

- krovli-i-vodostokov-kak-vybrat-vidy-i-ce..., 2018. 8 с.
5. *Tuco Thermal Controls США. О бренде.* URL: <https://www.elec.ru/brands/tuco-thermal-controls-rauchem/>, 2019. 2 с.
 6. *Защита путей движения от снега и обледенения. Технический справочник.* URL: <https://www.legotherm.com.ua/poleznye-ssylki/katalogi/katalog/building/2014.pdf>, 2019. 61 с.
 7. *О компании ООО «Инженерные системы ЛТД»* URL: <https://devi.kiev.ua/informatsiya/o-kompanii.html>, 2018. 4 с.
 8. *Нагревательный кабель DEVI basic 20S* URL: <https://devi.kiev.ua/stati-o-hroduktsii-devi/devi-basis-20t.html/>, 2019. 2 с.
 9. *Электронный терморегулятор Devireg 850* URL: <https://devi.kiev.ua/stati-o-hroduktsii-devi/devireg-850.html/>, 2019. 9 с.
 10. *Нагревательный кабель Profi Therm (Еко плюс)* URL: <https://aquavital.com.ua/>, 2019. 3 с.
 11. *Система электрообогрева бетона для дорожных покрытий.* URL: <https://www.klopper-therm.de/ru/>, 2019. 2 с.

Болотських М.М. КАБЕЛЬНІ ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ВІДКРИТИХ ПЛОЩ ВІД СНІГУ І ЛЬОДУ. Приведений опис створених світовими компаніями кабельних електричних систем обігріву різноманітних покриттів відкритих площ з метою захисту їх від снігу і льоду, а також нагрівальних кабелів, використовуваних для їх реалізації, дані рекомендації по їх подальшому ефективному застосуванню.

Ключові слова: нагрівальні кабелі, захист відкритих площ від снігу, поверхня, що обігривається, нагрівальні секції.

Bolotskykh N.N. CABLE ELECTRIC SYSTEMS OF DEFENCE OF OPEN AREAS FROM SNOW AND ICE. Description over is brought created by the world companies of the cable electric systems of heating of different coverages of open areas with the purpose of protecting of them from snow and ice, and also the heater cables used for their realization, recommendations are given on their further effective application.

Keywords: heater cables, protecting of open areas from snow, heated surface, heater sections.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-97-3-81-85
УДК 697.4

Болотских Н.Н.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (ХНУСА)
(ул. Сумская, 40, г. Харьков, 61002, Украина. E-mail: tytver@gmail.com; orcid.org/000-0002-7756-6550)*

ПРОМЫШЛЕННЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ИНФРАКРАСНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАТРОННЫЕ НАГРЕВАТЕЛИ ЖИДКОСТИ И ГАЗОВ

Дано описание принципа работы и устройства энергоэффективных промышленных инфракрасных электрических керамических патронных нагревателей жидкостей и газов; подробно описаны состав и свойства современных резистивных и керамических материалов, используемых для изготовления нагревательных элементов и патронных изоляторов: приведены технические характеристики керамических электронагревателей марки ЭНПК, выпускаемых компанией ИНТМАКС; описаны их преимущества по сравнению с другими инфракрасными электрическими нагревателями, способ их монтажа и особенности эксплуатации в различных условиях; показана возможная область их эффективного использования в различных сферах промышленного производства; даны рекомендации по их дальнейшему применению в Украине.

Ключевые слова: инфракрасные керамические нагреватели, патронный нагреватель, керамический изолятор, резистивный элемент.

Введение. В промышленности и быту во многих странах мира используются инфракрасные электрические нагреватели различных типов [1]. Их широкому распространению способствовало то обстоятельство, что инфракрасный способ нагрева действует напрямую, не требует никакого промежуточного теплоносителя [2]. Инфракрасные нагреватели с помощью электромагнитного излучения передают тепло, не нагревая при этом воздух и

не создавая воздушных потоков, которые поднимают пылевые частицы в зоне нагрева. Они экономно расходуют электроэнергию и стоят не дорого. И это лишь часть весьма важных преимуществ электрических инфракрасных нагревателей.

В ряду существующих инфракрасных электрических нагревателей особое место занимают керамические [3÷9]. В их конструкциях используются керамические излучающие элементы. На практике

они отличаются высокой экономичностью и эффективностью работы. Они являются новым поколением электрических инфракрасных нагревательных приборов, которые намного эффективнее их предшественников. Преимуществом используемой в нагревателях керамики по сравнению с металлом является ее способность к эксплуатации в условиях воздействия высоких температур и коррозионно-активных сред без значительной деградации механических свойств во времени. Керамика хорошо сохраняет форму и обладает большой твердостью, механической прочностью, а также высокими диэлектрическими свойствами. В промышленности инфракрасные электрические керамические нагреватели используют для решения ряда сложных производственных задач: поддержания требуемых температур электролитов в ваннах, используемых для нанесения на поверхности изделий различных покрытий (хромирование, золочение, платинирование и др.) в гальванических цехах автомобильной, авиационной, радиотехнической и электронной промышленности; подогрева жидких сред и газов на предприятиях химической промышленности; нагрева и поддержания необходимой температуры различных агрегатов производственного оборудования (например, формовочного); дополнительной сушки в типографиях, картонно-бумажных и других производствах; обогрева отдельных помещений; подогрева продуктов в ресторанах и кафе. Для реализации этих задач используются различные виды керамических нагревателей: кольцевые, плоские, спиральные, патронные, формируемые, панельные и другие. Для подогрева жидкостей и газов чаще всего используются патронные нагреватели. Выпуск инфракрасных керамических электронагревателей в настоящее время осуществляют ряд мировых и отечественных компаний, например: ENSA (Германия) [4], ELCER (Польша) [10], ИНТМАКС (Украина) [10]. На сегодняшний день только компания ИНТМАКС выпускает 15 видов различных керамических инфракрасных нагревателей.

Настоящая статья посвящается обобщению передового опыта создания и применения на практике новых промышленных инфракрасных электрических керамических патронных нагревателей с целью дальнейшего расширения области их эффективного применения в Украине.

Целью настоящего исследования является разработка научно-обоснованных рекомендаций по дальнейшему эффективному применению новых инфракрасных электрических керамических патронных нагревателей в промышленных производствах для подогрева жидкостей и газов.

Основное содержание. Инфракрасные электрические патронные нагреватели представляют собой нагревательные приборы, в которых резистивная проволока размещается в керамических изоляторах цилиндрической (патронной) формы [11]. На рис. 1 представлена схема устройства керамического патронного нагревателя.

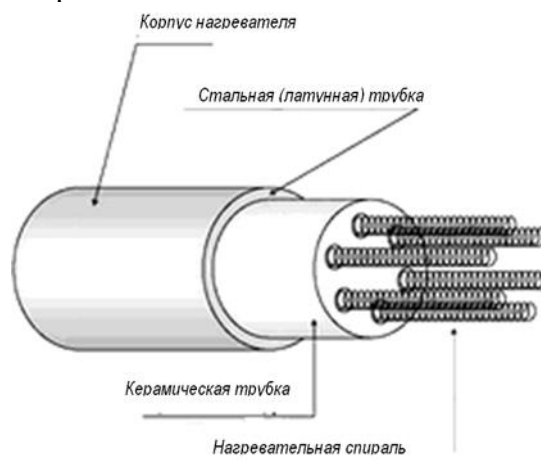


Рис. 1. Устройство электрического инфракрасного керамического патронного нагревателя жидкостей и газов.

«Сердцем» таких нагревателей является резистивный элемент [12]. Нагрев происходит за счет электрического сопротивления резистивной нагревательной спирали, выполненной из проволоки, выпускаемой фирмой Rescal (Франция). Такая проволока чаще всего изготавливается из многокомпонентных сплавов «Фехралей» (Fe-Cr-Al). Ниже, для примера, приводится химический состав сплава Резистом P135: Cr – 20÷22%, Al – 4,5%, Fe –

остальное, легирующие элементы: Si, Y, La, Ce, Zr, Ti. Его плотность составляет $7,25 \text{ г/см}^3$, а температура плавления – 1500°C . Удельное сопротивление нагревательной проволоки составляет $1,35 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$, а максимальная рабочая температура 1200°C . Высокое качество резистивной спирали, изготовленной из такой проволоки, обеспечивает достаточно продолжительный срок ее эксплуатации.

Керамический изолятор (патрон) изготавливается из мелкодисперсного порошка «Периклаз», имеющего прекрасные огнеупорные свойства [13]. Такая керамика изготавливается на основе оксида магния MgO. Она обладает высокой теплопроводностью, прекрасными электроизоляционными свойствами и высокой температурой плавления. Геометрия изолятора обеспечивает разделение между нагревательными спиралями и керамической оболочкой.

На рис. 2 представлен общий вид керамического патронного электронагревателя марки ЭНПК, выпускаемого компанией ИНТМАКС [11].



Рис. 2. Общий вид инфракрасного керамического патронного электронагревателя жидкостей и газов марки ЭНПК.

Этот нагреватель состоит из нескольких одиночных модулей, соединенных между собой по оси и прикрепленных к фланцу. Количество таких модулей зависит от длины, диаметра, мощности и назначения нагревателя. Нагреватели могут изготавливаться также с неравномерным распределением мощности по их длине за счет применения специальных «холодных зон». На рис. 3 показана одна такая «холодная зона» длиной L_m , расположенная рядом с фланцем. В зависимости от назначения нагревателя эти

«холодные зоны» могут располагаться по его длине и в других местах.

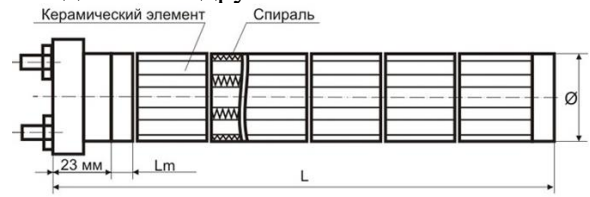


Рис. 3. Схема инфракрасного керамического патронного электрического нагревателя жидкостей и газов марки ЭНПК.

Инфракрасные патронные электрические нагреватели марки ЭНПК имеют следующие технические характеристики: максимальная удельная электрическая мощность – 9 Вт/см^2 ; мощность – до $0,8 \text{ кВт/100мм}$ длины греющей поверхности (без учета «холодной зоны»); максимальная температура поверхности нагревателя – 800°C ; напряжение питания – 230, 380, 3×380 , 400, $3\times 400 \text{ В}$; длина L (Рис. 3) – $60\div 3000 \text{ мм}$; диаметр \varnothing – 36 и 46 мм; минимальная длина «холодной зоны» L_m – 20 мм. В зависимости от величины напряжения электрического питания патронные нагреватели имеют от 2 до 4 выводов.

При монтаже патронные электронагреватели обычно помещают в защитную оболочку, закрытую с одного конца и приваренную либо прикрученную к емкости, содержащей жидкость или газ. При таком способе монтажа нагревателя обеспечивается быстрая и несложная замена неисправных элементов, а также возможность проведения монтажных работ при заполненной жидкостью емкости. Кроме того, в этом случае нагреватели защищаются от возможных повышенных вибрационных нагрузок и любого загрязнения. При включении в работу этих аппаратов нагрев газов или жидкостей осуществляется за счет конвекции и/или излучения.

Нагревательные системы на базе инфракрасных электрических керамических патронных нагревателей, как показала практика, имеют большой срок эксплуатации, неприхотливы к условиям работы, имеют высокие рабочие температуры и удельные мощности на единицу поверхности, высокую технологичность и эффективность.

Керамические патронные электронагреватели марки ЭНПК, как было указано выше, имеют максимальную температуру излучающей поверхности 800°C. Такие нагреватели относятся к категории коротковолновых инфракрасных аппаратов, так как температура их поверхности излучения превышает 600°C. Они имеют длину электромагнитного излучения λ в пределах от 0,74 до 2,5 мкм. При использовании таких нагревателей на промышленных предприятиях следует всегда иметь в виду то, что длительное нахождение людей в зоне такого коротковолнового электромагнитного излучения крайне нежелательно. В таких случаях возможно негативное влияние излучения на здоровье человека. Поэтому при монтаже таких нагревательных приборов необходимо всегда предусматривать необходимые защитные средства (например, экраны) для исключения попадания лучей на работающих людей. С учетом специфики применения инфракрасных керамических патронных нагревателей для обогрева жидкостей и газов такая возможность защиты в большинстве случаев имеется. Однако, в случаях невозможности установки такой механической защиты людей от облучения необходимо в соответствии с государственными санитарными нормами ДСН 3.3.6.042-99 [14] в обязательном порядке обеспечивать соблюдения условия $q \leq [q]$, где q – интенсивность облучения в рабочей зоне помещения (поверхностная плотность лучистого теплового потока), Вт/м² и $[q]$ – допустимое значение интенсивности облучения в рабочей зоне, Вт/м². Интенсивность облучения q для конкретных условий применения патронного электронагревателя определяется расчетным путем в соответствии с методическими рекомендациями, приведенными в [3] либо путем непосредственных замеров с помощью соответствующих приборов, а величина $[q]$ принимается по нормам ДСН 3.3.6.042-99 [14].

Выводы: 1. Промышленные инфракрасные электрические керамические патронные нагреватели жидкостей и газов модели ЭНПК являются эффективными,

технологичными, удобными в эксплуатации, имеют высокие рабочие температуры и мощности на единицу поверхности, надежны и долговечны.

2. Энергосберегающие керамические патронные электронагреватели целесообразно использовать для нагрева жидкостей и газов в машиностроительной, химической и других отраслях промышленного производства в Украине.

3. Для исключения негативного воздействия коротковолнового электромагнитного излучения на здоровье людей, находящихся в рабочей зоне производственных помещений, при монтаже инфракрасных нагревателей целесообразно предусматривать специальные защитные экраны. В случае невозможности установки таких экранов параметры электродвигателей должны рассчитываться и подбираться такими, чтобы при их работе удовлетворялись требования ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [14].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Болотских Н.Н. Инфракрасное отопление помещений с помощью электрических панельных нагревателей. «Науковий вісник будівництва», Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. 2016. вип. 83 (1). с. 153-157.
2. *Инфракрасный обогрев – принцип действия.* URL: <http://www.rav.com.ua/news/infrakrasnuu-obogrev-printsip-deystviya/>, 2019. 4 с.
3. Болотских Н.Н. Керамические инфракрасные электрические панельные обогреватели помещений. «Науковий вісник будівництва», Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. 2019. Т. 95. №1. с. 211-220.
4. *Керамические инфракрасные обогреватели ENSA.* URL: <http://ensaceramic.com.ua>, 2018. 8 с.
5. *Керамические обогреватели КАМИН.* URL: <https://kamin-hot.com.ua>, 2018. 16 с.
6. *Обогреватель инфракрасный керамический* URL: <http://www.rav.com.ua/catalog/infrakrasnoe-oborudovanie/>, 2018. 3 с.
7. *Нагреватель для ИК сауны.* URL: <http://www.rav.com.ua/catalog/catalog/infrakrasnoe-oborudovanie/>, 2018. 3 с.
8. *Инфракрасные керамические излучатели.* URL: <http://www.elcer.com.ua>, 2018. 5 с.
9. *ЕСРІ – инфракрасный керамический нагреватель.* URL: <http://www.ravxom.ua/catalog/eramicheskie/ecpl-mfrakrasnw-keramicheskiy-nagrevatel/>, 2018. 5 с.

10. О компанії ИНТМАКС URL: <http://www.elcer.com.ua>, 2018. 5 с.
11. Сухие ТЭНы URL: <http://www.elcer.com.ua>, 2019. 5 с.
12. Резистивные элементы URL: <http://www.elcer.com.ua/quality-and-materials/nagrev-prov.php>, 2019. 9 с.
13. Керамические материалы URL: <http://www.elcer.com.ua/quality-and-materials/ceramic-materials.php>, 2019. 9 с.
14. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99. Постанова Державного санітарного лікаря України від 1 грудня 1999 р., № 42. 11 с.

Болотських М.М. ПРОМИСЛОВІ КЕРАМІЧНІ ІНФРАЧЕРВОНІ ЕЛЕКТРИЧНІ ПАТРОННІ НАГРІВАЧІ РІДИНИ І ГАЗІВ. Дано опис принципу роботи і облаштування енергоефективних промислових інфрачервоних електричних керамічних патронних нагрівачів рідин і газів; докладно описані склад і властивості сучасних резистивних і керамічних матеріалів, використовуваних для виготовлення нагрівальних елементів і патронних ізоляторів: приведені технічні характеристики керамічних електронагрівачів марки ЕНПК, що випускаються компанією ІНТМАКС; описані їх переваги в порівнянні з іншими інфрачервоними електричними нагрівачами, спосіб їх монтажу і особливості експлуатації в різних умовах; показана

можлива область їх ефективного використання в різних сферах промислового виробництва; дані рекомендації по їх подальшому застосуванню в Україні.

Ключові слова: інфрачервоні керамічні нагрівачі, патронний нагрівач, керамічний ізолятор, резистивний елемент.

Bolotskykh N.N., Bolotskykh N.S. INDUSTRIAL CERAMIC INFRA-RED ELECTRIC CARTRIDGE HEATERS OF LIQUID AND GASES.

Description of principle of work and device of energy effective industrial infra-red electric ceramic cartridge heaters of liquids and gases is Given; in detail composition and properties of the modern capacitance-resistance and ceramic materials used for making of heater elements and cartridge insulators are described: technical descriptions over of the ceramic electro-heaters of brand of ENPK, produced by a company INTMAKS, are brought; their advantages as compared to other infra-red electric heaters, method of their editing and feature of exploitation are described under various conditions; the possible area of their effective use is shown in the different spheres of industrial production; recommendations are given on their further application in Ukraine.

Keywords: infra-red ceramic heaters, cartridge heater, ceramic insulator, capacitance-resistance element.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-97-3-85-92

УДК 691.3; 691.5

**Кривенко П.В., Руденко І.І., Петропавловський О.М.,
Констатинівський О.П., Ковальчук А.В.**

Київський національний університет будівництва і архітектури

(Повітрофлотський просп., 31, Київ, 03680; e-mail: pavlo.kryvenko@gmail.com, igor.i.rudenko@gmail.com, oleg.petropavlovskii@gmail.com, alexandrpk@gmail.com, nutrogenium@gmail.com; orcid.org/0000-0001-7697-2437, orcid.org/0000-0001-5716-8259, orcid.org/0000-0002-3381-1411, orcid.org/0000-0002-7936-5699, orcid.org/0000-0002-3532-4510)

ЛУЖНИЙ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ З РЕГУЛЬОВАНИМИ ВЛАСНИМИ ДЕФОРМАЦІЯМИ ЯК ОСНОВА РОЗЧИНІВ ДЛЯ АНКЕРУВАННЯ

Запропоновано лужний портландцемент (далі ЛПЦ) з контрольованими власними деформаціями як основа анкерних розчинів. Формування структури штучного каменю, протидіючою деформаціям усадки, забезпечується модифікацією ЛПЦ органо-мінеральними комплексними добавками системи «сіль-електроліт – поверхнево-активна речовина». Виявлено, що при використанні в системі Na_2SO_4 та NaNO_3 забезпечується розширення 0,062 мм/м і усадка 0,017 мм/м відповідно. Ефект компенсованої усадки модифікованого ЛПЦ обумовлений більшим ступенем кристалізації гідросилікатів та гідроалюмінатів, а також додатковим формуванням сульфатвміщуючого натрієво-кальцієвого гідроалюмінату мінаміїту та гідронітроалюмінату кальцію при використанні комплексної добавки на основі Na_2SO_4 і NaNO_3 відповідно. Анкерні розчини на основі ЛПЦ, модифікованого комплексними добавками « Na_2SO_4 – ЛСТ – Гл» і « NaNO_3 – ЛСТ – Гл», відповідають нормативним вимогам і характеризуються задовільним рівнем власних деформацій.

Ключові слова: лужний портландцемент, власна деформація, усадка, комплексна добавка, сіль-електроліт, поверхнево-активна речовина, анкерний розчин.