диафрагмы 15' и 16', вытесняют отепленный хладоноситель через задвижки 6'' и 10'' в обратный трубопровод высокого давления 12 на охлаждение в ХМ. Срабатывает система и третья пара ГЕ вступает в

работу; открываются задвижки 3", 7" и 6", 8" и с подающего трубопровода высокого давления 11 охлажденный хладоноситель заполняет ГЕ 1", 2" и при этом теплоизолирующими диафрагмами 15" и 16" вытесняет отепленный хладоноситель через задвижки 6" и 10" в обратный трубопровод высокого давления 12 на охлаждение в ХМ. Таким образом время открытия задвижек составляет – 15 секунд, рабочий ход теплоизолирующей диафрагмы при полностью открытых задвижках – 30 секунд и закрытие задвижек – 15 секунд.

**Второй этап.** В начале второго этапа все теплоизолирующие диафрагмы 15, 15', 15", 16, 16', 16" находятся в правом крайнем положении герметичных емкостей, а ГЕ заполнены охлажденным хладоносителем. По обратному трубопроводу низкого давления 14 отепленный хладоноситель подается в ГЕ 1,2 через открывающиеся задвижки 5,7 и при помощи диафрагм 15,16 выжимает охлажденный хладоноситель через открывающиеся задвижки 4, 8 и по подающему трубопроводу низкого давления 13 подается хладоноситель в воздухоохладители. Через определенное время начинают открываться задвижки 5', 9' и 4', 8' и при помощи теплоизолирующих диафрагм 15', 16' через задвижки 4',8' выжимается охлажденный хладоноситель по подающему трубопроводу низкого давления 13 в воздухоохладители.

Срабатывают контакты на пульте управления, подается сигнал на открытие задвижек и открываются задвижки 5", 9" и 4", 8" следующей пары ГЕ и отепленный хладоноситель из обратного трубопровода низкого давления 14, через открывающиеся задвижки 5" и 9" при помощи теплоизолирующих диафрагм 15", 16" вытесняют охлажденный хладоноситель через открывающиеся задвижки 4", 8" в подающий трубопровод низкого давления 13 на воздухоохладители. Диафрагмы движутся в левое положение, не дойдя до конца, начинают поочередно закрываться задвижки, ГЕ заполнены отепленным хладоносителем и на этом второй этап заканчивается.

Число переключений задвижек составляет один-два раза в минуту.

Технический эффект заключается в том, что гидравлические удары устраняются, система СКРВ становится проще и надежнее.

Потребительский эффект – сметная стоимость системы уменьшается вследствие ее упрощения, диаметры аппаратов и трубопроводов уменьшаются, что также приводит к уменьшению сметной стоимости устройства.

**Методика расчета надежности работы усовершенствованной системы кондиционирования рудничного воздуха при передаче хладоносителя.** Надежность комбинации элементов, которой является данная система, определяется в зависимости от надежности ее элементов с учетом их влияния на функционирование системы. Надежность системы зависит от числа элементов, их роли и типа взаимного соединения.

Система СКРВ состоит из основных элементов, отказ любого элемента вызывает отказ системы. Каждая из элементов такой системы находится или в работоспособном состоянии или в состоянии отказа. Состояние отдельных элементов рассматриваем независимыми от других элементов.

Данная система находится в состоянии "с последовательны подключением", поэтому вероятность одновременного пребывания всех участков системы в работоспособном состоянии равна произведению вероятностей исправного состояния всех элементов. Рассматриваемая комбинация элементов может быть отнесена к системе последовательного соединения и характеризуется наличием единственного пути от начальной до конечной точки системы.

Таким образом, имеется замкнутая система, где хладоноситель проходит единственным путем от ХМ до воздухоохладителя.

Одним из показателей надежности элементов и системы

- вероятность безотказной работы за определенный период.

Если  $\lambda t \leq 1$ , то система является высоконадежной. При малых значениях  $\lambda t$  выражение вероятности безотказной работы может быть разложено в ряд.

(2)

При значениях  $\lambda t \ll 1$  можно ограничиться первыми двумя членами, то есть,

(3)

Выражая  $P(t)$  через интенсивность отказов, будем иметь

где  $\lambda_c$  – интенсивность отказов системы.

При анализе статических данных об отказах отдельных элементов, составляющих систему, можно установить, что  $\lambda$ , лежит в определенных пределах, колеблясь от  $\lambda_{\min}$  до  $\lambda_{\max}$ .

Обозначим вероятность работоспособного состояния всех элементов  $P(t)$  за время  $t$  через  $P$  и вероятность отказа системы через  $D$ , тогда:

$$F = \prod_{i=1}^n \lambda = \prod_{i=1}^n (1 - \lambda_i) \text{ и } D = 1 - F = 1 - \prod_{i=1}^n \lambda_i = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \lambda_i) \quad (5)$$

При однотипных элементах  $F = \lambda_i$  и  $D = 1 - \lambda_i$

**Выводы.** 1. При применении предлагаемого гидрораспределителя в системе распределения хладоносителя системы кондиционирования рудничного воздуха шахт, экономия теплоты будет составлять примерно 30 – 40 %.

2. При использовании предлагаемого гидрораспределителя в системах кондиционирования рудничного воздуха шахт, технический эффект заключается в том, что гидравлические удары устраняются, система кондиционирования устраняются, система кондиционирования рудничного воздуха становится проще и надёжнее.

3. При выборе гидрораспределителя, его устройство и конструкцию, был произведён расчёт на надёжность его работы, выполнены графики сопряжения функционирования емкостей при распределении жидкости (см. рис. 1) и было принято использование шести емкостей. Три из которых принимают хладоноситель с поверхности шахты от холодильной машины, а три подают его на охлаждение воздуха в забои на воздухоохладители. Система будет работать без гидравлических ударов.

4. При замене теплообменника высокого давления на гидрораспределитель общая экономия электроэнергии по приведённым затратам свыше полутора миллиона гривен в год по одной шахте с применением одной холодильной машины.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко В. Г. Основы механики жидкости. – Л. : Судостроение, 1988. – 240 с.
2. А. с. 642486 СССР, МКИ E21 F 3/00 Понижитель давления / В. Ф. Рожко, А. П. Власов, Г. В. Дуганов и др. / Опубл. 15.01.70. Бюл. № 2.
3. Пат. 23867 А Україна, МПК E21 F 3/00. Гідророзподільник / В. Ф. Рожко, І. С. Ігнашкін, Л. О. Харук, Ф. О. Корсун Придніпровська державна академія будівництва та архітектури. – №3769-ХІІ; заявл. 23.12.1993; опубл. 31.08.98. Бюл. № 4.

## SUMMARY

**Problem.** In case high pressure heat exchanger is replaced by hydrodistributor the question of its running arises. The article proposes the method of hydrodistributor running proposed for utilization in the mine air conditioning system.

**Literature review.** Research workers of the Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture possess more than 20 author's patents issued by the state of Ukraine for hydrodistributors. However, this article proposes a more updated hydrodistributor functioning without hydraulic impacts in normal conditions.

**Aim.** The article proposes the method of a device (hydrodistributor) operating without hydraulic impacts in air conditioning systems.

The investigation of hydraulic impact using electric model showed that hydraulic impacts that occur as a result of switching fluid currents in hydrodistributor can be technically controlled. In order to perform such control it is necessary to select hydraulic distributor that would allow to perform slow valve lock which would result in weak hydraulic impacts or would prevent them from occurrence.

Rubber [2] membranes should be replaced with movable insulating diaphragm whereas sealed tanks should be replaced with rather long pipelines with the amount of pipes increased up to six.

Operating schedule of this device is given in Picture 1. Pressure increase during hydraulic impact depends on the type of valve resistance fluctuation and is an effective tool used to soften hydraulic impact that depends on the selection of such valve closure time where the pressure does not exceed the acceptable level. The less the speed loss in the pipeline is, the smaller the pressure increase will be. The lower the speed of valve closure is, in other words, the shorter impact T phase is comparing to the time of full closure of the valve  $t_3$ , the less the change in the valve closure degree would be according to  $\Delta \alpha / D = T / t_3$  during each  $\Delta \alpha / D$  phase. To ensure ongoing operation of the system during cold

bearer supply it is proposed to accept a minimum amount of 6 tanks, three of which will function as a cold bearer supplier supplied to the processed horizon and the other three will return defrosted cold bearer to refrigerating machine (Picture 1b). In [1] with the coefficient of local valve resistance  $\xi = 0,46$  full closure of the valve is performed within 15 sec. With water velocity that equals to 1 meter per second head loss in the valve are calculated to be 0,025 m. Insulating membrane covers the distance equal to the length of sealed tank one way per minute. Opening of the valve is performed within 15 seconds, closure will be performed within 15 seconds and the work for the fully closed valve will be performed within 30 seconds – the period will be 1 minute.

Reliability of the elements combination that the present system represents is determined depending on the reliability of each its element taking into consideration their effect on the system operation. Reliability of the system depends on its elements, their role and the type of reciprocal junction.

**Conclusion.** 1. The economy of heat during the application of the proposed hydraulic distributor in the system of cold bearer of mine air conditioning system distribution will make approximately 30 – 40 %.

2. With the application of proposed hydraulic distributor in the mine air conditioning system the technical effect lies in the fact that hydraulic impacts are eliminated, mine air conditioning system becomes simplified and more reliable.

3. In the process of choosing hydraulic distributor, its design and structure, the calculation of its performance reliability, graph illustrating conjugation of tanks functioning during liquid distribution (see Pic.1) was performed as well as utilization of total six tanks was decided. Three of them will accept cold bearer from the refrigerator situated at mine's surface and the other three supply it to cooling in the bottomhole directly to air-cooling units. The system will function without hydraulic impacts.

4. In case high pressure heat exchanger is replaced by hydraulic distributor, total electricity economy according to the given costs will be more than UAH 1,5 million per year for one mine with the utilization of one air-cooling unit.

## REFERENCES

1. **Pavlenko V. G.** Osnovy mehaniki zhidkosti. – L. : Sudostroenie, 1988. – 240 s.
2. **A. s. 642486 SSSR, MKI E21 F 3/00** Ponizitel' davleniya/ Rozhko V. F., Vlasov A. P., Duganov G.V. i dr./ Opubl. 15.01.70. Byul. № 2.
3. **Pat. 23867 A Ukraina, MPK E21 F 3/00.** Gidrorozpodil'nik/ V. F. Rozhko, I. S. Ignashkin, L. O. Haruk, F. O. Korsun Pridniprovs'ka derzhavna akademiya budivnictva ta arhitekturi. – №3769-XII; zayavl. 23.12.1993; opubl. 31.08.98. Byul. №4.

УДК 65.012.8.628

## МОДЕЛЬ РАСЧЁТА ЭКВИВАЛЕНТНОГО УРОВНЯ ЗВУКА ОТ ДВИЖУЩЕГОСЯ ПОТОКА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

*Ю. И. Захаров, к.т.н., проф., Е. С. Карнаух, асп.*

**Ключевые слова:** транспортный поток, методика определения шумовой характеристики, эквивалентный уровень звука, расчётная модель.

**Постановка проблемы.** Современные шумозащитные мероприятия устраивают, принимая во внимание характеристики потока транспорта, производимого около 45 лет назад. Данный вопрос требует внимания, т. к. дорожно-транспортная сеть претерпела значительные изменения за этот промежуток времени: наблюдается рост интенсивности потока на фоне снижения скорости на урбанизированных территориях; геометрические и качественные параметры улично-дорожной сети отличаются от старых; парк автомобилей, пройдя через годы модернизации, также приобрёл иные качественные характеристики. В частности, шумовые показатели единичного транспортного средства снизились, а общее количество единиц транспорта возросло. Таким образом, использование старой методики для расчёта эквивалентного уровня звука не является целесообразным. Стоит вопрос о модернизации