

УДК 697.4:681.12.08

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ МЕТКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАСХОДОВ В ВОДЯНОЙ СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ

ЧЕРНОЙВАН А. А.^{1*}, ассистент,
ИРОДОВ В. Ф.², д.т.н, проф.

^{1*} Кафедра системного анализа и моделирования в теплогазоснабжение, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 756-33-49, e-mail: chernovan@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-0406-0601

² Кафедра системного анализа и моделирования в теплогазоснабжение, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 756-34-06, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862

Аннотация. *Цель.* Для контроля гидравлического режима водяной системы отопления целесообразно использовать прямые методы оценки расходов воды в трубопроводах системы отопления. Желательно, чтобы при этом использовалось минимальное количество врезных приборов, а в основном – накладные приборы и датчики. Одним из методов измерения расходов жидкости или газа является меточный метод, а из возможных меток в системе отопления приемлемо использовать тепловую метку. Цель работы – экспериментально подтвердить возможность использования тепловой метки для оценки расходов воды в трубопроводной водяной системе отопления. *Методика.* Разработана экспериментальная установка для возможности обнаружения тепловой метки, переносимой потоком воды, который движется внутри стальной трубы. Характерные размеры трубы – диаметр, толщина стенки трубы и длина элементарного участка трубы – типичны для аналогичных размеров системы отопления. Обнаружение тепловой метки фиксировалось установленными снаружи труб тепловыми датчиками. *Результаты.* Фиксация сигналов тепловых датчиков, установленных снаружи труб, по мере продвижения тепловых меток, созданных в потоке воды внутри труб, показала, что при скоростях движения воды типичных для водяных систем отопления использовать тепловые метки вполне приемлемо для оценки расходов воды внутри труб. *Научная новизна.* Показано, что оценка расходов по участкам водяной системы отопления с помощью тепловых меток может использоваться для уточнения параметров гидравлических режимов систем отопления в процессе эксплуатации. *Практическая значимость.* Использование тепловых меток в водяных системах отопления позволит значительно повысить точность идентификации параметров тепловой сети в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: тепловая метка, водяная система отопления, расход воды, экспериментальная оценка, гидравлические сопротивления, управление проектами

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ МІТКИ ДЛЯ ОЦІНКИ ВИТРАТ У ВОДЯНІЙ СИСТЕМІ ОПАЛЕННЯ

ЧОРНОЙВАН А. А.^{1*}, асистент,
ИРОДОВ В. Ф.², д.т.н, проф.

^{1*} Кафедра системного аналізу та моделювання у теплогазопостачанні, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-49, e-mail: chernovan@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-0406-0601

² Кафедра системного аналізу та моделювання у теплогазопостачанні, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-06, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862

Анотація. *Мета.* Для контролю гідралічного режиму водяної системи опалення доцільно використовувати прямі методи оцінки витрат води в трубопроводах системи опалення. Бажаємо, щоб при цьому використовувалося мінімальну кількість врезаних приладів, а в основному - накладні прилади і датчики. Одним з методів вимірювання витрат рідини або газу є меточний метод, а з можливих міток в системі опалення прийнятно використовувати теплову мітку. Мета роботи - експериментально підтвердити можливість використання теплової мітки для оцінки витрат води в трубопроводній водяній системі опалення. *Методика.* Розроблено експериментальну установку для можливості виявлення теплової мітки, яку переносить потоком води, який рухається всередині сталеві труби. Характерні розміри труби - діаметр, товщина стінки труби і довжина елементарної ділянки труби - типові для аналогічних розмірів системи опалення. Виявлення теплової мітки фіксувалося встановленими зовні труб тепловими датчиками. *Результати.* Фіксація сигналів теплових датчиків, встановлених зовні труб, у міру просування теплових міток, створених в потоці води всередині труб, показала, що при швидкостях руху води типових для водяних систем опалення використовувати теплові мітки цілком прийнятно для оцінки витрат води всередині труб. *Наукова новизна.* Показано, що оцінка витрат по ділянках водяної системи опалення за допомогою теплових команд можуть використовуватися для уточнення параметрів гідралічних режимів систем опалення в

процесі експлуатації. **Практична значимість.** Використання теплових міток в водяних системах опалення дозволить значно підвищити точність ідентифікації параметрів теплової мережі в процесі експлуатації.

Ключові слова: теплова мітка, система нагрівання води, експериментальна оцінка, гідравлічні опори, управління проектами

THE POSSIBILITY OF USING THERMAL MARK FOR ESTIMATION FLOW METERS IN WATER HEATING SYSTEM

CHERNOIVAN A. A.^{1*}, *assistant prof.*,
IRODOV V. F.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

^{1*} Department of System Analysis and Modeling in Heat and Gas Supply, State Higher Education Establishment “Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, phon. +38 (056) 756-33-49, e-mail: chernoivan@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-0406-0601

² Department of System Analysis and Modeling in Heat and Gas Supply, State Higher Education Establishment “Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, phon. +38 (056) 756-34-06, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862

Abstract. Purpose. To determine hydraulic parameters of water heating systems during operation the identification of hydraulic circuit is applied. The mathematical model of the hydraulic circuit is the model with concentrated parameters. The parameters of the hydraulic circuit are: flow rates at circuit jets, flow rates at circuit edges of the graph, pressure at circuit jets and difference pressure at circuit edges, hydraulic resistances of circuit edges. Identification of the hydraulic circuit is performed by the method of “mathematical flowmeter”. One of the methods for measuring liquid or gas flows is a mark method, and of the possible marks in the heating system is acceptable to use thermal mark. The purpose of the work is to confirm experimentally the possibility of using thermal marks to assess water flow in the pipe water heating system. **Methodology.** There are measuring of some parameters of the circuit and comparison of calculated and experimental data. Experimental flow rates are determined by the mark method. Thermal mark is proposed for velocity marking at water heating systems. An experimental installation was developed for detection capabilities of thermal marks. The typical dimensions of the tube - diameter, wall thickness and length of the elementary pipe section – are typical for similar sized heating systems. Detection of thermal mark was fixed mounted thermal sensors on the outside of pipes. **Findings.** Fixing signals thermal sensors, which are mounted on the outside of pipes and fix the water flows inside the tubes showed that the speeds typical of water for water heating systems use thermal mark is perfectly acceptable for the estimation of water flow. **Originality.** It is shown that the estimation of water flows for water heating systems by using thermal marks can be used to refine the parameters of hydraulic modes of heating systems in operation. **Practical value.** Using thermal marks in the water heating system will significantly improve the accuracy of identification of the heating network parameters during operation. Identification of hydraulic resistances of water heating systems during exploitation is proposed as a stage of project management.

Keywords: thermal mark, water heating system, flow meter, experimental estimation, hydraulic resistances, project management

Введение

Известен метод «математического расходомера» [5-7] для идентификации расходов в гидравлических цепях [6, 1] с сосредоточенными параметрами. Этот метод получил развитие [2, 3] при идентификации параметров трубопроводных сетей. Для повышения точности идентификации расходов целесообразно дополнительно прямо измерять часть расходов по участкам трубопроводной системы. Для прямого измерения расходов в водяной системе отопления в процессе эксплуатации привлекательно использовать меточный метод измерения расходов [4].

Цель

Цель данной работы – экспериментально подтвердить возможность использования меточного метода с тепловыми метками для оценки расходов воды по участкам трубопроводной системы,

используя простой способ создания тепловых меток и только накладные снаружи труб датчики.

Методика

В схеме эксперимента для создания потока теплоносителя используется сетевой насос (1). За ним по ходу установлен счетчик водомер (2). В начале испытуемого участка размещен первый датчик №1, который погружен непосредственно в воду. Сигнал с этого датчика служит началом отсчета всех временных задержек. На расстоянии 5,25 метра к наружной поверхности трубопровода прикреплен датчик №2. В конце участка размещен датчик №3. Расстояние между датчиками №2 и №3 5,3 метра.

Из сосудов с, заранее подготовленной, горячей и холодной водой через двухходовой кран выбранный теплоноситель попадает в гидравлическую схему. Вентиль на выходе насоса служит для регулировки расхода воды во время эксперимента.

Сигналы с термодатчиков поступают в схему регистрации. В качестве датчиков были использованы полупроводниковые термические сопротивления. Замеры фиксировались через каждые 2 секунды. Отсчет времени начинался с момента подачи воды. Вентиль, определяющий расход теплоносителя устанавливается в паузах между замерами; тогда же измеряется время за которое проходит 3 литра воды.

Эксперимент с горячей водой проводился аналогично, как и с холодной. Замеры прекращались, когда отчетливо фиксировались изменения сигнала датчика №3.

В качестве испытуемого участка были использованы трубы 1/2 дюйма с 15-и летним сроком эксплуатации, этим имитируется реальная ситуация жилого дома.

Гидравлическая схема эксперимента приведена на рисунке 1.

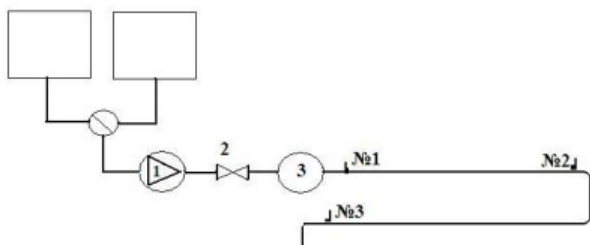


Рис.1. Гидравлическая схема эксперимента / Hydraulic scheme of the experiment

Результат проведенных испытаний с подачей горячей воды приведен на осциллограмме (рис. 2).

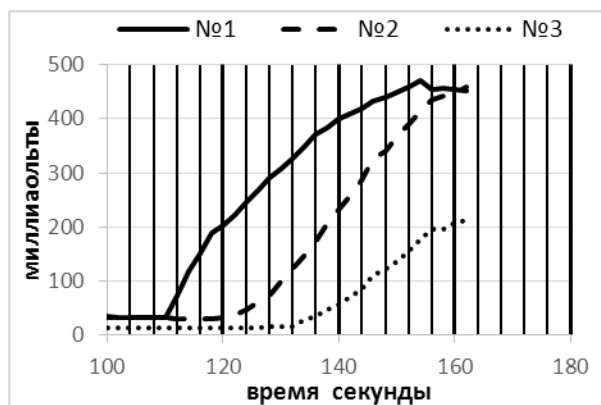


Рис.2 Результат проведенных испытаний с подачей горячей воды / The result of the tests with hot water supply

То же с подачей холодной воды приведено на следующей осциллограмме (рис. 3).

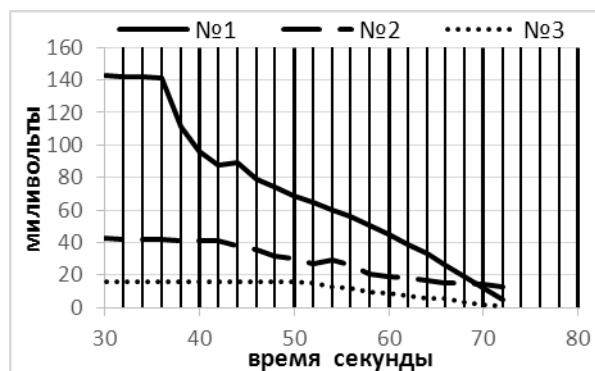


Рис.3 Результат проведенных испытаний с подачей холодной воды / The result of the tests with cold water supply

Скорость потока теплоносителя в трубопроводе определяется задержкой начала изменений сигналов термодатчиков. Следует учитывать при этом, что датчик погруженный в воду начинает реагировать мгновенно, а датчики №2 и №3, размещенные на внешней поверхности трубы начинают реагировать с запаздыванием около 3 секунд. Это обычная задержка фронта температуры через металлическую стенку трубы изнутри укрытую слоем ржавчины. При определении задержки сигналов датчиков №2 и №3 задержка фронта температуры через стенку трубы взаимно скомпенсирована. При подсчете теоретической скорости потока учитывалось, что количество воды в одном метре трубопровода оказалось равным 180 мл. Объем измерялся простым взвешиванием воды из метрового отрезка трубы, так как теоретический подсчет неточен из-за неопределенности диаметра проходного сечения ржавой трубы.

Приведенные осциллограммы показывают задержки начала прогрева последовательно датчиков 1,2 и 3, причем скорость потока при подаче горячей воды 0,4 метра в секунду, а при подаче холодной воды увеличена и составляла около 0,54 метра в секунду. При определении скорости прохождения датчика №2 учитывалось отсутствие задержки погруженного датчика №1

В таблице 1 приведены результаты вычислений согласно задержек сигналов датчиков.

Таблица 1

Результаты вычислений / Results of the computing

скорость	теор	№2	№3
горячая	0,404	0,4038	0,437
холодная	0,538	0,525	0,583

Результаты

Полученные результаты натуральных экспериментов показывают хорошее совпадение измерений скорости методом тепловой метки с прямым измерением

расхода теплоносителя стандартными приборами, встроенными в экспериментальную установку.

Научная новизна и практическая значимость

Показана возможность надежных измерений скорости потока теплоносителя в системах отопления без демонтажа или другого вмешательства в существующую систему отопления здания.

Выводы

На основе использования современных датчиков температуры появляется возможность без вмешательства в гидравлическую схему отопления здания или его частей доступными средствами контролировать и измерять параметры теплоснабжения в любых заданных точках и звеньях системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Евдокимов А. Г. Потокораспределение в инженерных сетях / А. Г. Евдокимов, В. В. Дубровский, А. Д. Тевяшев. – Москва : Стройиздат, 1979. – 199 с.
2. Иродов В. Ф. Идентификация гидравлических сопротивлений трубопроводных сетей методом эволюционного программирования / В. Ф. Иродов, А. Н. Казин // Изв. вузов. Нефть и газ. – 1982. – №10. – С. 64 – 68.
3. Иродов В. Ф. Математическое обеспечение идентификации параметров водяных систем отопления в условиях эксплуатации / В. Ф. Иродов, А. М. Барковский // Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем : тез доп. – Днепропетровск, 2012. – С.128 – 129.
4. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики веществ : справочник / П. П. Кремлевский. – кн. 2. – Киев : Политехника, 2004. – 412 с.
5. Меренков А. П. Методы и средства для управления эксплуатацией и развитием трубопроводных систем / А. П. Меренков, К. С. Светлов, В. Я. Хасилев // Оптимизация и управление в больших системах энергетики. – 1970. – т. 1. – С. 60 – 80.
6. Меренков А. П. Теория гидравлических цепей / А. П. Меренков, В. Я. Хасилев. – М.: Наука, 1985. – 278 с.
7. Merenkov A. P. Direct and inverse problems of flow distribution in hydraulic circuits / A. P. Merenkov, N. N. Novitsky, V. G. Sidler // Soviet. Techno. Rev./ Sec/ Ai Energy Rev. – U.S.A, 1994. – issue 7, Part 4. – pp. 33-95.

REFERENCES

1. Evdokimov A.G. and Dubrovskiy V.V. *Potokoraspredelenie v inzhenernykh setyakh* [Flow in engineering networks]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1979, 199 p. (in Russian).
2. Irodov V.F. and Kasin A.N. *Identifikatsiya gidravlicheskih soprotivleniy truboprovodnykh setey metodom evolucionnogo programirovaniya* [Identification of water supply systems hydraulic resistance by evolutionary programming method]. *Izv. Vuzov. Neft i gas* [Proc. Higher education. Oil and gas], 1982, no. 10, pp. 64–68. (in Russian).
3. Irodov V.F. and Barkovskiy A.M. *Matematicheskoe obespechenie identifikatsii parametrov vodyanykh sistem otopeniya v usloviyakh ekspluatatsii* [Identification water heating parameters software under operating conditions]. *Matematichne ta programne zabezpechennya intelektualnih system* [Mathematical and software of intellectual systems]. Dnepropetrovsk, 2012, pp. 128–129. (in Russian).
4. Kremlevskiy P.P. *Raskhodometry i schetchiki veshchestv* [Flow meters and substances counters]. Kiev, Politekhnik Publ., 2004. 412 p. (in Russian).
5. Merenkov A.P., Svetlov K.S. and Hasilev V.Ya. *Metody i sredstva dlya upravleniya ekspluatatsiey i razvitiem truboprovodnykh sistem* [Methods and resources for operation controlling and developing of pipeline systems]. *Oprimizatsiya i upravlenie v bolshih sistemah energetiki* [Optimization and management of large-scale power systems], 1970, pp. 60–80. (in Russian).
6. Merenkov A.P. and Hasilev V.Ya. *Teoriya gidravlicheskih tsepey* [Hydraulic circuit theory]. Moscow, Nauka Publ., 1985. 279 p. (in Russian).
7. Merenkov A.P., Novitsky N.N. and Sidler V.G. *Direct and inverse problems of flow distribution in hydraulic*. Soviet. Techno. Rev. Sec. Ai Energy Rev. Harwood Academic Publishes, U.S.A., 1994, issue 7, Part 4, pp.33–95.