



Исследование влияния инерционности отопительных приборов на эффективность работы систем отопления

В статье исследуются характеристики отопительного прибора нового типа [1] в сравнении с одним из традиционных устройств (радиатором), в ходе которых результаты измерений и вычислений представляются в виде графиков для сравнительной оценки характеристик различных типов отопительных приборов. В работе при расчёте использована теоретически обоснованная формула для определения показателя теплового потока радиатора при изменении нормальных (нормативных) условий [2, 3].

Выделена разница температур теплоносителя между верхним и нижним порогам включения и отключения котла системы отопления, при которой мощности тепловых потоков сравниваемых радиаторов полностью совпадают. Сформулированы новые определения величины мощности теплового потока отопительного прибора с низкой тепловой инерционностью в сторону его увеличения при циклическом режиме работы водогрейного котла, позволяющие увеличить эффективность управления тепловым процессом системы отопления в целом.

Полученные зависимости позволяют определить рациональный вариант режима работы отопительного котла, при котором радиаторы с низкой инерционной способностью показывают при циклическом режиме работы котла свои наилучшие результаты, поддерживая с высокой

точностью заданную температуру в помещении и обеспечивая сокращение энергетических затрат на отопление.

Новый инновационный нагревательный прибор отопления, имеющий название «Теплоконтурный радиатор» [1], на отечественном рынке появился сравнительно недавно (см. «Википедия», раздел «Радиатор отопления», пункт 6 «Теплоконтурные радиаторы»). Данный прибор изготовлен в России на базе монолитного биметаллического радиатора RIFAR Monolit. Одна из особенностей «теплоконтурного радиатора» состоит в том, что, обладая очень малой тепловой инерционностью, он быстро нагревается и быстро охлаждается относительно своего «прародителя» — радиатора RIFAR Monolit. При работе котла системы отопления в циклическом режиме «теплоконтурный радиатор» является более эффективным, чем другие отопительные приборы с большей тепловой инерционностью [4].

Новый инновационный нагревательный прибор отопления, имеющий название «Теплоконтурный радиатор» [1], изготовлен в Российской Федерации на базе монолитного биметаллического радиатора RIFAR Monolit, производимого ЗАО «РИФАР»

Рецензия эксперта на статью получена 25.04.2025 [The expert review of the article was received on April 25, 2025]

УДК 621.006.354; 536.24. Научная специальность: 2.1.3.

Исследование влияния инерционности отопительных приборов на эффективность работы систем отопления

С. В. Петренко, инженер, директор ООО «Абсорб» (г. Волгоград)

Статья описывает характеристики нового типа отопительного прибора в сравнении с одним из традиционных устройств. Разработка и использование новых типов устройств, в традиционных водяных и паровых системах отопления является, вне всякого сомнения, одним из основных путей поиска и достижения эффективности устройства и применения современных инженерных систем, направленных на создание комфортной и безопасной искусственной среды обитания человека.

Ключевые слова: теплоконтурный радиатор, энергоэффективность и энергосбережение, инерционность отопительного прибора, циклический режим, период «нагрев — охлаждение», управление тепловым процессом, гистерезис, инновационные технологии в строительстве.

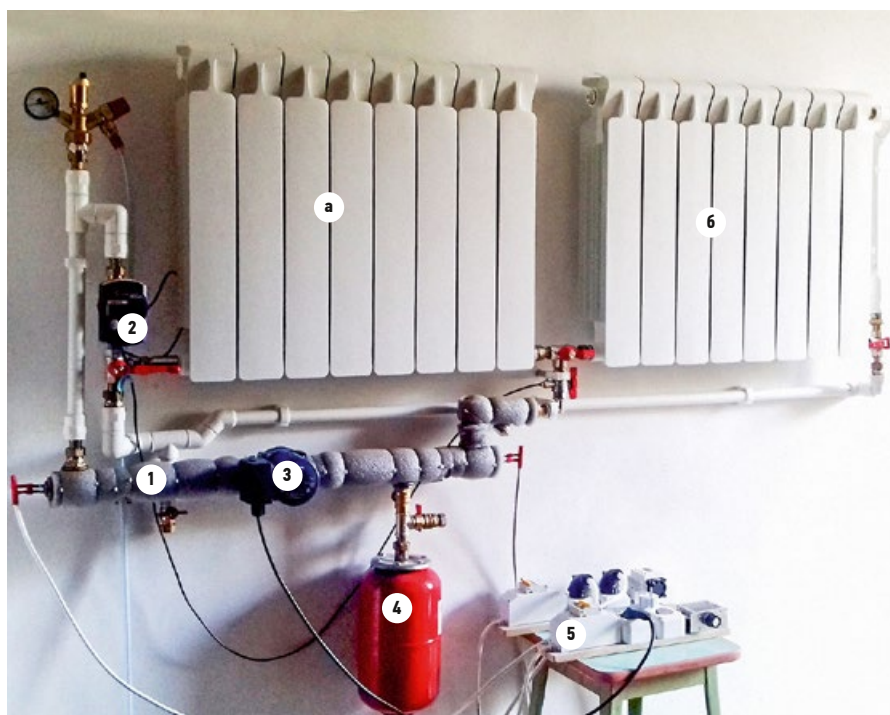
UDC 621.006.354; 536.24. Scientific specialty number: 2.1.3.

Study of the influence of inertia of heating devices on the efficiency of heating systems

S. V. Petrenko, engineer, Director of "Absorb", LLC (Volgograd city)

The article describes the characteristics of a new type of heater in comparison with one of the traditional devices. The development and use of new types of devices in traditional water and steam heating systems is, without a doubt, one of the main ways to find and achieve the effectiveness of the device and the use of modern engineering systems aimed at creating a comfortable and safe artificial human environment.

Key words: thermal circuit radiator, energy efficiency and energy saving, inertia of the heater, cyclic mode, heating — cooling period, thermal process control, hysteresis, innovative technologies in construction.



❖ Фото 1. Экспериментальная установка, выполненная по ГОСТ Р 53583–2009 [2] и ГОСТ 31311–2005 [3] (а — «теплогонный» радиатор, изготовленный на базе радиатора RIFAR Monolit, б — аналог, «классический» радиатор RIFAR Monolit; 1 — водогрейный котёл; 2 — тепловой счётчик; 3 — циркуляционный насос; 4 — расширительный бак; 5 — пульт управления установкой)

Для поддержания постоянной температуры воздуха в помещении при изменении внешних условий необходимо непрерывно изменять тепловой поток отопительных приборов систем отопления.

Для этой цели в водогрейном котле применяется терморегулятор, который позволяет оптимизировать расход потребляемой энергии и стабилизировать

питание приборов по теплоносителю. Основным предназначением терморегулятора всегда остаётся автоматизация процессом управления режимом и установкой температуры.

Водогрейный котёл имеет два режима работы:

- постоянный;
- циклический.

Постоянный режим работы водогрейного котла предполагает, что он прогревает теплоноситель в системе отопления до нужного значения и в дальнейшем поддерживает эту температуру.

В циклическом режиме работы водогрейного котла при достижении верхнего предела температуры теплоносителя горелка (или электрический ТЭН) отключается, а при падении температуры теплоносителя горелка зажигается (или включается ТЭН) снова. Этот процесс циклически повторяется, в зависимости от разницы между верхним и нижним порогами по температуре теплоносителя.

Заводская настройка котла отопления имеет жёсткую настройку гистерезиса в 5°C , что составляет разницу между верхним и нижним порогами 10°C .

В связи с этим возникает необходимость исследования тепловой инерционности двух отопительных приборов [5]: «теплогонного радиатора» и «классического» радиатора RIFAR Monolit.

Циклический режим работы водогрейного котла заключается в том, что при достижении верхнего предела температуры теплоносителя горелка (или электроТЭН) отключается, а при падении температуры теплоносителя горелка зажигается снова. Этот процесс циклически повторяется, в зависимости от разницы между верхним и нижним порогами по температуре теплоносителя

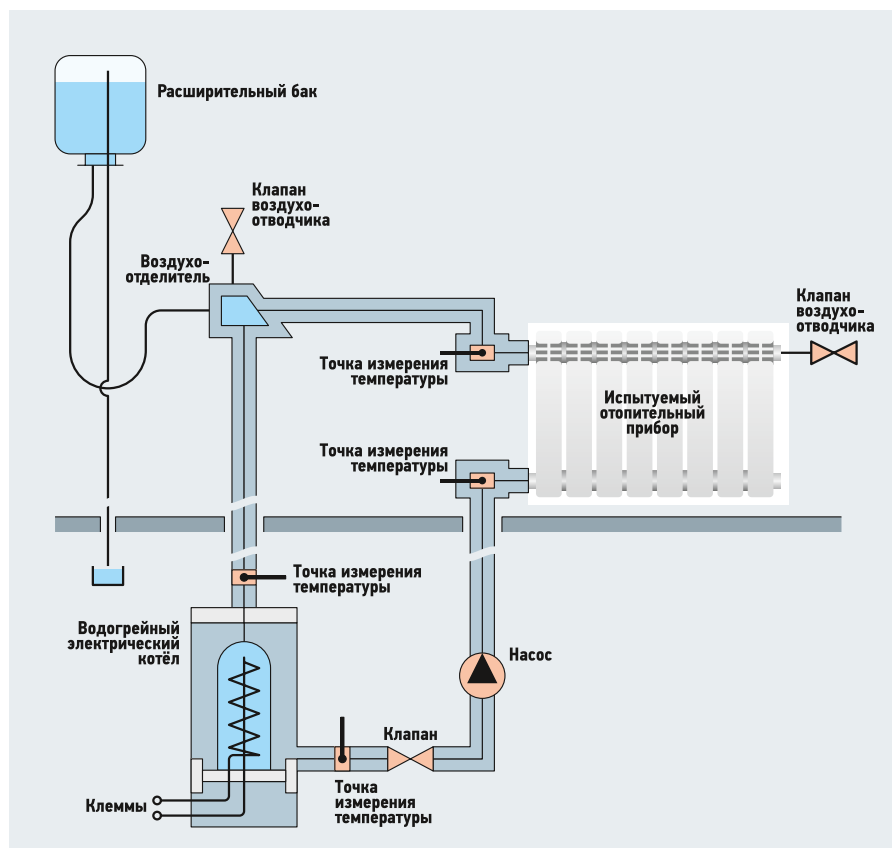
Динамика изменения теплового потока отопительных приборов

Рассмотрим динамику изменения теплового потока отопительных приборов при циклической работе котла отопления в режиме установки регулирования по температуре теплоносителя.

Для анализа динамики процесса изменения теплового потока отопительных приборов была создана экспериментальная установка (фото 1, рис. 1). Установка собрана таким образом, что в замкнутый контур системы можно подключить только один из двух радиаторов.

Тепловой расчёт выполняется следующим образом.

По рис. 2 графоаналитическим методом находим среднюю температуру одного периода «нагрев — охлаждение» с гистерезисом в 5°C , что составляет разницу между верхним и нижним порогами по температуре теплоносителя — 10°C .



❖ Рис. 1. Схема экспериментальной установки [2, 3] при использовании электрического метода

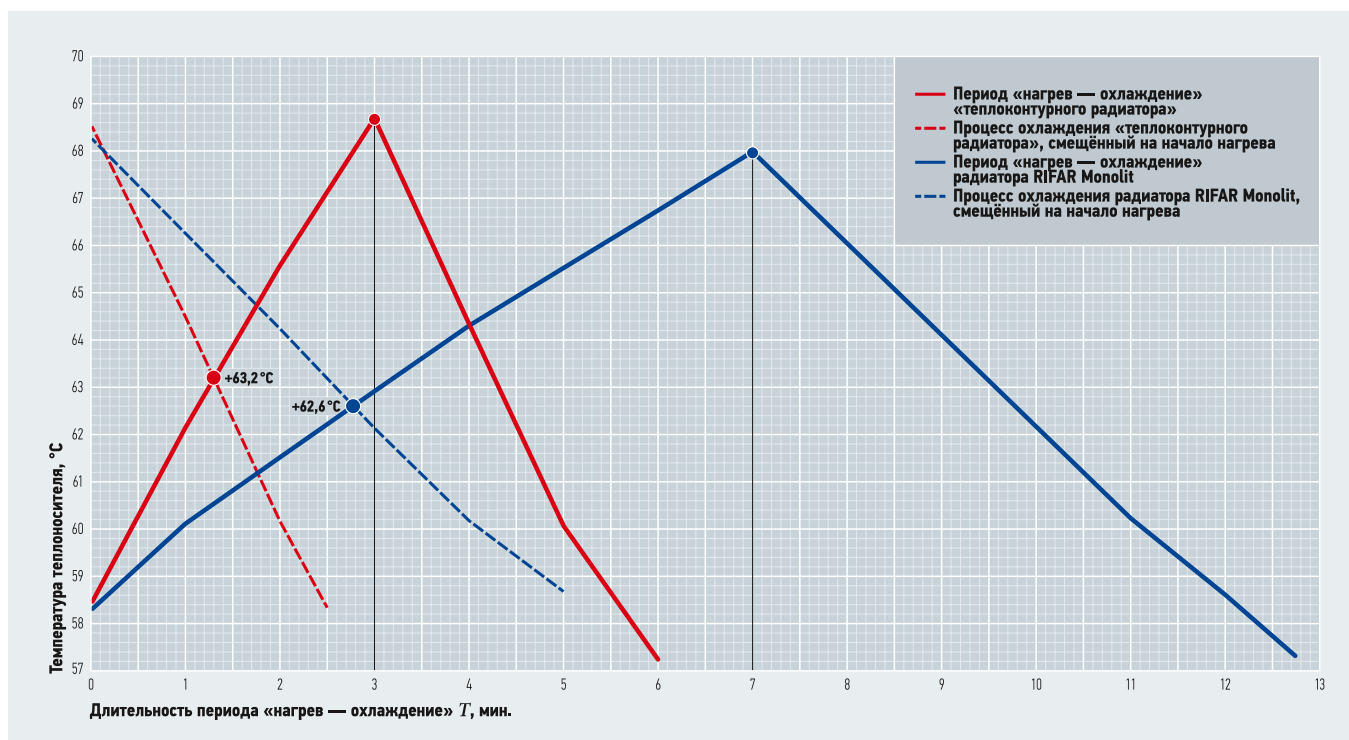


Рис. 2. Зависимость температуры теплоносителя от длительности периода «нагрев — охлаждение»

Рассмотрим подробно пример с нижним порогом 58 °C и верхним порогом 68 °C:

□ у «теплоконтурного радиатора» средняя температура одного периода «нагрев — охлаждение» составила $t_{\text{тк.ср}} = 63,2^\circ\text{C}$;

□ у «классического» радиатора средняя температура одного периода «нагрев — охлаждение» — $t_{\text{клас.ср}} = 62,6^\circ\text{C}$, при потребляемой мощности установки $W_{\text{уст}} = 1,5 \text{ кВт}$, расходе теплоносителя $M_{\text{пр}} = 360 \text{ л/ч}$ и температуре воздуха $t_{\text{в}} = 25^\circ\text{C}$.

Согласно ГОСТ 31311–2005 [3], номинальный тепловой поток $Q_{\text{ну}}$ — это тепловой поток, определяемый при нормальных (нормативных) условиях:

- температурном напоре $\Delta t = 70^\circ\text{C}$;
- расходе теплоносителя через отопительный прибор $M_{\text{пр}} = 0,1 \text{ кг/с}$ (360 кг/ч);
- нормальном атмосферном давлении $B = 101\,325 \text{ Па}$ (760 мм рт. ст.);
- движении теплоносителя в отопительном приборе по схеме «сверху вниз».

Для определения теплового потока, поступающего в помещение от радиатора, при изменении нормальных (нормативных) условий используют формулу [2, 3]:

$$Q = Q_{\text{ну}} \left(\frac{\Delta t}{70} \right)^{1+n} \left(\frac{M_{\text{пр}}}{360} \right)^m b p c, \quad (1)$$

здесь $Q_{\text{ну}}$ — номинальный тепловой поток радиатора [Вт], определяемый при заданных нормативных условиях; Δt — фактический температурный напор [°C], определяемый по формуле [2, 3]:

$$\Delta t = \frac{t_{\text{н}} + t_{\text{к}}}{2} - t_{\text{в}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{н}}$ — начальная (на входе) температура теплоносителя в радиаторе, °C; $t_{\text{к}}$ — конечная (на выходе) температура теплоносителя в радиаторе, °C; $t_{\text{в}}$ — расчётная температура помещения, принимаемая равной расчётной температуре воздуха в отапливаемом помещении, °C; 70 — нор-

мированный температурный напор, °C; $M_{\text{пр}}$ — фактический расход теплоносителя через отопительный прибор, кг/ч; 360 — нормированный расход теплоносителя через отопительный прибор, кг/ч; n, m, b, p и c — числовые коэффициенты, учитывающие различные условия эксплуатации прибора.

Согласно протоколам испытаний, проведённых в соответствии с ГОСТ Р 53583–2009 [2] и ГОСТ 31311–2005 [3] и выполненных в сертифицированной изотермической камере на стенде для определения номинального теплового потока отопительных приборов, получены данные:

- «теплоконтурный радиатор» имеет мощность номинального теплового потока $Q_{\text{тк.ну}} = 137 \text{ Вт/секция}$ и $n = 0,33$ [6];
- «классический» радиатор RIFAR Monolit имеет мощность номинального теплового потока $Q_{\text{клас.ну}} = 196 \text{ Вт/секция}$ и $n = 0,33$ [7].

Следовательно, подставив в формулу (1) полученные данные:

□ $t_{\text{тк.ср}} = (t_{\text{н}} + t_{\text{к}})/2 = 63,2^\circ\text{C}$ и $Q_{\text{тк.ну}} = 137 \text{ Вт/секция}$ для «теплоконтурного радиатора»;

□ $t_{\text{клас.ср}} = (t_{\text{н}} + t_{\text{к}})/2 = 62,6^\circ\text{C}$ и $Q_{\text{клас.ну}} = 196 \text{ Вт/секция}$ для «классического» радиатора,

мы определяем среднюю мощность теплового потока при установленном температурном напоре за один период каждого радиатора ($Q_{\text{тк.уст}}$ и $Q_{\text{клас.уст}}$), числовыми коэффициентами m, b, p и c пренебрегаем ввиду того, что отношение расхода теплоносителя равно 1,0.



Зависимость температуры теплоносителя от длительности периода «нагрев — охлаждение» для двух радиаторов*

табл. 1

Средняя температура теплоносителя в радиаторе, °С	Длительность периода «нагрев — охлаждение» T , мин.													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$t_{\text{тк.ср}} = (t_{\text{н}} + t_{\text{к}})/2$	58,53	62,38	65,78	64,20	60,01	57,15	—	—	—	—	—	—	—	—
$t_{\text{клас.ср}} = (t_{\text{н}} + t_{\text{к}})/2$	58,27	60,02	61,62	63,08	64,45	65,69	66,92	68,07	66,62	64,01	62,12	60,35	58,72	57,25

* Результаты обработки экспериментальных данных; составлено автором по материалам исследования.

Далее рассчитаем тепловые потоки, идущие в помещение от радиаторов:

□ тепловой поток от «теплоконтурного радиатора» (восемь секций) составит:

$$Q_{\text{тк}} = 137 \left(\frac{63,2 - 25}{70} \right)^{1,33} \frac{360}{360} = 61,21 \text{ Вт/секция},$$

то есть $Q_{\text{тк.}\Sigma} = 61,21 \times 8 = 489 \text{ Вт}$;

□ тепловой поток от «классического» радиатора (восемь секций):

$$Q_{\text{клас}} = 196 \left(\frac{62,6 - 25}{70} \right)^{1,33} \frac{360}{360} = 85,7 \text{ Вт/секция},$$

то есть $Q_{\text{клас.}\Sigma} = 85,7 \times 8 = 686 \text{ Вт}$.

Определяем по рис. 2, сколько периодов «нагрев — охлаждение» происходит у «теплоконтурного радиатора» за один период у «классического» радиатора RIFAR Monolit. Данная величина определяется как:

$$\frac{T_{\text{клас}}}{T_{\text{тк}}} = \frac{12,1}{5,5} = 2,2,$$

где $T_{\text{клас}} = 12,1 \text{ мин.}$ и $T_{\text{тк}} = 5,5 \text{ мин.}$ — длительности одного периода «нагрев — охлаждение» «классического» радиатора RIFAR Monolit и «теплоконтурного радиатора», соответственно.

Далее определяем, на сколько процентов увеличится мощность теплового потока «теплоконтурного радиатора» $Q_{\text{тк.}\Sigma}$, если проходит 2,2 периода «теплоконтурного радиатора» за один период «классического» радиатора:

$$P = \frac{Q_{\text{тк.}\Sigma} 2,2 - Q_{\text{клас.}\Sigma} 1,0}{Q_{\text{тк.}\Sigma} 2,2}, \quad (3)$$

отсюда:

$$P = \frac{489 \times 2,2 - 686 \times 1,0}{489 \times 2,2} = 36\%.$$

Фактическая мощность теплового потока «теплоконтурного радиатора» в циклическом режиме работы водогрейного котла с терморегулятором, гистерезис которого равен 5°C, с разницей между верхним и нижним порогами включения и отключения 10°C, определяется как:

$$Q_{\text{тк.ф}} = Q_{\text{тк}} \frac{P}{100} + Q_{\text{тк}}. \quad (4)$$

Отсюда фактическая мощность теплового потока «теплоконтурного радиатора»:

$$Q_{\text{тк.ф}} = 489 \times \frac{36}{100} + 489 = 665 \text{ Вт}.$$

Таким образом, в результате циклического режима работы водогрейного котла отопления получаем:

□ 665 Вт — фактическая тепловая мощность «теплоконтурного радиатора»;

□ 686 Вт — фактическая тепловая мощность «классического» радиатора.

Погрешность расчёта определяется по формуле:

$$\Delta P = 100\% - \frac{Q_{\text{тк}}}{Q_{\text{клас}}} 100\%, \quad (5)$$

отсюда:

$$\Delta P = 100\% - \frac{665}{686} 100\% = 100\% - 97\% = 3\%.$$

Полученная величина погрешности расчёта не превышает допустимые 5%.

Заключение

При циклическом режиме работы водогрейного котла с терморегулятором, гистерезис которого равен 5°C, с разницей между верхним и нижним порогами включения и отключения 10°C, мощности тепловых потоков радиаторов полностью совпадают ($Q_{\text{тк}} = Q_{\text{клас}}$), при этом реакция на изменение тепловых потерь в помещении приходится только на один период «нагрев — охлаждение» радиатора, а он у «теплоконтурного радиатора» в 2,2 раза меньше, чем у «классического» радиатора.

Следовательно, эффективность управления тепловым процессом системы отопления с «теплоконтурными радиаторами» гораздо выше, что позволяет поддерживать заданную температуру воздуха в помещении $t_{\text{в}}$ с высокой точностью, обеспечив как комфорт и уют, так и оптимальный расход затрачиваемых ресурсов при индивидуальном отоплении, предотвращая такие вредные явления, как «недотоп» и «перетоп» помещения.

При постоянном режиме работы котла мощность теплового потока «теплоконтурного радиатора» за счёт его индивидуальных свойств работы, связанных с трансформацией температуры, уменьшена по сравнению с аналогом («классическим» радиатором RIFAR Monolit) на 30%.

Пониженная трансформация температуры даёт «теплоконтурному радиатору» способность в центральной системе отопления к снижению собственного теплово-

го режима на 8°C без изменения теплового режима работы центральной системы отопления, что позволяет:

□ уменьшить перегрев воздуха в помещении, что позволяет решить актуальную для многих помещений проблему с сухостью воздуха;

□ создать особо комфортный режим «мягкого тепла», который благоприятно влияет на состояние и здоровье человека.

Благодарности

Автор выражает свою благодарность **Александру Александровичу Лобачу**, генеральному директору ЗАО «РИФАР», к.т.н., за его постоянную поддержку и обратную связь на протяжении всего процесса исследования, предоставление необходимых ресурсов для реализации данного исследовательского проекта, а также за возможность организовать серийный технологический процесс изготовления «теплоконтурного радиатора» на своей автоматизированной производственной линии по выпуску радиаторов Monolit, корпус которого, как никакой другой, лучше всего отвечает конструктивным, прочностным и герметичным требованиям для изготовления и обеспечения надёжной работы инновационного продукта.

Финансирование

Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении данного исследования. ●

1. Патент РФ №2322643. МПК F24D 19/00, F24H 3/00. Нагревательный прибор систем отопления помещений / С.В. Петренко (заявка №2006116972). Патентообл.: С.В. Петренко. Заявл.: 11.05.2006; опубли.: 20.04.2008.
2. ГОСТ Р 53583—2009. Приборы отопительные. Методы испытаний / Дата введ.: 01.06.2010.
3. ГОСТ 31311—2005. Приборы отопительные. Общие технические условия / Дата введ.: 01.01.2007.
4. Петренко С.В., Фокин В.М. Нагревательный прибор для повышения энергоэффективности систем отопления помещений // Вестник энергоэффективности, 2015. №2 (02). С. 88—92.
5. Пухал В.А. Исследование инерционности отопительных приборов // Современные проблемы науки и образования, 2014. №5. 9 с.
6. Протокол определительных испытаний радиатора термосифонного типа, собранных на базе радиатора RIFAR Monolit, по договору №10-17 от 10.07.2017 с ЗАО «РИФАР»: Научно-техническая фирма ООО «Витатерм».
7. Протокол сертификационных испытаний радиатора Monolit компании ЗАО «РИФАР» №1315-МХ07-16 от 12.12.2016: Научно-техническая фирма ОАО «НИИ-сантехники».

References — see page 80.

Study of the influence of inertia of heating devices on the efficiency of heating systems. Pp. 32–36.

Sergey V. Petrenko, engineer, Director of "Absorb", LLC (Volgograd city)

1. The patent RU 2322643 C2. IPC F24D 19/00, F24H 3/00. *Nagrevatel'nyj pribor sistem otopenija pomeshchenij* [Heating device for space heating systems]. Author: S.V. Petrenko (application No. 2006116972). Patent holder: S.V. Petrenko. Claim.: May 11, 2006; publ.: April 20, 2008. [In Russian]
2. GOST R 53583–2009 [The State Industry Standard of Russia No. 53583–2009]. *Pribory otopitel'nye. Metody ispytaniy* [Heating devices. Test methods]. Date of impl.: June 1, 2010. [In Russian]
3. GOST 31311–2005 [The State Industry Standard of Russia No. 31311–2005]. *Pribory otopitel'nye. Obshchie tekhnicheskie usloviya* [Heating devices. General specifications]. Date of impl.: January 1, 2007. [In Russian]
4. Petrenko S.V., Fokin V.M. *Nagrevatel'nyj pribor dlja povyshenija jenergojeffektivnosti sistem otopenija pomeshchenij* [Heating device for increasing the energy efficiency of space heating systems]. *Vestnik jenergojeffektivnosti* ["Bulletin of energy efficiency" Magazine]. 2015. No. 2 (02). Pp. 88–92. [In Russian]
5. Pukhkal V.A. *Issledovanie inertsionnosti otopitel'nykh priborov* [Study of the inertia of heating devices]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija* ["Modern problems of science and education" Magazine]. 2014. No. 5. 9 p. [In Russian]
6. *Protokol opredelitel'nykh ispytaniy radiatora termosifonnogo tipa, sobrannykh na baze radiatora RIFAR Monolit, po dogovoru No. 10-17 ot 10.07.2017 s ZAO "RIFAR"* [Protocol of the determination tests of the thermosiphon radiator, assembled on the basis of the "RIFAR Monolit" radiator, under contract No. 10-17 of July 10, 2017 with "RIFAR", CJSC]. *Nauchno-tekhnicheskaja firma OOO "Vitaterm"* [Scientific and technical company "Vitaterm", LLC]. [In Russian]
7. *Protokol sertifikatsionnykh ispytaniy radiatora Monolit kompanii ZAO "RIFAR" No. 1315-MKh07-16 ot 12.12.2016* [Protocol of certification tests of the "Monolit" radiator of "RIFAR", CJSC, No. 1315-MX07-16 of December 12, 2016]. *Nauchno-tekhnicheskaja firma OAO "NII-santekhniki"* [Scientific and technical company "Scientific Research Institute of Plumbing" ("NII-santekhniki"), OJSC]. [In Russian]