

УДК 519.816:658.264

РОЗВИТОК ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ТРУБЧАСТИМИ ГАЗОВИМИ НАГРІВАЧАМИ

ПРОДОВ В. Ф.¹, *д-р техн. наук, проф.*,

ХАЦКЕВИЧ Ю. В.², *канд. техн. наук, доц.*,

ЧОРНОМОРЕЦЬ Г. Я.^{3*}, *канд. техн. наук, доц.*

¹Кафедра системного аналізу та моделювання у теплогазопостачанні, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (056) 756-34-06, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862

²Кафедра систем електропостачання, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», пр. Дмитра Яворницького, 19, Дніпро, 49600, Україна, тел. +380952251010, e-mail: yuliakhatskevych@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0593-2184

^{3*}Кафедра системного аналізу та моделювання у теплогазопостачанні, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (056) 756-34-06, e-mail: ChHYa@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4964-5785

Анотація. *Постановка проблеми* – розвиток автономних систем теплопостачання, що зменшують капітальні витрати будівництва і підвищують ефективність використання енергетичних ресурсів. Один із напрямків вирішення цієї проблеми – використання трубчастих газових нагрівачів. Для цього треба розробляти нові технічні рішення теплопостачання з трубчастими газовими нагрівачами, а також необхідне науково-методичне забезпечення для розроблення, будівництва та експлуатації систем теплопостачання з трубчастими газовими нагрівачами. *Аналіз останніх досліджень.* Розглянуто попередні дослідження інфрачервоних трубчастих газових обігрівачів, які застосовувались для обігріву промислових підприємств із достатньо високими приміщеннями. При цьому не ставилось завдання поширити принципи теплопостачання за допомогою трубчастих нагрівачів для нагрівання повітря, води та опалюваного середовища відносно невисоких приміщень. *Мета статті* – показати розвиток технічних рішень теплопостачання з трубчастими газовими нагрівачами, які підвищують ефективність і надійність систем теплопостачання і поширюють застосування трубчастих газових нагрівачів. *Результати.* Технічні рішення з трубчастими газовими нагрівачами дозволили поширити їх застосування для нагрівання повітря, води та опалюваного середовища відносно невисоких приміщень. *Наукова новизна.* Нові технічні рішення теплопостачання з трубчастими газовими нагрівачами підвищують ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів за невисоких капітальних витрат. *Практична значимість.* Технічні рішення теплопостачання, які використовують трубчасті газові нагрівачі, мають можливості широкого застосування промислових, громадських і житлових об'єктів. *Висновки.* Протягом двох десятиріч розроблено нові технічні рішення з трубчастими газовими нагрівачами, які підвищують ефективність і надійність систем теплопостачання і можуть широко використовуватися для автономного теплопостачання.

Ключові слова: теплопостачання; трубчасті газові нагрівачі; технічні рішення

РАЗВИТИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ТРУБЧАТЫМИ ГАЗОВЫМИ НАГРЕВАТЕЛЯМИ

ПРОДОВ В. Ф.¹, *д-р техн. наук, проф.*,

ХАЦКЕВИЧ Ю. В.², *канд. техн. наук, доц.*,

ЧЕРНОМОРЕЦЬ Г. Я.^{3*}, *канд. техн. наук, доц.*

¹Кафедра системного анализа и моделирования в теплогазоснабжении, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепро, 49600, Украина, тел. +38 (056) 756-34-06, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862

²Кафедра систем электроснабжения, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», пр. Дмитрия Яворницького, 19, г. Днепро, 49600, Украина, тел. +380952251010, e-mail: yuliakhatskevych@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0593-2184

^{3*}Кафедра системного анализа и моделирования в теплогазоснабжении, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепро, 49600, Украина, тел. +38 (056) 756-34-06, e-mail: ChHYa@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4964-5785

Аннотация. *Постановка проблемы* – развитие автономных систем теплоснабжения, которые уменьшают капитальные затраты строительства и повышают эффективность использования энергетических ресурсов. Одно из направлений решения этой проблемы – использование трубчатых газовых нагревателей. Для этого нужно разрабатывать новые технические решения теплоснабжения с трубчатými газовыми нагревателями, а также необходимо научно-методическое обеспечение для разработки, строительства и эксплуатации систем теплоснабжения с трубчатými газовыми нагревателями. *Анализ последних исследований.* Рассмотрены предварительные исследования инфракрасных трубчатых газовых обогревателей,

которые применялись для обогрева промышленных предприятий с достаточно высокими помещениями. При этом ставилась задача распространить принципы теплоснабжения с помощью трубчатых нагревателей для нагрева воздуха, воды и отопительной среды относительно невысоких помещений. **Цель и задачи.** Выложить развитие технических решений теплоснабжения с трубчатыми газовыми нагревателями, которые повышают эффективность и надежность систем теплоснабжения и распространяют применение трубчатых газовых нагревателей в теплоснабжении. **Результаты.** Технические решения теплоснабжения с трубчатыми газовыми нагревателями позволили распространить их применение для нагрева воздуха, воды и отопительной среды относительно невысоких помещений. **Научная новизна.** Новые технические решения теплоснабжения с трубчатыми газовыми нагревателями повышают эффективность использования топливно-энергетических ресурсов при невысоких капитальных затратах. **Практическая значимость.** Технические решения теплоснабжения, использующие трубчатые нагреватели, имеют возможности широкого применения в теплоснабжении промышленных, общественных и жилых объектов. **Выводы.** В течение двух десятилетий разработаны новые технические решения теплоснабжения с трубчатыми газовыми нагревателями, которые повышают эффективность и надежность систем теплоснабжения и могут широко использоваться для автономного теплоснабжения.

Ключевые слова: теплоснабжение; трубчатые газовые нагреватели; технические решения

DEVELOPMENT OF TECHNICAL DECISIONS FOR HEAT SUPPLY WITH TUBULAR GAS HEATERS

IRODOV V. F.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

KHATSKEVYCH Yu. V.², *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,

CHORNOMORETS H. Y.^{3*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

¹Department of System Analysis and Modeling in Heat and Gas Supply, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernishevskogo str., 24-A, Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-06, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862

²Department of power supply system, State Higher Educational Establishment «National Mining University», D. Yavornytskogo prospect, 19, Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +380952251010, e-mail: yuliakhatskevych@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0593-2184

^{3*}Department of System Analysis and Modeling in Heat and Gas Supply, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernishevskogo str., 24-A, Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-06, e-mail: ChHYa@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4964-5785

Annotation. Problems formulation. The problem that is solved is the development of autonomous heat supply systems that reduce the capital costs of construction and increase the efficiency of the use of energy resources. One of the ways to solve this problem is the use of tubular gas heaters. For this, it is necessary to develop new technical solutions for heat supply with tubular gas heaters, as well as scientific and methodological support for the development, construction and operation of heat supply systems with tubular gas heaters. **Analysis of recent research.** Preliminary studies of infrared tubular gas heaters are considered, which were used to heat industrial enterprises with sufficiently high premises. The task was to extend the principles of heat supply by means of tubular heaters for heating air, water and heating medium in relatively low rooms. **Goal and tasks.** To lay out the development of technical solutions for heat supply with tubular gas heaters, which increase the efficiency and reliability of heat supply systems and extend the use of tubular gas heaters in heat supply. **Results.** Technical solutions for heat supply with tubular gas heaters have made it possible to extend their applications for heating air, water and heating medium in relatively low rooms. **Scientific novelty.** New technical solutions for heat supply with tubular gas heaters increase the efficiency of using fuel and energy resources at low capital costs. **Practical significance.** Technical solutions for heat supply using tubular heaters have the potential for wide application in the heat supply of industrial, public and residential facilities. **Conclusions.** For two decades, new technical solutions for heat supply with tubular gas heaters have been developed, which increase the efficiency and reliability of heat supply systems and can be widely used for autonomous heating.

Keywords: heating; tube gas heaters; technical decisions

Постановка проблеми. Необхідний розвиток автономних систем теплопостачання, які зменшують капітальні витрати будівництва і підвищують ефективність використання енергетичних ресурсів. Один із напрямків вирішення цієї проблеми – використання трубчастих газових нагрівачів. Для цього необхідно розробляти нові технічні рішення теплопостачання з трубчастими газовими

нагрівачами, а також необхідне науково-методичне забезпечення для розроблення, будівництва та експлуатації систем теплопостачання з трубчастими газовими нагрівачами.

Аналіз публікацій. Досліджено інфрачервоні трубчасті газові обігрівачі, які застосовувались для обігріву промислових підприємств із достатньо високими

приміщеннями [1]. При цьому не ставилось завдання поширити принципи теплопостачання за допомогою трубчастих нагрівачів для нагрівання повітря, води та опалюваного середовища відносно невисоких приміщень.

Мета статті – показати розвиток технічних рішень теплопостачання з трубчастими газовими нагрівачами, які підвищують ефективність і надійність систем теплопостачання і поширюють застосування трубчастих газових нагрівачів.

Виклад основного матеріалу. Розроблено технічні рішення теплопостачання з трубчастими газовими нагрівачами різноманітних конструкцій [2–10], у тому числі для нагрівання повітря [3–5], води [9], у будівельній конструкції [10], системи з рециркуляцією [7] та інші. Схеми різних видів систем теплопостачання з трубчастими нагрівачами наведено на рисунках 1 – 11.

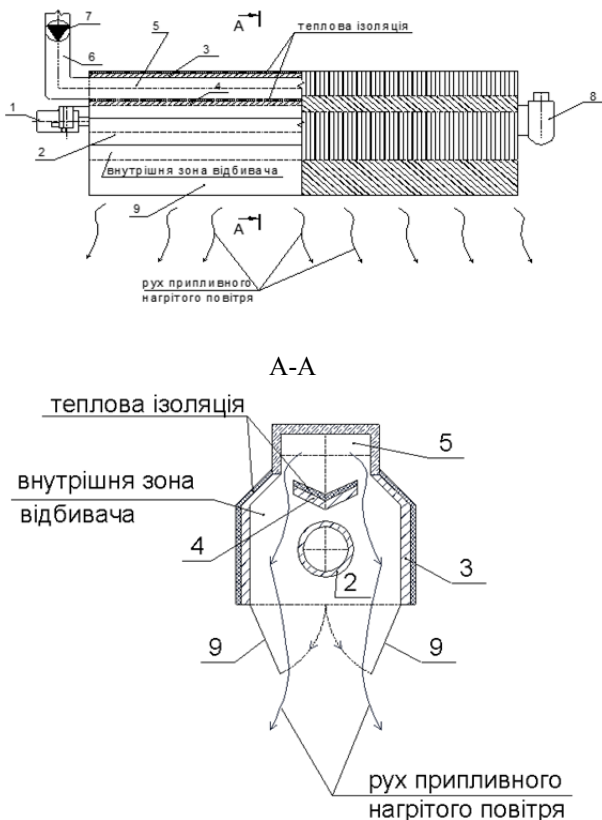


Рис.1. Схема газового трубчастого нагрівача з розподіленою організованою подачею припливного повітря. Розріз А-А /

Diagram of a gas tube heater with a distributed, organized supply of inflow air. Section A-A:

- 1 – газовий пальник; 2 – трубчастий нагрівач;
- 3 – основний відбивач теплового випромінювання;
- 4 – додатковий відбивач теплового випромінювання;
- 5 – розподільчий повітряний канал; 6 – повітропровід

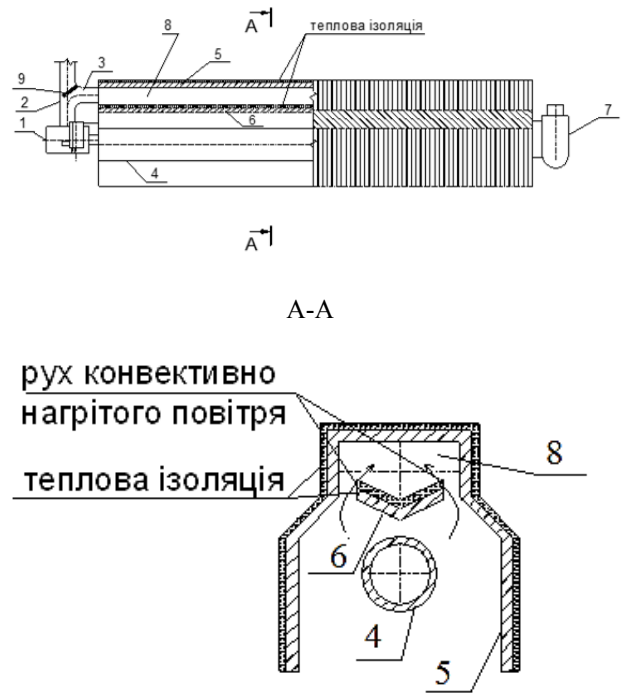


Рис.2. Схема газового трубчастого нагрівача з розподіленою організованою подачею підігрітого повітря на газовий пальник. Розріз А-А / Diagram of a gas tube heater with a distributed, organized supply of heated air to a gas burner. Section A-A:

- 1 – газовий пальник; 2 – патрубок забору свіжого повітря; 3 – додатковий патрубок для подачі нагрітого повітря; 4 – трубчастий випромінювач; 5 – основний відбивач променистого випромінювання; 6 – додатковий відбивач променистого випромінювання поверхневою ізоляцією; 7 – витяжний вентилятор; 8 – повітропровід; 9 – регулювальний пристрій

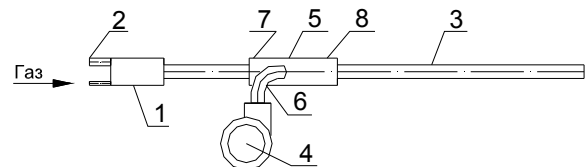


Рис. 3. Трубчастий газовий нагрівач з ежектором після початкової ділянки / Tube gas heater with ejector after the initial plot: 1 – газовий пальник; 2 – подача повітря; 3 – основна ділянка трубчастого нагрівача; 4 – припливний вентилятор повітря; 5 – ежектор; 6 – патрубок для активного середовища ежектора; 7 – патрубок для пасивного середовища ежектора; 8 – вихідний патрубок ежектора

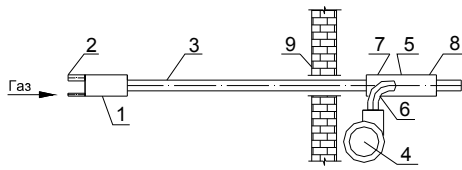


Рис.4. Трубчастий нагрівач з ежектором та забором повітря для припливного вентилятора зовні /Tube heater with ejector and air outlet for exhaust fan:

1 – газовий пальник; 2 – подача повітря; 3 – основна ділянка трубчастого нагрівача; 4 – припливний вентилятор повітря; 5 – ежектор; 6 – патрубок для активного середовища ежектора; 7 – патрубок для пасивного середовища ежектора; 8 – вихідний патрубок ежектора; 9 – огорожувальна конструкція простору теплиці

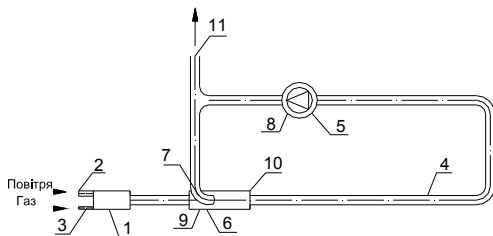


Рис.5. Трубчастий газовий нагрівач з рециркуляцією теплоносія / Tube gas heater with coolant recirculation:

1 – газовий пальник; 2,3 – патрубки подачі повітря та газу, 4 – основна ділянка трубчастого нагрівача; 5 – вентилятор; 6 – ежектор; 7 – патрубок ежектора для активного середовища; 8 – вихідний патрубок вентилятора; 9 – патрубок ежектора для пасивного середовища; 10 – вихідний патрубок ежектора; 11 – труба для виходу димових газів

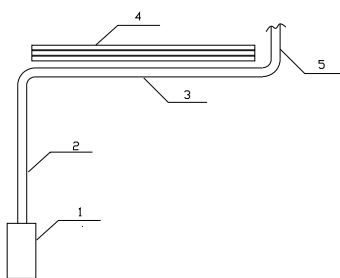


Рис.6. Схема трубчастого газового нагрівача з природним рухом теплоносія / Diagram of a tube gas heater with a natural movement coolant:

1 – газовий пальник; 2 – ділянка підйому з передачею тепла в опалюваний простір; 3 – основна ділянка нагрівача; 4 – відбивач випромінювання; 5 – ділянка видалення відпрацьованої суміші зовні

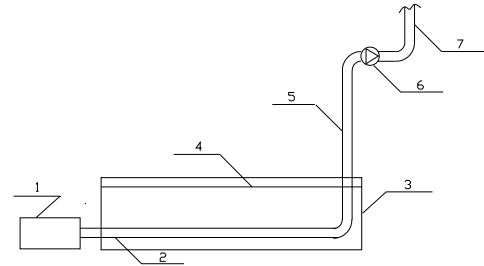


Рис.7. Трубчастий газовий нагрівач типу «повітря-вода» /Tube gas heater type "air-water":

1 – газовий пальник; 2 – трубчастий нагрівач у водяному об'ємі; 3 – водяний об'єм; 4 – вільна поверхня водяного об'єму; 5 – ділянка підйому нагрівача; 6 – витяжний вентилятор; 7 – ділянка видалення продуктів згорання

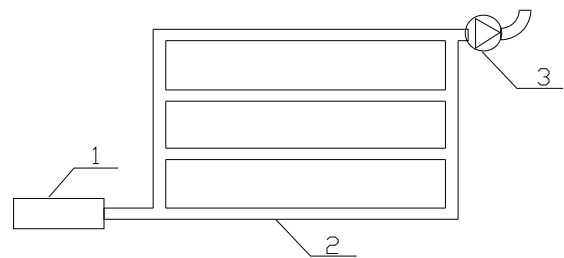


Рис.8. Принципова схема системи повітряного теплопостачання з трубчастими газовими нагрівачами та декількома контурами без рециркуляції / Principle diagram of air heating system with tubular gas heaters and multiple circuits without recirculation:

1 – газовий пальник; 2 – багатоконтурний повітряний нагрівач; 3 – витяжний вентилятор

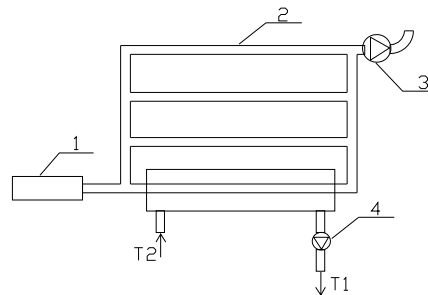


Рис.9. Принципова схема повітряно-водяної системи теплопостачання з трубчастими газовими нагрівачами / Principal scheme of air-water supply system with tube gas heaters:

1 – газовий пальник; 2 – багатоконтурний повітряний нагрівач; 3 – витяжний вентилятор; 4 – циркуляційний насос водяної частини системи теплопостачання;

T1 – трубопровід подачі водяного теплоносія; T2 – зворотний трубопровід

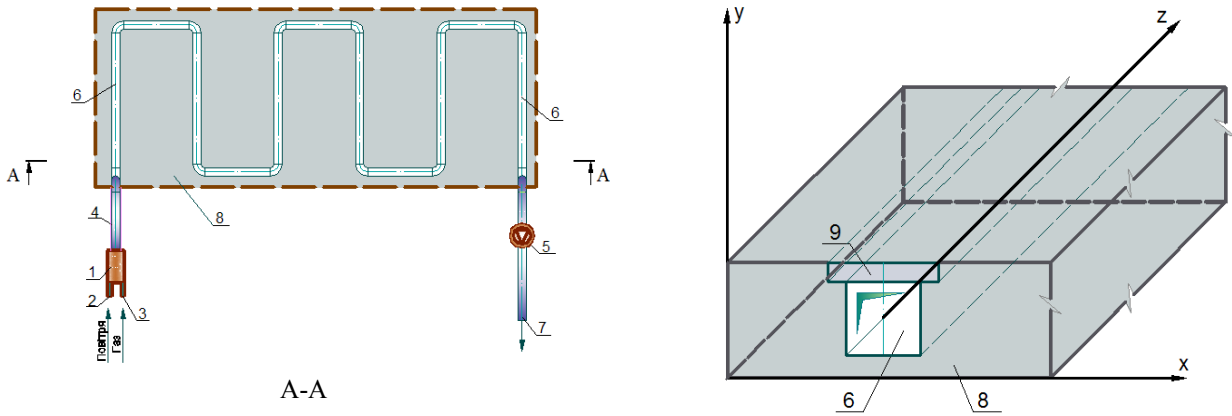


Рис.10. Автономна система теплопостачання з трубчастими газовими нагрівачами, розташованими у будівельних конструкціях /Autonomous heat supply system with tube gas heaters located in building structures:
 1 – газовий паливник; 2 – патрубок подачі повітря; 3 – патрубок подачі газу;
 4 – початкова ділянка лінійного нагрівача в теплоізоляції; 5 – витяжний вентилятор; 6 – канали газоповітряної суміші;
 7 – патрубок відведення газоповітряної суміші; 8 – бетон; 9 – бетонна пластина

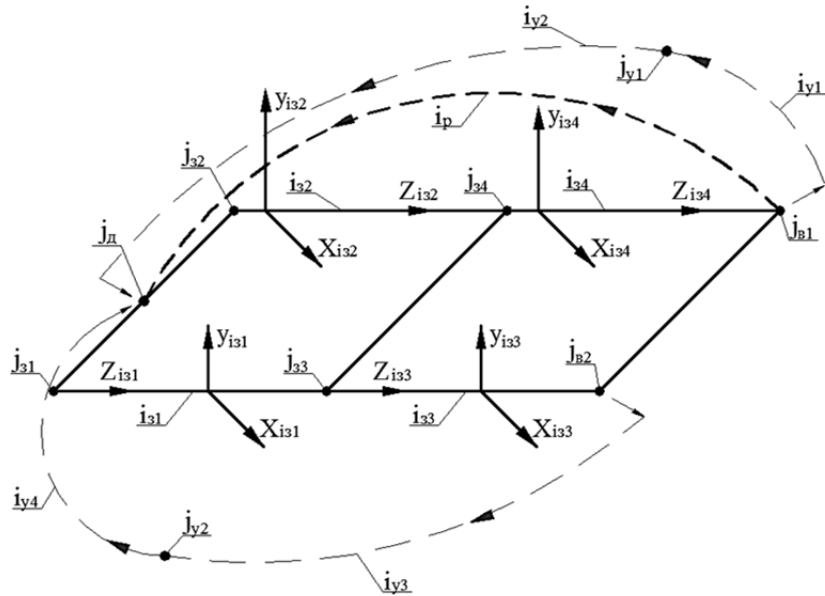


Рис.11. Система повітряного (газоповітряного) теплопостачання з трубчастими газовими нагрівачами, розташованими у будівельних конструкціях: /Air (gas) heating system with tube gas heaters located in structures: x_i та y_i – координати у перетині будівельної конструкції; z_i – координата по довжині нагрівача; j_0 – вузол джерела; j_s – вузол з'єднань; j_e – вузол витоків; j_y – вузол умовної ділянки; i_s – ділянка з'єднань; i_y – умовна ділянка; i_p – ділянка рециркуляції.

Аналіз корисних властивостей технічних рішень систем теплопостачання з трубчастими нагрівачами наведено в таблиці.

Таблиця 1

Аналіз корисних властивостей технічних рішень

Технічне рішення	Корисні властивості			
	Підвищення коефіцієнта корисної дії	Зменшення капітальних витрат	Підвищення надійності	Можливості ширшого застосування
Трубчастий нагрівач з ежектором		+	+	+
Трубчастий нагрівач з ежектором та вентилятором зовні			+	+
Трубчастий нагрівач з рециркуляцією теплоносія	+			+
Трубчастий нагрівач з природнім рухом теплоносія		+	+	
Трубчастий нагрівач типу «повітря–вода»		+		+
Система повітряно-водяного тепlopостачання	+	+		+
Система тепlopостачання з трубчастими нагрівачами у будівельних конструкціях		+	+	+

Висновок. Розроблено нові технічні рішення тепlopостачання з трубчастими газовими нагрівачами, які підвищують ефективність і надійність систем тепlopостачання і можуть широко використовуватися для автономного тепlopостачання та мають можливість широкого застосування у тепlopостачанні промислових, громадських і житлових об'єктів.

Нові технічні рішення тепlopостачання з трубчастими газовими нагрівачами підвищують ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів за невисоких капітальних витрат. Системи тепlopостачання з трубчастими газовими нагрівачами дозволили поширити їх застосування для нагрівання повітря, води та опалюваного середовища відносно невисоких приміщень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Болотских Н. Н. Энергоэффективная система инфракрасного обогрева производственных помещений с большими внутренними площадями / Н. Н. Болотских // Науковий вісник будівництва : зб. наук. пр. / Харків. нац. ун-т буд-ва та архітектури. – Харків, 2012. – Вип. 69. – С. 361–371.
2. Пристрій для газового опалення : пат. 63793 Україна (UA) : МПК F24D 10/00 ; F24D 15/00 ; F24C 15/00 / К. В. Дудкін, В. Ф. Іродов, Г. Я. Чорноморець (Україна) ; заявник та патентовласник Придніпр. держ. акад. буд-ва та архітектури. – № u 201102224 ; заявл. 25.02.2011 ; опубл. 25.10.2011 ; Бюл. № 20. – 4 с.
3. Пристрій для променевого обігріву та нагрівання повітря : пат. 61594 Україна (UA), МПК F24D 10/00, F24C 15/00 / В. Ф. Іродов, Д. Є. Осетянська, Ю. В. Хацкевич ; заявник та патентовласник Придніпр. держ. акад. буд-ва та архітектури. – № u 201015435 ; заявл. 20.12.2010 ; опубл. 25.07.2011 ; Бюл. № 14. – 4 с.
4. Пристрій для променевого обігріву та нагрівання повітря : пат. 83403 Україна (UA) : МПК F24D 10/00 ; F24D 15/00 ; F24C 15/00 / К. В. Дудкін, В. Ф. Іродов, А. А. Чорнойван, Г. Я. Чорноморець (Україна) ; заявники та патентовласники К. В. Дудкін, В. Ф. Іродов, А. А. Чорнойван, Г. Я. Чорноморець (Україна). – № u201302535 ; заявл. 28.02.2013 ; опубл. 10.09.2013. Бюл. № 17. – 4 с.
5. Пристрій для променевого обігріву та нагрівання повітря : пат. 92674 Україна (UA), МПК F24D 10/00, F24D 15/00, F24C 15/00 / Р. В. Барсук, В. Ф. Іродов, А. А. Чорнойван (Україна) ; заявники та патентовласники Р. В. Барсук, В. Ф. Іродов, А. А. Чорнойван (Україна). – № u201403524 ; заявл. 07.04.2014 ; опубл. 26.08.2014 ; Бюл. № 16. – 4 с.
6. Променивий нагрівач : пат. 59891 Україна (UA) : МПК F24D 15/00, F24C 15/00 / В. Ф. Іродов, Д. Є. Осетянська, Ю. В. Хацкевич (Україна) ; заявник та патентовласник Придніпр. держ. акад. буд-ва та архітектури (Україна). – № u201010626 ; заявл. 02.09.10 ; опубл. 10.06.11 ; Бюл. № 11. – 4 с.
7. Система повітряно-променевого опалення : пат. 83475 Україна (UA) : МПК F24D 10/00 ; F24D 15/00 / К. В. Дудкін, В. Ф. Іродов, В. В. Ткачова, Г. Я. Чорноморець (Україна) ; заявники та патентовласники

- К. В. Дудкін, В. Ф. Іродов, В. В. Ткачова, Г. Я. Чорноморець (Україна). – № u201304161 ; заявл. 03.04.2013 ; опубл. 10.09.2013 ; Бюл. № 17. – 4 с.
8. Спосіб виміру швидкості та витрат високотемпературного газоповітряного потоку : пат. 110275 Україна (UA) : МПК G01P 5/00, G01D 9/00 / Р. В. Барсук, А. А. Чорнойван (Україна) ; заявники та патентовласники Р. В. Барсук, А. А. Чорнойван (Україна). – № u201513124 ; заявл. 31.12.2015 ; опубл. 10.10.2016 ; Бюл. № 19. – 4 с.
9. Трубчастий нагрівач : пат. 63797 Україна (UA) : МПК F24H 1/28 ; F22B 7/00 ; F24C 15/32 / К. В. Дудкін, В. Ф. Іродов, Ю. В. Бобир (Україна) ; заявник та патентовласник Придніпр. держ. акад. буд-ва та архітектури (Україна). – № u201102249 ; заявл. 25.02.2011 ; опубл. 25.10.2011 ; Бюл. № 20. – 4 с.
10. Чорноморець Г. Я. Математичне моделювання трубчастих газових нагрівачів, розташованих у будівельних конструкціях / Г. Я. Чорноморець, В. Ф. Іродов // Науковий вісник будівництва : зб. наук. пр. / Харків. нац. ун-т буд-ва та архітектури. – Харків, 2012. – Вип. 68. – С. 395–399.

REFERENCES

1. Bolockix N.N. Energoeffektivnaya sistema infrakrasnogo obogreva proizvodstvennykh pomeshhenij s bol'shimi vnutrennimi ploshhadyami [Energy-efficient infrared heating of production facilities with large inner area]. *Naukovyi visnyk budivnytstva* [Scientific Bulletin of Construction]. Kharkiv. nats. un-t bud-va ta arkhitektury [Kharkiv National University of Construction and Architecture]. Kharkiv, 2012, iss. 69, pp. 361–371.
2. Dudkin K.V., Irodov V.F. and Chornomorets H.Ya. *Prystirii dlia hazovoho opalennia: pat. 63793 Ukraina (UA), MPK F24D 10/00* [Device for gas heating : pat. 63793 Ukraine (UA), Patent National Classification F24D 10/00]. Prydnipr. akad. bud-va i arhitektury [Prydniprovs'ka Academy of Civil Engineering and Architecture]. No. 02070772, 2011. (in Ukrainian)
3. Irodov V.F., Osetianska D.Ye. and Khatskevych Yu.V. *Prystirii dlia promenevoho obihrivu ta nahrivannia povitria: pat. 61594 Ukraina (UA), MPK F24D 10/00, F24C 15/00* [Device for radiant heating and air heating : pat. 61594 Ukraine (UA), Patent National Classification F24D 10/00, F24C 15/00]. Prydnipr. akad. bud-va i arhitektury [Prydniprovs'ka Academy of Civil Engineering and Architecture]. No. u02070772, 2011. (in Ukrainian)
4. Dudkin K.V., Irodov V.F., Chornoivan A.A. and Chornomorets H.Ya. *Prystirii dlia promenevoho obihrivu ta nahrivannia povitria: pat. 83403 Ukraina (UA), MPK F24D 10/00* [Device for radiant heating and air heating : pat. 83403 Ukraine (UA), Patent National Classification F24D 10/00]. No. u201302556, 2013. (in Ukrainian)
5. Barsuk R.V., Irodov V.F. and Chornoivan A.A. *Prystirii dlia promenevoho obihrivu ta nahrivannia povitria : pat. 92674 Ukraina (UA), MPK F24D 10/00, F24D 15/00, F24S 15/00* [Device for radiant heating and air heating : pat. 92674 Ukraine (UA), Patent National Classification F24D 10/00, F24D 15/00, F24S 15/00]. No. u201403524; 2014. (in Ukrainian)
6. Irodov V.F., Osetianska D.Ye. and Khatskevych Yu.V. *Promenevyi nahrivach : pat. 59891 Ukraina (UA), MPK F24D 15/00, F24C 15/00* [Radiation heater : pat. 59891 Ukraine (UA), Patent National Classification F24D 15/00, F24C 15/00]. Irodov V.F., Osetianska D.Ye. and Khatskevych Yu.V. No. 02070772, 2011. (in Ukrainian)
7. Dudkin K.V., Irodov V.F., Tkacheva V.V. and Chornomorets H.Ya. *Systema povitryano-promenevoho opalennia : pat. 83475 Ukraina (UA), MPK F24D 10/00* [Air-radiant heating system : pat. 83475 Ukraine (UA), Patent National Classification F24D 10/00]. Dudkin K.V., Irodov V.F., Tkacheva V.V. and Chornomorets H.Ya. No. u201304161, 2013. (in Ukrainian)
8. Barsuk R.V. and Chornoivan A.A. *Sposib vymiru shvydkosti ta vytrat vysokotemperaturnogo gazopovitriannogo potoku: pat. 110275 Ukraina (UA), MPK G01P 5/00, G01D 9/00* [The method of measuring the speed and cost of high-gas flow : pat. 110275 Ukraine (UA), Patent National Classification G01P 5/00, G01D 9/00]. 2016. (in Ukrainian)
9. Dudkin K.V., Irodov V.F. and Bobyr Yu.V. *Trubchastyi nahrivach: pat. 63797 Ukraina (UA), MPK F24C 15/32* [Tubular heater : pat. 63797 Ukraine (UA), Patent National Classification F24C 15/32]. Prydnipr. akad. bud-va i arhitektury [Prydniprovs'ka Academy of Civil Engineering and Architecture]. No. 02070772, 2011. (in Ukrainian)
10. Chornomorets H.Ya. and Irodov V.F. *Matematychni modeliuvannia trubchastykh hazovykh nahrivachiv, roztashovanykh u budivelnykh konstruktsiakh* [Mathematical modeling tube gas heaters located in building structures]. *Naukovyj visnyk budivnytstva* [Scientific Bulletin construction]. Kharkiv. nats. un-t bud-va ta arkhitektury [Kharkiv National University of Construction and Architecture]. Kharkiv, 2012, iss. 68, pp. 395–399. (in Ukrainian).

Рецензент: Дерев'яно В. М., д-р техн. наук, проф.

Надійшла до редколегії: 12.09.2017 р.

Прийнята до друку: 26.09.2017 р.