

10. О компании «TEXTURE». [Электронный ресурс]. Россия: TEXTURE. Режим доступа: <http://teplo.red/>, 2018. – 5 с.
11. Кварцевый обогреватель ЭКСО. [Электронный ресурс]. Республика Татарстан: ЭКСО. Режим доступа: <http://www.avito.ru/>, 2018. – 1 с.
12. Кварцевые обогреватели у производителя КЗТИ в г. Казань. [Электронный ресурс]. Республика Татарстан: КЗТИ. Режим доступа: <https://kzti.com.ru/>, 2018. – 32 с.
13. О компании ООО «ТЕПЛОСИБ». Кварцевые обогреватели. [Электронный ресурс]. Россия: ТЕПЛОСИБ. Режим доступа: <http://teplosib.com/kvarcevye-obogrevateli/>, 2017. – 6 с.

аналіз, дані рекомендації з їх вибору і подальшому ефективному застосуванню для обігріву різних приміщень.

Ключові слова: монолітний кварцовий обігрівач, обігрів приміщення, кварцовий пісок, терморегулятор.

Bolotskykh N.N., Bolotskykh N.S. MONOLITHIC QUARTZ ELECTRIC HEATERS OF APARTMENTS. Modern monolithic quartz electric heaters are described, their short analysis over is brought, recommendations are given on their choice and further effective application for heating of different apartments.

Keywords: monolithic quartz heater, heating of apartment, quartz sand, thermostat.

Болотських М.М., Болотських М.С. МОНОЛІТНІ КВАРЦОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ ОБІГРІВАЧІ ПРИМІЩЕНЬ. Описані сучасні монолітні кварцові обігрівачі, приведений їх короткий

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-94-4-199-205
УДК 697.4

Болотских Н.Н., Болотских Н.С.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002; e-mail: tgvtver@gmail.com;
orcid.org/0000-0002-7756-6550; orcid.org/0000-0003-0756-7264)*

ОБОГРЕВ ТРУБОПРОВОДОВ С ПОМОЩЬЮ ГИБКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЛЕНТ

Описаны современные гибкие электрические нагревательные ленты, используемые для обогрева трубопроводов с целью защиты от замерзания в них различных жидких сред, приведен краткий анализ нагревательных лент, даны рекомендации по их дальнейшему эффективному применению.

Ключевые слова: электрическая нагревательная лента, защита трубопроводов от замерзания, обогрев трубопроводов.

Введение. Для обогрева помещений различного назначения, а также трубопроводов, резервуаров и другого технологического оборудования в холодные периоды года практически во всех отраслях мировой промышленности широко применяются электрические инфракрасные обогреватели. На современном рынке инфракрасных отопительных приборов присутствует большое количество разнообразных типов моделей таких обогревателей.

В ХНУСА на базе глубокого анализа большинства выпускаемых в настоящее

время электрических инфракрасных обогревателей разработана достаточно подробная их классификация, представленная на рис. 1.

В основу разработки этой классификации были приняты следующие исходные положения. При работе любых обогревателей, в том числе и электрических, между ними и обогреваемыми замкнутыми пространствами либо поверхностями постоянно осуществляется теплообмен. Этот теплообмен бывает трех видов: 1) путем теплопроводности; 2) конвекцией; 3) лучистым (инфракрасным) путем. На практике

при включении обогревателей присутствуют одновременно все три вида теплообмена. Однако, в каждом конкретном случае в зависимости от конструкции обогревателей и условий их применения преобладающими являются различные виды теплообмена. Например, у панельных [1] и кварцевых трубчатых [2] электрических обогревателей преобладают два вида теплообмена: инфракрасный ($\approx 70\%$) и путем конвекции ($\approx 30\%$), а у пленочных [3] и монолитных кварцевых [2] - путем конвекции и инфракрасный. У кабельных электрических обогревателей (в том числе и ленточных гибких) [4] превалируют теплообмены путем теплопроводности (при плотном прилегании их к обогреваемым поверхностям) и инфракрасным путем (при неплотном прилегании их к обогреваемым поверхностям). В представленную на рис. 1. классификацию нами включены электрические обогреватели, у которых в качестве одного из превалирующих видов теплообмена является инфракрасный.

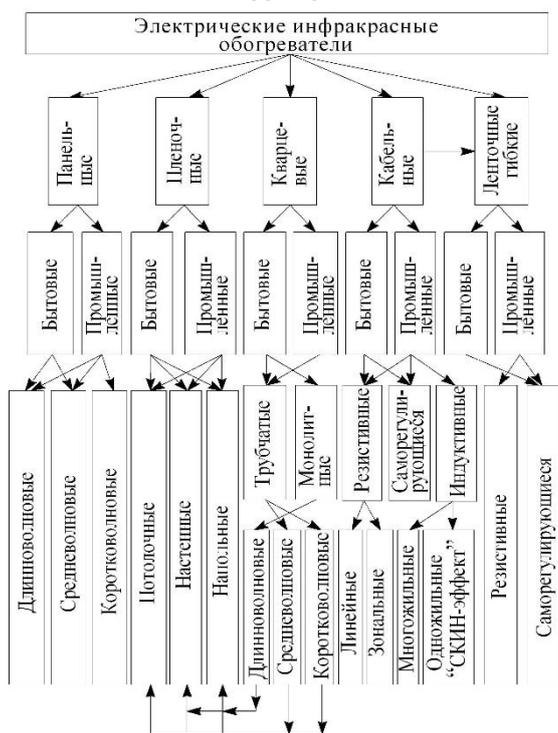


Рис. 1. Классификация электрических инфракрасных обогревателей.

Среди большого количества указанных в классификации инфракрасных электрических обогревательных приборов зна-

чительную практическую ценность представляют гибкие электрические нагревательные ленты, используемые для защиты от замерзания различных жидких сред (вода, нефтепродукты, химикаты, растворы, масла, суспензии, пасты и т. д.) в трубопроводах и резервуарах, а также для поддержания необходимой их температуры. По видам теплообмена и назначению эти нагревательные ленты аналогичны кабельным электрическим обогревателям. Вместе с тем они имеют ряд существенных конструктивных и других отличий. В связи с этим в настоящей статье рассматриваем их как отдельную самостоятельную группу электрических инфракрасных обогревателей.

В настоящее время в практике обогрева трубопроводов применяются электрические нагревательные ленты двух типов: постоянной мощности (резистивные) и саморегулирующиеся [5, 6]. С их помощью наилучшим образом решается проблема обогрева протяженных и разветвленных трубопроводов различных по длине, диаметру и типу. К сожалению, в Украине такие средства обогрева трубопроводов используются недостаточно, что, безусловно, снижает надежность их работы.

Настоящая статья посвящается подробному рассмотрению вопросов, связанных с защитой от промерзания трубопроводов в холодные периоды года с помощью гибких электрических нагревательных лент.

Целью исследования является расширение области применения в Украине эффективных гибких электрических нагревательных лент для защиты от промерзания трубопроводов в холодные периоды года и поддержания в них заданной температуры транспортируемых жидких сред.

Основное содержание. Для защиты от промерзания водопроводов, предотвращения кристаллизации веществ и закупорки нефтепроводов, а также различных трубопроводов, используемых для перекачки химикатов и других жидкостей, на их внешних поверхностях монтируются (укладываются) гибкие электрические нагревательные ленты. Способы их

укладки могут быть различными: линейными вдоль трубы с одной либо с двух сторон; в виде спиралей; комбинированными (сочетание линейных со спиральными).

На рис. 2 и 3 показаны различные способы укладки гибкой нагревательной ленты на внешней поверхности водопроводной трубы с вентилем, расположенной на открытом воздухе (рис. 2) [6] и в закрытом неотапливаемом помещении (рис. 3) [7].



Рис. 2. Общий вид водопроводной трубы с вентилем, смонтированной на открытом воздухе и защищенной от промерзания гибкой электрической нагревательной лентой.



Рис. 3. Общий вид водопроводной трубы с вентилем, расположенной в закрытом неотапливаемом помещении и защищенной от промерзания гибкой электрической нагревательной лентой.

Для обеспечения эффективного и бесперебойного функционирования трубопроводов монтаж гибкой нагревательной ленты должен быть качественным, гарантирующим надежное её прилегание к обо-

греваемой трубе и арматуре. Для фиксации нагревательной ленты в нужном месте на поверхности трубопровода используется алюминиевая клейкая лента. Пластиковые трубы в местах крепления нагревательной ленты покрываются фольгой.

Как указывалось выше, в системах обогрева трубопроводов используются различные по принципу тепловыделения нагревательные ленты: резистивные и саморегулирующиеся. Резистивные ленты выделяют тепло при прохождении электрического тока по нагревательным проводам (жилам), включенным в замкнутые цепи с заданным сопротивлением. Такие нагревательные ленты имеют следующие достоинства: высокая температура рабочего процесса; устойчивость к химическим и механическим воздействиям; гибкость и простота монтажа даже на сложных по форме участках трубопровода. Вместе с тем, этим нагревательным лентам присущи следующие недостатки: цепи нагревательной ленты имеют определенную фиксированную длину, при их разрыве система обогрева перестает функционировать; сечение проводов (жил) подбирается на определенную длину ленты, при уменьшении этой длины лента будет перегреваться и может сгореть; пересекать линии ленты при её монтаже на трубопроводе нельзя.

Резистивные нагревательные ленты используются для обогрева трубопроводов, эксплуатируемых преимущественно в специфических нестандартных условиях, в которых требуется, например: большая длина либо максимальная гибкость нагревательной ленты; высокая температура для обеспечения необходимого обогрева трубопровода; возможность использования нагревательной ленты в коррозионной среде; получение максимальной выходной мощности ленточного нагревателя и др.

Резистивные гибкие электрические нагревательные ленты выпускаются компанией ELTHERM (Германия) [8]. Она производит нагревательные ленты серии ELW (6 моделей). Нагревательная лента модели ELW-3-FEP/PVC (Рис. 4.) [8] специально разработана для защиты от промерзания трубопроводов большой длины (например,

трубопроводов, смонтированных в туннелях).

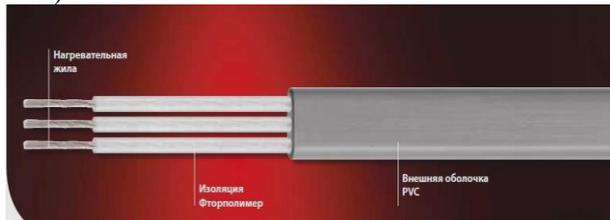


Рис. 4. Устройство гибкой резистивной нагревательной ленты модели ELW-3-FEP/PVC.

Эта нагревательная лента состоит из трех высококачественных нагревательных жил с изоляцией из химически стойкого фторполимера и дополнительной защитой в виде внешней оболочки из PVC. Эта лента имеет следующую техническую характеристику: номинальное напряжение – 300/500 В; максимальная выходная линейная мощность – 25 Вт/м; максимальная рабочая температура – 90 °С (в выключенном состоянии) и 30 °С (во включенном состоянии); радиус изгиба – 30 мм; класс защиты – II, водонепроницаемый.

Лента модели ELW-3-FEP/PVC выпускается семи типоразмеров с различными максимальными длинами цепи в зависимости от типа нагревательных жил и их сопротивления. Например, при первом типе ленты с жилами сечением $3 \times 0,50 \text{ мм}^2$ и сопротивлением 34,2 Ом/км минимальная длина нагревательной цепи составляет 435 м, а при седьмом типе жил с сечением $3 \times 6 \text{ мм}^2$ и сопротивлением 2,9 Ом/км – 1480 м.

Компания ELTHERM выпускает также электрические гибкие нагревательные ленты моделей: ELW-HS (7 типоразмеров), устойчивых к высоким температурам (до 450 °С) [9]; ELW-GN (15 типоразмеров) для обогрева поверхностей, требующих деликатного обращения (поверхностей стеклянных приборов и систем) [10]; ELW-VA (15 типоразмеров), устойчивых в коррозионной среде [11]; ELW-H (11 типоразмеров) с максимальной гибкостью и высокой выходной мощностью (\approx до 250 Вт/м) [12]; ELW-Q (9 типоразмеров) с максимальной выходной мощностью (от 138 до 1653 Вт/м) [13].

Саморегулирующиеся гибкие электрические нагревательные ленты получили наиболее широкое применение в практике обогрева трубопроводов. Выпуск этих лент обеспечивает компания KLOPPER – THERM (Германия) [14]. Она производит два типа нагревательных лент: КТ-ј и НКТ-ј. Наиболее часто такие ленты используются для обогрева труб промышленного и бытового назначения, систем противопожарной защиты и пр., а также для поддержания текучести транспортируемых жидких веществ при низких температурах окружающей среды.

Нагревательная лента типа КТ-ј (рис. 5.) [15] имеет полупроводящую матрицу, выполненную из специального полимерного материала. В этой матрице запрессованы две медные луженые жилы сечением $1,22 \text{ мм}^2$.



Рис. 5. Устройство гибкой саморегулирующейся нагревательной ленты типа КТ-ј.

На матрицу послойно напрессованы внутренняя термопластичная оболочка и наружная изоляция (оболочка) из термопластичного эластомера, которые надежно защищают нагревательный элемент саморегулирующейся ленты от каких либо механических повреждений и обеспечивают диэлектрическую прочность и влагостойкость. Сверху этой двойной изоляции нанесена прочная оплетка из медной проволоки с оловянным покрытием. Эта оплетка обеспечивает заземление по всей длине электрической нагревательной ленты. Кроме того, она является механической защитой ленты. Сверху механической оплетки напрессована внешняя фторполимерная оболочка, которая отличается стойкостью к воздействиям ультрафиолетового излучения, резким перепадам температуры, химической коррозии и атмосферным осадкам. Все это обеспечивает надежность и долговечность саморегулирующейся гибкой

электрической нагревательной ленты типа КТ-*j*.

Свои тепловые функции саморегулирующаяся нагревательная лента выполняет с помощью температурозависимого нагревательного элемента – полупроводящей матрицы, в которой и происходит выделение тепла [15]. При этом с ростом температуры сопротивление нагревательного элемента ленты также возрастает, а высокое сопротивление влечет за собой уменьшение тепловыделения. При понижении же температуры тепловыделение увеличивается. Таким образом, происходит эффект саморегулирования, который предотвращает перегрев или, наоборот, замерзание нагревательной ленты [15]. Благодаря этому нагревательная лента типа КТ-*j* не перегорает даже при наложении отдельных её участков друг на друга. Кроме того, эта нагревательная лента самостоятельно восстанавливает энергетический баланс и обеспечивает целенаправленное эффективное выделение тепла в тех случаях, когда в этом есть необходимость, т. е. при снижении температуры поверхности нагрева.

Компания KLOPPER – THERM выпускает четыре модели нагревательной ленты типа КТ-*j* (КТ- 23*j*, КТ- 25*j*, КТ- 28*j* и КТ- 210*j*) с линейными мощностями при +10 °С, соответственно, 9, 15, 25 и 32 Вт/м и максимальными длинами (на цепь), соответственно, 185, 155, 125 и 115 м. Их рабочее напряжение – 230 В. Максимальная температура при длительном применении нагревательных лент типа КТ-*j* составляет 65 °С, а при кратковременном применении – 85 °С. Такие нагревательные ленты способны устойчиво поддерживать температуру жидкостей в трубопроводах до 65 °С. Нагревательная лента типа КТ-*j* имеет следующие номинальные размеры: ширина – 11,6 мм и толщина – 5,6 мм. Её вес составляет 110 г/м. Минимальный радиус её изгиба составляет 12 мм.

Саморегулирующаяся нагревательная лента типа НКТ-*j* (рис. 6) [16] представляет собой тот же ленточный электрический нагреватель параллельного типа с эффектом саморегуляции для защиты от промерзания, но с возможностью поддержания

температуры жидких сред в трубопроводах в широком диапазоне рабочих температур (до 120 °С).



Рис. 6. Устройство гибкой саморегулирующейся нагревательной ленты типа НКТ-*j*.

Нагревательным элементом этой ленты является полупроводящая матрица, в которой запрессованы два многожильных никелированных медных проводника (медных шин) сечением 1,22 мм² каждый и состоящих из большого количества скрученных жил. Матрица покрыта фторполимерной оболочкой, которая обеспечивает диэлектрическую прочность, влагуустойчивость и защиту от механических повреждений. Поверх этой оболочки нанесена оплетка из оцинкованной медной проволоки, которая является защитным слоем. Лента имеет наружную фторполимерную оболочку, которая обладает химической прочностью и покрывает оплетку. Нагревательная лента такой конструкции успешно используется во влажных и коррозионных средах. К наиболее типичным случаям их применения являются трубопроводы, транспортирующие углеводороды и химикаты.

Принцип действия саморегулирующейся нагревательной ленты типа НКТ-*j* заключается в следующем [16]. Параллельные шины обеспечивают подачу напряжения по всей длине нагревательной линии. Полупроводящая матрица состоит из бесчисленного множества параллельных связующих нитей. Такая конструкция матрицы позволяет обрезать ленту в любом месте. При её эксплуатации исключается появление мертвых или холодных зон. Эффект саморегуляции в нагревающей ленте наступает благодаря свойствам полупроводящего полимерного слоя матрицы. По мере возрастания температуры полупроводящего полимерного слоя количество локальных проводящих связей уменьшается, автоматически уменьшая тепловыделение.

При понижении температуры количество локальных проводящих связей возрастает, приводя к увеличению тепловыделения. Этот процесс происходит в каждой точке по длине ленты. В связи с этим выходная мощность нагревательной ленты зависит от различных условий, возникающих по всей её длине. Способность саморегулирования позволяет перехлестывать ленту при её укладке на трубопроводе. При этом не образуются горячих точек или зон локального перегрева. Лента в процессе её эксплуатации самостоятельно регулирует тепловыделение. В связи с этим ограничивается максимальная температура оболочки и в то же время обеспечивается требуемая мощность для поддержания необходимой температуры трубопровода.

Компания KLOPPER-THERM выпускает 6 моделей нагревательных лент типа НКТ-*j* (НКТ- 23*j*, НКТ- 25*j*, НКТ- 28*j*, НКТ- 212*j*, НКТ- 215*j* и НКТ- 220*j*) с линейными мощностями при + 10 °С, соответственно, 9, 15, 24, 37, 46 и 63 Вт/м и максимальными длинами (на цепь), соответственно, 185, 155, 125, 105, 95 и 75 м. Их рабочее напряжение – 230 В. Максимальная температура при длительной эксплуатации нагревательных лент типа НКТ-*j* составляет 120 °С, а при кратковременном применении – 190 °С. Нагревательная лента имеет следующие номинальные размеры: ширина – 10,2 мм и толщина – 4,8 мм. Её вес составляет 120 г/м. Минимальный радиус изгиба ленты составляет 12 мм.

Описанные выше резистивные и саморегулирующиеся электрические нагревательные ленты, как показала многолетняя практика их эксплуатации, являются надежными и эффективными техническими средствами для обогрева трубопроводов с целью их защиты от промерзания и поддержания в них необходимой температуры транспортируемых жидких сред.

Выводы: 1. Для обогрева трубопроводов различных по длине, диаметрам и типам практически во многих отраслях мировой промышленности применяются надежные и эффективно работающие гибкие электрические нагревательные ленты резистивного и саморегулирующегося типов.

Их использование в практике обогрева трубопроводов является экономически эффективным решением.

2. Резистивные электрические нагревательные ленты целесообразно использовать преимущественно в специфических нестандартных условиях эксплуатации трубопроводов, в которых необходимы: большая длина или максимальная гибкость ленты; высокая температура для обеспечения обогрева; возможность работы ленты в коррозионной среде; максимальная выходная мощность ленточного нагревателя и др.

3. Саморегулирующиеся электрические нагревательные ленты обеспечивают целенаправленное эффективное выделение тепла тогда, когда в этом есть необходимость (при снижении температуры поверхности нагрева). Они обладают высокими энергосберегающими характеристиками и являются наиболее эффективными средствами защиты трубопроводов от промерзания и поддержания в них необходимой температуры транспортируемых жидких сред в широком диапазоне рабочих температур. Использование их на практике позволяет существенно экономить электроэнергию.

4. Современные резистивные и саморегулирующиеся электрические нагревательные ленты и технологии их применения для обогрева трубопроводов различного назначения целесообразно использовать в Украине для повышения устойчивости и надежности их эксплуатации в холодные периоды года.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Болотских Н.Н. Инфракрасное отопление помещений с помощью электрических панельных нагревателей [Текст]. Н.Н. Болотских // Науковий вісник будівництва. Збірник наукових праць, вип. 1 (83). Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016 – с. 153 – 157.
2. Кварцевый обогреватель: отзывы и обзор популярных производителей. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://remoo.ru/otoplenie/kvarcevyj-obogrevatel-otzyvy>, 2018. – 20 с.
3. Болотских Н.Н. Инфракрасное отопление помещений с использованием пленочных электрических обогревателей [Текст]. Н.Н.

- Болотских //Науковий вісник будівництва. Збірник наукових праць, вип. 4 (90). Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2017 – с. 204 – 207.
4. Греющий кабель. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stopled.com.ua/ru/posts/11>, 2018. – 4 с.
 5. Система антиобледенения кровли. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stopled.com.ua/ru/posts/28-sistema-antiobledeneniya-krovli>, 2018. – 8 с.
 6. Обогрев труб. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stopled.com.ua/ru/items/31-obogrev-trub>, 2018. – 6 с.
 7. Кабельный обогрев промышленных трубопроводов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stopled.com.ua/ru/posts/35-kabelnyi-obogrev-promyshlennyh-truboprovodov>, 2018. – 2 с.
 8. Обогрев магистралей [Электронный ресурс]. Германия: ELTHERM. Режим доступа: <http://stopled.com.ua/ru/26-obogrev-magistralej>, 2018. – 2 с.
 9. Прочная нагревательная лента устойчивая к высоким температурам ELM-NS. [Электронный ресурс]. Германия: ELTHERM. Режим доступа: <http://stopled.com.ua/ru/pages/133-elwhs>, 2018. – 2 с.
 10. Нагревательная лента для поверхностей, требующих деликатного обращения ELW-GN. [Электронный ресурс]. Германия: ELTHERM. Режим доступа: <http://stopled.com.ua/ru/pages/128-elwgn>, 2018. – 2 с.
 11. Нагревательная лента, устойчивая к коррозионной среде ELW-VA. [Электронный ресурс]. Германия: ELTHERM. Режим доступа: <http://stopled.com.ua/ru/pages/129-elwva>, 2018. – 2 с.
 12. Нагревательная лента максимальной гибкости ELW-H. [Электронный ресурс]. Германия: ELTHERM. Режим доступа: <http://stopled.com.ua/ru/pages/132-elwh>, 2018. – 2 с.
 13. Нагревательная лента для максимальной выходной мощности ELW-Q. [Электронный ресурс]. Германия: ELTHERM. Режим доступа: <http://stopled.com.ua/ru/pages/135-elwhq>, 2018. – 2 с.
 14. Система защиты от замерзания. [Электронный ресурс]. Германия: KLOPPER-THERM. Режим доступа: <http://kloppertherm.com.ua/>, 2018. – 2 с.
 15. Нагревательная лента типа КТ-j. [Электронный ресурс]. Германия: KLOPPER-THERM. Режим доступа: <http://kloppertherm.com.ua/production/cable-heating/kt-j.html>, 2018. – 6 с.
 16. Саморегулирующиеся нагревательные ленты типа НКТ-j. [Электронный ресурс]. Германия: KLOPPER-THERM. Режим доступа: <http://kloppertherm.com.ua/production/cable-heating/hkt-j.html>, 2018. – 5 с.

Болотських М.М., Болотських М.С. ОБІГРІВ ТРУБОПРОВІДІВ З ДОПОМОГОЮ ГНУЧКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАГРІВАЮЧИХ СТРІЧОК. Описані сучасні гнучкі електричні нагрівачі стрічки, які використовуються для обігріву трубопроводів з метою захисту від замерзання у них різноманітних рідинних серед, наведен короткий аналіз нагрівачих стрічок, дані рекомендації по їх подальшому ефективному застосуванню.

Ключові слова: електрична нагрівача стрічка, захист трубопроводів від промерзання, обігрів трубопроводів.

Bolotskykh N.N., Bolotskykh N.S. HEATING PIPELINES THROUGH FLEXIBLE ELECTRIC HEATING TAPES. The modern flexible electric heating tapes are described, used to heat pipelines in order to protect them from freezing in them of various liquid media, provides a brief analysis of heating tapes, recommendations for their further effective use are given.

Key words: electric heating tape, protection of pipelines from freezing, heating of pipelines.