References

1. Alessandro Dalla Rosa, Hongwei Li, Svend Svendsen, Sven Werner, Urban Persson, Karin Ruehling, Clemens Felsmann, Martin Crane, Robert Burzynski, Ciro Bevilacqua. Toward 4th Generation District Heating. Annex X Final report. IEA DHC, 2014. 250 pp. — <https://www.benuk.net/Fourth-Generation-District-Heating-Networks.html/>
2. Oddgeir Gudmundsson. Distribution of district heating: 4-th Generation. Danfoss Heating Segment — Application Centre, 2016. 20 pp.
3. 4th Generation District Heating Technologies and Systems. Appendix B — Project description. 4DH Strategic Research Centre, 2014. 20 pp.
4. Heat Pumps in District Heating. UK Department of Energy & Climate Change. *Final Report*, 2016. 138 pp.
5. Lobunets Yu.M. Criteria for performance evaluation of thermoelectric energy converters. *Journal of Thermoelectricity*, 2014, No. 2, pp. 65–78.
6. Price Comparison for 3-ton (10 kW) Heat Pump System. — www.heatpumppriceguides.com/

Received February 24, 2020

УДК 662.69

DOI: 10.33070/etars.2.2020.03

Пикашов В.С., канд. техн. наук, **Троценко Л.Н.,** канд. техн. наук,
Виноградова Т.В., **Великодний В.А.,** канд. техн. наук
Институт газа НАН Украины, Киев
ул. Дегтяревская, 39, 03113 Киев, Украина, e-mail: t-ln@ukr.net

Исследование влияния покрытий протяженных излучающих труб на их теплоизлучение при нагреве больших объектов и отоплении производственных помещений

Показано, что для нагрева больших по длине и объему помещений и объектов наиболее целесообразно применение протяженных излучающих труб. Описан способ нагрева протяженных объектов, при котором применяется принцип радиационного излучения от излучающих труб длиной свыше 30 м. Рассмотрены способы повышения равномерности температуры и теплового излучения от труб. Приведены результаты лабораторных экспериментов по изучению зависимости теплового излучения труб от способов нанесения на них специальных покрытий. *Библ. 18, рис. 4.*

Ключевые слова: тепловое излучение, протяженные трубы, специальные покрытия.

Энергоэффективное использование топливных ресурсов является насущной проблемой в настоящее время. Большая часть этих ресурсов идет на отопление производственных помещений и нагрев крупногабаритных объектов. Одной из передовых технологий при нагреве больших объектов (протяженных и высоких производственных помещений, таких, как цеха, ангары, гаражи, фермы и другие) является применение радиационного отопления [1, 2].

Радиационное отопление имеет много преимуществ по сравнению с традиционными способами отопления: водяными радиаторами и паровыми батареями, струями горячего воздуха и продуктов сгорания. Это низкие капитальные и эксплуатационные затраты, минимальная тепловая инерция, минимум затрат на аккумуляцию тепла помещением, приемлемые санитарные условия. К тому же за счет лучистой энергии созда-

ются комфортные условия труда рабочего персонала [3–5].

Для обогрева небольших помещений используются электрические излучатели, для производственных целей их применение неэкономично. Наиболее широко для обогрева промышленных помещений и объектов используются излучающие трубы с экранами, внутри которых циркулирует газовый теплоноситель с температурой 300–650 °C [6–8]. На рынке в мире и в Украине представлено много фирм, предлагающих свои разработки и конструкции излучающих труб с экранами, горелками, вентиляторами, автоматикой: ADRIAN (Словакия), ROBERTS GORDON (США), DETROIT RADIANT (США), SOLARONICS (Франция), PACOLE (Венгрия), FRACCARO (Италия), Газпром (РФ) и др. В этих разработках используется природный газ или пропан-бутано-

вая смесь. Располагают такие нагреватели вверху на высоте 3–10 м, их длина обычно составляет 5–30 м. К недостаткам рекламируемых излучателей можно отнести то, что при большой протяженности объектов для их обогрева необходимо определенное количество излучателей, а значит, необходима разветвленная газораспределительная сеть, электропроводка, системы дымоудаления и автоматики.

В связи с необходимостью сокращения применения дорогостоящих высококалорийных топлив и утилизации горючих отходов возникает необходимость использования других источников топлива: древесины, отходов сельского хозяйства, угля, бытовых отходов, отработанных масел, а также вторичных топлив: доменного, руднотермического и ферросплавного газов, жидких горючих топлив пиролиза шин, пластика и др. Поэтому для обогрева крупногабаритных объектов более эффективным является отопление с помощью протяженных (более 30 м) труб, теплоноситель в которые подается от одной горелки или топки. В этом случае топка может быть расположена в том же или в отдельном помещении и сжигать различные виды топлива.

В качестве примера можно привести схему отопления протяженными излучающими трубами деревообрабатывающего цеха, в которой топка расположена в отдельном помещении. Система отопления включает в себя топку, прямые и обратные излучающие трубы с отражающими экранами, дымосос и дымовую трубу. В топке сжигают отходы древесины. Теплоноситель (продукты сгорания) разбавляется воздухом до температуры 350–500 °С и подается в прямые трубы, возвращается в обратные трубы и с помощью дымососа выводится через дымовую трубу в атмосферу. Сверху над трубами расположены экраны.

В 2005–2006 гг. нами разработаны и внедрены на Побужском ферроникелевом комбинате технология и система обогрева железнодорожных вагонов грузоподъемностью 70 т с сыпучими грузами для их размораживания в зимнее время [9–11]. Система состоит из двух независимых линий по 6 вагонов. Каждая включает в себя топку-теплогенератор, протяженные трубы по 90 м вдоль вагонов, систему КИПиА. Топки и шкафы КИП и автоматики установлены в отдельном помещении, прилегающем к основному.

Рабочий контур системы размораживания является по сути крупногабаритным излучателем. Весь теплоизлучающий контур представляет собой замкнутую систему из прямых и обрат-

ных труб, по которым циркулирует низкотемпературный (300–400 °С) теплоноситель. Для выравнивания температур по длине излучающих труб в систему отопления включен дымосос, с помощью которого осуществляется возврат части отработанного теплоносителя в рабочий контур для обеспечения определенной кратности рециркуляции теплоносителя [12].

Тепло от труб излучается на вагоны и на экраны, которые переизлучают тепловую энергию к поверхности вагонов. При этом обогрев организовывается с трех сторон (к боковым стенкам и днищу вагонов), что обеспечивает относительно равномерный и быстрый прогрев груза в каждом вагоне.

Промышленная эксплуатация данной системы отопления подтвердила преимущества в сравнении с известными системами размораживания: надежность в работе, простота в эксплуатации, высокий КПД, безопасность и экологичность, низкие капитальные затраты, минимум приборов КИП и автоматики, минимальная тепловая инерция.

Единственным недостатком использования протяженных труб являлась неравномерность излучения по их длине вследствие охлаждения теплоносителя. Несмотря на кратность рециркуляции теплоносителя в рабочем контуре 3–5 разность температур поверхности излучающих труб у первого и последнего вагонов могла составлять 100 °С и более. Поэтому вагоны, стоящие ближе ко входу теплоносителя в систему, размораживались быстрее, чем удаленные вагоны.

Известен способ радиационного отопления протяженных помещений, согласно которому помещение обогревают трубчатыми модульными излучателями, продуваемыми горячим теплоносителем, например, продуктами сгорания газа [13]. Каждый модуль подогревают отдельной горелкой. Вследствие процессов теплообмена с окружающей средой горючие газы, которые протекают в модуле (трубе), на выходе из него имеют более низкую температуру, чем на входе. Поэтому каждый последующий модуль оснащен компенсационной горелкой с тепловой мощностью, достаточной для восстановления температуры, равной первоначальному значению на входе в первый модуль. Упомянутый способ обеспечивает равномерность обогрева помещения или объектов по их длине, но использование дополнительных горелок для каждого модуля, а также труб разного диаметра усложняет всю систему. Фактически предложенный способ мало отличается от обогрева отдельными небольшими излучателями.

Авторами предложены два новых способа регулирования интенсивности излучения протяженных труб по их длине. Первый — наносить на поверхность трубы покрытия с различной излучательной способностью [14]. У входа теплоносителя на первом участке покрытие должно иметь минимальное значение излучательной способности (рис.1). По мере снижения температуры излучательная способность покрытия на последующих участках должна увеличиваться.

Известно, что излучательная способность материалов может быть от 0,05 до 0,07 для гладких неокисленных металлов, для разных окисленных металлов — от 0,1 до 0,98, для сажи — до 0,98, красок с различными пигментами — от 0,1 до 0,98. Покрытия с нужной излучательной способностью могут различаться между собой приблизительно в 19 раз, и во столько же раз будет изменяться плотность теплового потока от излучаемой поверхности.

Второй способ достижения равномерности излучения по длине протяженных труб заключается в нанесении по их периметру колец с максимальной и минимальной излучательной способностью (рис.2), которые чередуются между собой [15, 16]. Причем по ходу теплоносителя на участках, где температура уменьшается, площадь колец с максимальной излучательной способностью увеличивается, а с минимальной — уменьшается согласно формуле:

$$f_{\min} = (\varepsilon_{\min} T_i^4 - \varepsilon_{\max} T_n^4) / [(\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}) T_i^4] f,$$

где $f_{\min}$ — общая площадь колец (часть общей площади участка трубы) на участке с покрытием, которое имеет минимальную излучательную способность $\varepsilon_{\min}$; $\varepsilon_{\max}$ — максимальная излучательная способность; T_i — средняя температура i -го участка, К; T_n — средняя температура последнего по ходу газов участка, К; f — площадь внешнего участка трубы, m^2 .

Рис.2. Схема нанесения покрытий кольцами.

Рис.1. Схема нанесения покрытий по участкам. Излучательная способность участка I имеет минимальное значение, участка III — максимальное, участка II — среднее; 1 — труба; 2 — экран.

Для изучения эффективности обоих способов в Институте газа НАН Украины была изготовлена лабораторная установка (рис.3), состоящая из излучающей трубы 1 длиной 5 м, к которой присоединен раструб 2. На одном торце трубы была расположена инжекционная горелка 3, которая работала на пропан-бутановой смеси из баллона 4. На другом торце трубы располагался инжектор 5, к которому подключалась воздухоудовка 6. Над трубой на определенном расстоянии находился экран-отражатель из оцинкованной жести в виде полусферы. Для измерения температуры газового теплоносителя к трубе были присоединены патрубки, в которые вводились хромель-алюмелевые термопары:

Рис.3. Схема лабораторной установки.

на входе 8 и на выходе 9. Для измерения расходов газового потока были установлены две трубки: интегрирующая 11 (полного давления) поперек потока и статического давления 12. Они подключались к дифманометру 13 (TESTO 510). Температура поверхности трубы по ее длине определялась переносной контактной термопарой 14, подключенной к мультиметру DIGITAL MULTIMETER DT 92082. Тепловой поток от трубы измерялся теплотермометром 15 типа ИТП-6 [17].

При проведении исследований тяга, то есть разрежение в конце трубы, обеспечиваемая инжектором, во всех опытах поддерживалась постоянной. Скорость потока по холодному воздуху (перед включением горелки) составляла 2,2 м/с. Естественно, что при включении горелки и подаче продуктов сгорания скорость их

Рис.4. Кривые распределения температуры (а) и теплового потока (б) по поверхности излучающей трубы (1), отражающего экрана (2) и теплового потока от них.

изменялась в зависимости от теплоотдачи потока газов внутри трубы и их температуры. Однако эта разница была в пределах $\pm 3,0\%$. Расходы пропан-бутана во всех опытах были $1,2 \text{ м}^3/\text{ч}$. Температура окружающей среды была $10\text{--}11^\circ\text{C}$.

После разогрева системы до стационарного состояния, о чем свидетельствует постоянство температур на входе и выходе газового теплоносителя, начинали измерения. Во всех опытах измеряли температуру газового теплоносителя на

входе и выходе из трубы, температуру поверхности трубы по ее длине через каждые 0,5 м. С таким же шагом измерялся тепловой поток. Датчик располагался на расстоянии 0,2 м от трубы. Погрешность опытов составляла $\pm 5\%$. Все измерения повторялись трижды через 10–15 мин. Проведено 5 серий опытов.

В опытах проверялось также влияние на суммарный тепловой поток покрытия экрана алюминиевой фольгой с внутренней или с обеих сторон. В литературных источниках приводятся разные значения излучательной способности оцинкованной жести в зависимости от ее термообработки: от 0,05–0,1 до 0,8 [18], что удовлетворяет требованиям отражения экраном тепловых потоков и может также влиять на суммарный тепловой поток.

По техническим причинам не было возможности оценить совместное воздействие циркуляции и покрытий на равномерность излучения труб.

Результаты измерений температуры трубы (t), экрана (t') и тепловых потоков от системы труба — экран (q) по всей длине излучающей трубы приведены на рис.4.

Условия опытов приведены ниже.

Серия 1. Труба и экран с исходной поверхностью в соответствии с заводской поставкой. Изменение температуры трубы по ходу движения теплоносителя (1) составляет от 320–420 до 40–60 °С, экрана (2) — от 85–90 до 40–45 °С. Соответственно тепловой поток уменьшился вдоль трубы от 410–480 до 10–30 Вт/м².

Серия 2. Поверхность экрана изнутри покрыта алюминиевой фольгой. Температура трубы практически не изменилась (уменьшение от 320–430 до 60–65 °С, температура экрана снизилась от 90–100 до 40–50 °С. Тепловой поток от системы также практически не изменился, снизившись от 400–440 до 0–10 Вт/м².

Серия 3. На трубу нанесено покрытие огнеупорной черной краской. При этом уровень температур трубы незначительно понизился, его перепад по длине составил от 300–350 до 55–75 °С. Перепад температур по длине экрана составил от 55–60 до 35–40 °С. Перепад значений теплового потока 45–50 Вт/м².

Серия 4. Дополнительно трубу на участке длиной 2 м покрыли алюминиевой фольгой, остальная часть оставалась с нанесенной на нее черной краской. Температура трубы на участке 2 м снизилась от 270 до 110 °С. Далее температура постепенно падала до 32 °С. Тепловой поток на начальном участке уменьшился от 110 (210) до 52 Вт/м², затем возрос до 105 Вт/м² и постепенно уменьшился до 22 Вт/м².

Серия 5. Те же условия, дополнительно трубу на расстоянии от 2 до 4 м покрывали кольцами фольги шириной 60 мм с расстоянием между ними до 60 мм. Температура в конце первого участка возросла на 20 °С, далее плавно уменьшалась и в конце составила 100 °С. Тепловой поток до 2 м оставался таким же и далее возрос до 182 Вт/м² и затем плавно снизился до 28 Вт/м².

Из опытов следует:

— при однородном материале излучающей трубы или ее покрытия (черный металл или черная краска) характер изменения температуры трубы по ее длине идентичен (серии опытов №№ 1–3);

— при использовании в качестве внутренней отражающей поверхности экрана оцинкованного железа или алюминиевой фольги изменений температуры экрана не наблюдалось;

— использование покрытий труб и экрана, нанесенных в определенном порядке (серия опытов №№ 4, 5), позволяет изменить характер распределения температур и теплового излучения на окружающие поверхности, заметно снизив их уменьшение по длине излучающей трубы.

Выводы

В исследованиях, проведенных в лабораторных условиях, экспериментально показано влияние покрытий на характер распределения теплового потока от излучающей трубы и экрана по их длине. Неравномерность излучения по длине труб вследствие охлаждения теплоносителя можно компенсировать не только рециркуляцией теплоносителя, но и покрытием с различной излучательной способностью по длине труб.

Список литературы

1. Мачкаши А., Банхиди А. Лучистое отопление / Под ред. В.Н. Богословского. М. : Стройиздат, 1985. 191 с.
2. Родин А.К. Газовое лучистое отопление. Л. : Недра, 1997. 191 с.
3. Шумилов Р.Н., Толстова Ю.Н., Помпер А.А. Особенности проектирования систем лучистого отопления с использованием газа. *С.О.К. Сантехника, отопление, кондиционирование*. 2008. № 2. С. 52–58.
4. Пат. 42065 Укр., МПК F 23 C 3/00. Газовый радиационный палник для опаления приміщень / О.М.Семернін, А.Є.Єринов. — Оpubл. 15.10.01, Бюл. № 9.
5. Ревун М.П., Яковлева А.В. Расчетная температура поверхности отражателя U-образного «темного»

- трубчатого излучателя. *Металлургическая теплотехника*. 2010. Вып. 2. С. 185–189.
6. Dohl A. Duntelstahler und Einflub der Bauart Auf Warmmetechnische Raumparameter. *Gas warme international*. 1998. № 2. P. 104–108.
 7. Numrich R. Wirkungsgrade van strahlungsheizungen. *Gas warme international*. 1991. № 7–8. P. 331–334.
 8. Семернин А.М., Семернина С.Д., Левченко А.А., Кузьмич А.М. Энергосберегающие технологии для отопления производственных помещений. *Промышленная теплотехника*. 2004. Т. 26. № 23. С. 76–79.
 9. Пикашов В.С., Троценко Л.Н. Эффективный способ обогрева смерзшихся грузов в железнодорожных вагонах и отопление производственных помещений. *Экотехнологии и ресурсосбережение*. 2006. № 6. С. 76–79.
 10. Пат. на корис. модель 67932 Укр., МПК F 23 C 3/00. Система розморожування сипучих вантажів, змерзлих в залізничних вагонах / В.С.Пікашов, Л.М.Троценко, В.О.Великодний, Т.В.Виноградова, К.О.Зуй. — Оpub. 25.03.12, Бюл. № 15.
 11. Троценко Л.М., Пікашов В.С., Великодний В.О., Степанюк А.С., Зуй К.О. Ефективний спосіб обігріву сировини, що змерзлась, в залізничних вагонах. *Керамика — наука и жизнь*. 2012. № 1/2. С. 28–38.
 12. Виноградова Т.В., Пикашов В.С., Троценко Л.Н. Повышение равномерности температуры по длине протяженных труб для обогрева крупных промышленных помещений // Теплотехника и энергетика в металлургии : XVII Международная конференция, Днепропетровск, Укр., Днепропетровск : НМетАУ, 2014. С. 29–30.
 13. Пат. 2246663 РФ, МПК F 23 D 14/12, 2002. Способ лучистого обогрева помещений / А.М.Карасевич, Е.В.Крейнин. — Оpubл. 20.02.05.
 14. Пат. 109093 Укр., МПК F 23 D 14/12, F 28 F 13/18, B 05 D 1/38. Спосіб інфрачервоного радіаційного опалення великих приміщень та нагріву об'єктів / В.С.Пікашов, В.О.Великодний, Л.М.Троценко, Т.В.Виноградова, С.В.Правило. — Оpubл. 11.07.16. Бюл. № 13.
 15. Пат. 112391 Укр., МПК F 14/12 (2006/01), F 13/18 (2006/01). Спосіб інфрачервоного радіаційного опалення приміщень та нагріву поверхонь / В.С.Пікашов, В.О.Великодний, Л.М. Троценко, Т.В.Виноградова, С.В.Правило. — Оpubл. 11.07.01, Бюл. № 33.
 16. Пикашов В.С., Троценко Л.Н., Великодний В.А., Виноградова Т.В., Савран Н.В. Оценка возможности равномерного тепловыделения по длине «темного» трубчатого излучателя // Теплотехника, энергетика и экология в металлургии / Под ред. Ю.С.Пройдаха. 2017. Кн. 1. С. 143–146.
 17. Геращенко О.А. Основы теплотехники. Киев : Наукова думка, 1971. 191 с.
 18. Пикашов В.С., Еринов А.Е., Клевчишкин В.А. Влияние покрытий на излучательную способность сталей. *Теплофизика высоких температур*. 1980. № 4. С. 741–744.

Поступила в редакцию 20.03.20

Пікашов В.С., канд. техн. наук, **Троценко Л.М.,** канд. техн. наук,
Виноградова Т.В., **Великодний В.А.,** канд. техн. наук
 Інститут газу НАН України, Київ
 вул. Дегтярівська, 39, 03113 Київ, Україна, e-mail: t-ln@ukr.net

Дослідження впливу покриттів протяжних випромінюючих труб на їх тепловипромінювання при нагріві великих об'єктів та опаленні промислових приміщень

Показано, що для нагріву великих за довжиною та обсягом приміщень та об'єктів найдоцільніше застосовання протяжних випромінюючих труб. Описано спосіб нагріву протяжних об'єктів, при якому застосовується принцип радіаційного випромінювання від випромінюючих труб довжиною понад 30 м. Розглянуто способи підвищення рівномірності температури та теплового випромінювання від труб. Наведено результати лабораторних експериментів з вивчення залежності теплового випромінювання труб від способів нанесення на них спеціальних покриттів. *Бібл. 18, рис. 4.*

Ключові слова: теплове випромінювання, протяжні труби, спеціальні покриття.

Pikashov V.S., *Candidate of Technical Sciences,*
Trotsenko L.N., *Candidate of Technical Sciences,*
Vinogradova T.V., Velikodny V.A., *Candidate of Technical Sciences*
The Gas Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv
39, Degtyarivska Str., 03113 Kyiv, Ukraine, e-mail: t-ln@ukr.net

Study of the Influence of Coverings of Extended Radiating Pipes on them Heat Radiation, when Heating Large Objects and Heating Industrial Rooms

It is shown that for heating rooms and objects large in length and volume, the use of extended emitting pipes is most appropriate. A method for heating extended objects is described, in which the principle of radiation from radiating pipes with a length of more than 30 m is used in a garage-defroster of railway cars. The heating system of the garage-defroster includes a firebox-heat generator, long pipes of 90 m along the wagons, the control and instrumentation system A. The firebox and the control and instrumentation cabinets are installed in a separate room. The defrost system circuit is essentially a large emitter. The entire heat-radiating circuit is a closed system of direct and return pipes through which a low-temperature (300–400 °C) coolant circulates. The industrial operation of such a system at one of the Ukrainian factories has confirmed the advantages in comparison with the known defrosting systems: reliability, easy operation, high efficiency, safety and environmental friendliness, low capital costs, a minimum of instrumentation and automation, minimal thermal inertia. Ways of increasing the uniformity of temperature and heat radiation from pipes are considered: recirculation of the coolant in the working circuit and applying coatings with different emissivity to the pipe surface. So, with a recirculation rate of the coolant in the working circuit of the industrial defrosting system from 3 to 5, the temperature difference between the surface of the emitting pipes at the first and distant cars was 100 or more degrees. Therefore, cars that are closer to the coolant entrance to the system defrosted faster than others. Two new methods for controlling the radiation intensity of long pipes along their length are proposed: coating coatings with different emissivity on the surface of pipes and coating with maximum and minimum emissivity, which alternate between themselves, around the perimeter of the rings. The results of laboratory experiments on the dependence of the heat radiation of pipes on the methods of applying special coatings to them are shown, which showed that coating in a certain order allows you to change the nature of the distribution of temperatures and heat radiation on surrounding surfaces, significantly reducing their decrease along the length of the radiating pipe. *Ref. 18, Fig. 4.*

Key words: heat radiation, long pipes, special coatings.

References

1. Machkashi A., Bankhidi A. Luchistoye otopleniye. [Radian heating]. Ed. V.N.Bogoslovsky. Moscow : Stroyizdat, 1985. 191 pp. (Rus.)
2. Rodin A.K. Gazovoye luchistoye otopleniye. [Gas radiated heating]. Leningrad : Nedra, 1997. 191 pp. (Rus.)
3. Shumilov R.N., Tolstova Yu.N., Pomper A.A. Osobennosti proyektirovaniya sistem luchistogo otopleniya s ispol'zovaniyem gaza. [Design features of radiant heating systems using gas]. *S.O.K. Santekhnika, otopleniye, konditsionirovaniye. [Plumbing, heating, air conditioning]*. 2008. No. 2. pp. 52–58. (Rus.)
4. Pat. 42065 Ukr., 7 F 23 C 3/00. Hazovyy radiatsiynny pal'nyk dlya opalennya prymishchen. [Gas radiation burner for space heating]. O.M.Semernin, A.Ye.Yernov. Publ. 15.10.2001, Bull. 9. (Ukr.)
5. Revun M.P., Yakovleva A.V. Raschetnaya temperatura poverkhnosti otrazhatelya U-obraznogo «temnogo» trubchatogo izluchatelya. [The calculated surface temperature of the reflector of the U-shaped “dark” tubular emitter]. *Metallurgicheskaya teplotekhnika. [Metallurgical heat engineering]*. 2010. Iss. 2. pp. 185–189. (Rus.)
6. Dohl A. Duntelstahler und Einflub der Bauart auf Warmmetechnische Raumparameter. *Gas warme international*. 1998. No. 2. pp. 104–108. (De.)

7. Numrich R. Wirkungsgrade van strahlungsheizungen. *Gas warme international*. 1991. No. 7–8. pp. 331–334. (De.)
8. Semernin A.M., Semernina S.D., Levchenko A.A., Kuzmich A.M. Energoberegayushchiye tekhnologii dlya otopleniya proizvodstvennykh pomeshcheniy. [Energy-saving technologies for heating industrial premises]. *Promyshlennaya teplotekhnika. [Industrial heat engineering]*. 2004. 26 (23). pp. 76–79. (Rus.)
9. Pikashov V.S., Trotsenko L.N. Effektivnyy sposob obogreva smerzhikhysya грузов v zheleznodorozhnykh vagonakh i otopleniye proizvodstvennykh pomeshcheniy. [An effective way of heating frozen goods in railway cars and heating industrial premises]. *Ecotekhnologii i resursoberezheniye. [Ecotechnology and Resource Saving]*. 2006. No. 6. pp. 76–79. (Rus.)
10. Pat. na korysnu model 67932 Ukr., 7 F 23 C 3/00. Systema rozmorozhuvannya sypuchykh vantazhiy, zmerzlykh v zaliznychnykh vahonakh. [System of defrosting bulk cargo, frozen in railway cars]. V.S.Pikashov, L.M.Trotsenko, V.O.Velykodnyy, T.V.Vynogradova, K.O.Zuy. Publ. 25.03.2012, Bull. 415. (Ukr.)
11. Trotsenko L.M., Pikashov V.S., Velykodnyy V.O., Stepanyuk A.S., Zuy K.O. Efektyvnyy sposob obihrivu syrovyny, shcho zmerzlas', v zaliznychnykh vahonakh. [An effective way to heat frozen raw materials in rail cars]. *Keramyka – nauka y zhyzn'. [Ceramics – science and life]*. 2012. No. 1/2. pp. 28–38. (Ukr.)
12. Vinogradova T.V., Pikashov V.S., Trotsenko L.N. Povysheniye ravnomernosti temperatury po dline protyazhennykh trub dlya obogreva krupnykh promyshlennykh pomeshcheniy. [Increasing temperature uniformity along the length of extended pipes for heating large industrial premises]. In: *Teplotekhnika i energetika v metallurgii : XVII Mezhdunarodnaya konferentsiya [In: Heat engineering and energy in metallurgy : 17th International Conference]*, Dnepropetrovsk, Ukraina. Dnepropetrovsk : NMetAU, 2014. pp. 29–30. (Rus.)
13. Pat. 2246663 RF, F 23 D 14/12, 2002. Sposob luchistogo obogreva pomeshcheniy. [The method of radiant heating]. A.M.Karasevich, Ye.V.Kreynin. Publ. 20.02.2005. (Rus.)
14. Pat. na vynakhid 109093 Ukr., F 23 D 14/12, F 28 F 13/18, V 05 D 1/38. Sposib infrachervonoho radiatsynoho opalennya velykykh prymishchen' ta nahrivu ob'yektiv. [The method of infrared radiation heating large premises and heating the lens]. V.S. Pikashov, V.O. Velykodnyy, L.M. Trotsenko, T.V. Vynogradova, S.V. Pravylo. Publ. 11.07.2016. Bull. 13. (Ukr.)
15. Pat. na vynakhid 112391, MPK F 14/12 (2006/01), F 13/18 (2006/01). Sposib infrachervonoho radiatsynoho opalennya prymishchen ta nahrivu poverkhon. [Method for infrared radiation heating of rooms and heating surfaces]. V.S.Pikashov, V.O.Velykodnyy, L.M.Trotsenko, T.V.Vynogradova, S.V.Pravylo. Publ. 11.07.2001. Bull. 33. (Ukr.)
16. Pikashov V.S., Trotsenko L.N., Velykodnyy V.A., Vinogradova T.V., Savran N.V. Otsenka vozmozhnosti ravnomernogo teplovydeleniya po dline «temnogo» trubchatogo izluchatelya. [Evaluation of the possibility of uniform heat generation along the length of the «dark» tubular emitter]. In: *Teplotekhnika, energetika i ekologiya v metallurgii. [In: Heat engineering, energy and ecology in metallurgy]*. Ed. Yu.S.Proydakha. 2017. Vol. 1. pp. 143–146. (Rus.)
17. Gerashchenko O.A. Osnovy teplometrii. [Thermometry Basics]. Kyiv : Naukova dumka, 1971. 191 pp. (Rus.)
18. Pikashov V.S., Yerinov A.Ye., Klevchishkin V.A. Vliyaniye pokrytiy na izluchatel'nyu sposobnost staley. [The effect of coatings on the emissivity of steels]. *Teplofizika visokikh temperature. [Thermophysics of high temperatures]*. 1980. No. 4. pp. 741–744. (Rus.)

Received March 20, 2020

**Шановні автори та читачі журналу
«Енерготехнології та ресурсозбереження»!**

Передплачуйте наш журнал (індекс 74546)
на II півріччя 2020 року
за «Каталогом видань України»
через сайт ДП «Преса» (<http://www.presa.ua>)
до 16 числа кожного місяця.