

**А. В. Мазин, А. А. Корнеев, А. Ю. Галкин**

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Калужский филиал, Калуга, Россия

# ПРИМЕНЕНИЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ

На практике все чаще требуется применять жидкокристаллические индикаторы с повышенными требованиями к надежности радиоэлектронной аппаратуры в жестких климатических условиях, т.е. в широком диапазоне температур. Такие устройства индикации в основном устанавливают в приборы бытового назначения, но бывают случаи их реализации и в спецтехнике, поэтому актуально расширение температурного диапазона. Авторами работы предложена методика по расширению рабочих температур с применением приборов жидкокристаллической индикации путем внедрения нагревательных элементов с их последующим расчетом. Рассмотрено основное устройство подогревателя и даны описание и обоснование выбора базового материала, а также расчет периметра и площади поперечного сечения круглого и плоского проводников, их сравнение и определение печатного нагревательного элемента с основными аспектами технологии его производства.

**Ключевые слова:** нагревательный элемент, жидкокристаллический индикатор, подогреватель, печатный проводник, подогрев дисплея.

Для цитирования: Мазин А. В., Корнеев А. А., Галкин А. Ю. Применение нагревательных элементов для жидкокристаллических индикаторов // Радиопромышленность. 2018. № 2. С. 90–93.

**A. V. Mazin, A. A. Korneev, A. Yu. Galkin**

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga branch, Kaluga, Russia

# APPLICATION OF HEATING ELEMENTS FOR LIQUID CRYSTALLINE INDICATORS

In practice, it becomes increasingly necessary to use liquid crystal indicators with increased requirements to reliability of electronic equipment in harsh climatic conditions, that is, in a wide temperature range. Such display devices are mainly used in household appliances, but can be occasionally used in special equipment, so the expansion of the temperature range for using indicators in special products is a relevant task. The authors of the paper proposed a technique for expanding operating temperatures with the use of liquid crystal display devices by introducing heating elements with their subsequent design computations. This method is based on the basic device of the heater with the subsequent description and justification of the choice of the base material, as well as with calculation of the perimeter and cross-sectional area of the round and flat conductors, comparison thereof and calculation of the printing heating element with the main aspects of its production technology.

**Keywords:** heating element, liquid crystal display, heater, printed conductor, display heating.

For citation: Mazin A. V., Korneev A. A., Galkin A. Yu. Application of heating elements for liquid crystalline indicators. Radiopromyshlennost, 2018, no. 2, pp. 90–93. (In Russian).

DOI 10.21778/2413-9599-2018-2-90-93

При проектировании радиоэлектронной аппаратуры специального назначения к вновь разрабатываемому изделию предъявляют повышенные требования по показателям надежности. Вследствие этого приходится применять покупные

комплектующие изделия с высокими электрическими и температурными показателями.

Исторически сложилось, что в России производят не все покупные комплектующие изделия из высоконадежной и высокостабильной серии.

Далее речь пойдет о жидкокристаллических дисплеях, которые используются в цифровых устройствах для отображения различного рода текстовой и/или графической информации.

Если заказчик требует, чтобы устройство работало в широком диапазоне температур, то разработчик обычно сталкивается с большими трудностями при проектировании электронной аппаратуры. Дело в том, что приборы индикации, использующие в себе жидкие кристаллы, имеют свойство отображать информацию с задержкой или вовсе не отображать ее.

Целью данной работы является разработка нагревателя для наиболее распространенных дисплейных сборок размерностью 16 символов в двух строках (16×2).

Нагреватель должен быть сделан из материала, обладающего высоким удельным электрическим сопротивлением. Чем выше этот показатель, тем сильнее нагреется материал. Следовательно, при низком сопротивлении потребуются нагреватель большей длины и с меньшей площадью поперечного сечения [1].

Существует несколько конструктивных решений рассматриваемых нагревателей. Самым простым является прибор из изолированной нихромовой проволоки.

Такое изделие представляет собой «змеевик». В качестве изолятора в нем могут быть использованы тонкие слюдяные пластины или любой другой нагревостойкий токонепроводящий пластик. Конструкция нагревательного элемента представлена на рис. 1.

На нем показан медный нагреватель, с обеих сторон которого находятся диэлектрические пластины. Надежность такого исполнения недостаточно высока, т.к. элементы изделия не имеют жесткого крепления между собой.

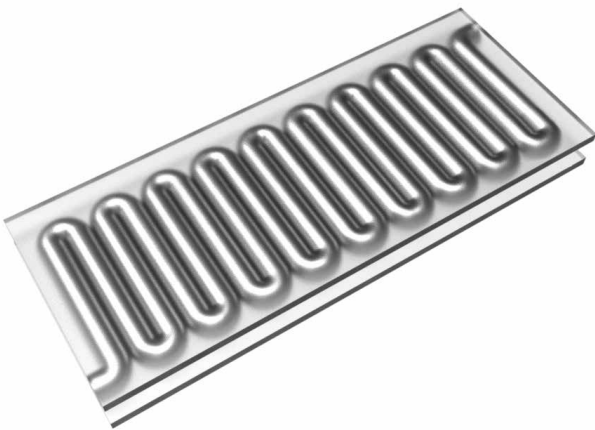


Рисунок 1. Нагревательный элемент, выполненный на основе нихромовой проволоки

Следующий вариант нагревателя выполнен путем печатного монтажа. Нагрев в данном случае происходит непосредственно на проводниках печатной платы. Топология такого изделия приведена на рис. 2.

Как видно, варьируя конфигурацию печатного проводящего слоя, можно изменять электрические параметры подогревателя.

Для выбора конфигурации проводников для нагревателей проведем несложный математический расчет для круглого проводника диаметром 1 мм и плоского проводника с размерами 0,1×7,85 мм, имеющих одинаковую площадь поперечного сечения.

Площадь поперечного сечения составляет:

- для круглого проводника

$$S = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1}{4} = 0,785 \text{ мм}^2;$$

- для плоского проводника

$$S = 0,1 \cdot 7,85 = 0,785 \text{ мм}^2.$$

Периметр равен:

- для круглого проводника

$$P = \pi d = 3,14 \cdot 1 = 3,14 \text{ мм};$$

- для плоского проводника

$$P = (7,85 + 0,1) \cdot 2 = 15,9 \text{ мм}.$$

Из данного расчета видно, что при равной площади поперечного сечения изделий выбор плоского проводника предпочтительнее из-за большей площади поверхности и, следовательно, более развитой поверхности теплоотдачи нагревателя

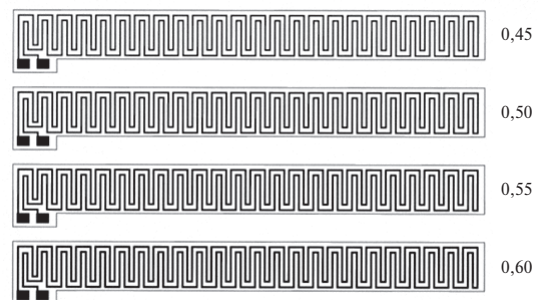


Рисунок 2. Печатные нагревательные элементы с различной конфигурацией (цифрами обозначена толщина проводников)

и большей эффективности использования проводника в качестве нагревателя, что положительно сказывается в свою очередь на КПД нагревателя и энергетических параметрах блока радиоэлектронной аппаратуры.

Кроме того, нагреватели, выполненные по технологии печатного монтажа, более технологичны по следующим причинам:

1. Процесс изготовления печатных плат отличается высокой стабильностью и может неоднократно повторяться, имеет низкую себестоимость по сравнению с технологией изготовления дискретных нагревателей из проволоки, поскольку обладает высокой степенью автоматизации и исключает ошибки, допускаемые человеком.
2. При изготовлении нагревателей исходный материал от партии к партии имеет различные параметры удельного сопротивления. По этой причине печатный нагреватель предпочтительнее, т.к. его можно подогнать под требуемую величину сопротивления изменением ширины проводника. В производстве эта процедура обеспечивается изготовлением пробной партии нагревателей с использованием фотошаблона, имеющего ряд проводников с различной шириной (например, с шагом 0,05 мм), и последующим выбором соответствующего рабочего фотошаблона. В дискретных проволочных нагревателях указанную процедуру выполнить невозможно без изменения длины проводника, что не всегда приемлемо в конкретной конструкции узла или прибора.
3. При применении меди в качестве элемента изделия нагревательный элемент изготавливают в едином процессе с печатной платой блока, следовательно, не требуются работы по его монтажу.

Исходя из вышесказанного в исследовании нами выбран печатный нагреватель. При внедрении такого изделия в жидкокристаллический индикатор 16×2 следует учитывать габариты свободного пространства. В нашем случае длина  $a = 7$  мм, ширина  $b = 2$  мм.

Наиболее подходящими и широко используемыми в производстве нагревателей для электропечей являются прецизионные сплавы с высоким электрическим сопротивлением. К ним относятся сплавы на основе хрома и никеля (хромоникелевые), железа, хрома и алюминия (железохромоалюминиевые) [2]. В качестве материала можно применить нихром или фехраль. Рассмотрим преимущества и недостатки двух этих сплавов в таблице.

В качестве базового материала для исследования выбран сплав прецизионный с высоким электрическим сопротивлением (X20H80). Он является жаростойким в окислительной атмосфере, а также в азоте и аммиаке и содержит в себе серу и соединения из нее. Предназначен для нагревательных элементов с предельной рабочей температурой 1100–1200 °С и рекомендуется для нагревателей, к которым предъявляются повышенные требования надежности [3].

Основная задача при расчете электрического нагревательного прибора сводится к следующему: в первом приближении нагреватель будет определен по формуле сопротивления проводника.

Зная удельное электрическое сопротивление материала (для нихрома  $\rho = 1,05$  Ом·мм<sup>2</sup>/м), сопротивление нагревателя и площадь поперечного сечения проводника, можно рассчитать необходимую длину [4].

Площадь поперечного сечения составляет

$$S = w_{\text{пров}} h_{\text{пров}} = 0,5 \cdot 0,02 = 0,01 \text{ мм}^2.$$

Суммарная длина печатных проводников нагревателя равна

$$l_{\text{нагр}} = \frac{RS}{\rho} = \frac{110 \cdot 0,01}{1,05} = 1,05 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}.$$

Далее можно перейти к проектированию самого изделия. Проводящий слой в данном случае приклеивают с каждой стороны к диэлектрическим пластинам, выполненным из материала САФ-0,025. В процессе прессования или приклеивания слоев нагревателя обезжиривают поверхности при помощи бязевого тампона с использованием бензина-растворителя и сушат в вытяжном

Таблица. Достоинства и недостатки нихрома и фехрали

Нихром		Фехраль	
Достоинства	Недостатки	Достоинства	Недостатки
Хорошие механические свойства в различном интервале температур; высокие пластичность и свариваемость; хорошая обрабатываемость материала; сплав не магнитится	Высокая стоимость; сравнительно низкие рабочие температуры, чем у фехрали	Низкая стоимость по сравнению с нихромом; высокая жаростойкость	Хрупкий, непрочный материал; магнитен и коррозионно-нестойкий; существенно удлиняется при нагреве

шкафу на воздухе в течение 15–20 мин при температуре от 18 до 25 °С. Далее наносят тонким ровным слоем клей К-300-61 без наполнителя при помощи маленького шпателя или другого удобного инструмента по ОСТ 180215–84. Потом совмещают нагревательный элемент с диэлектрическими слоями, избегая образования воздушных пузырей, и помещают в приспособление, обеспечивающее давление  $4,9 \cdot 10^4$  Па (0,5 кгс/см<sup>2</sup>) и плотный контакт нагревательного элемента по всей поверхности склеивания. После текущей процедуры нагреватель помещают в термошкаф с целью полимеризации клея К-300-61 при температуре  $80 \pm 5$  °С в течение 4 ч. Качество изготовления контролируют во всей партии, поскольку к изделию предъявляют повышенные требования надежности и оно относится к особо стабильным устройствам. На поверхности приклеенных нагревателей должны

отсутствовать складки, воздушные пузырьки от непрочной, белесости и разнотонных пятен. Всю сборку проверяют на соответствие требованиям чертежа. В некоторых случаях, а именно если изделие приклеивают к сферическим или цилиндрическим поверхностям, допускается нанесение клея на нагревательный элемент.

### Заключение

В заключении работы хотелось бы подчеркнуть актуальность данной разработки, т.к. для устройств, использующих покупные комплектующие изделия и сборки с «пятой приемкой», не производят особо надежные нагревательные элементы. Целями работы являлись обзор подобного рода устройств, исследование, расчет и разработка нагревателей, выполненных дискретно, а также путем печатного монтажа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никонов Н.В. Нагреватели. Методикапримеры расчета [Электронный ресурс]. М., 2012. 29 с. URL: [http://www.metotech.ru/articles/art\\_nagrev\\_1.pdf](http://www.metotech.ru/articles/art_nagrev_1.pdf) (дата обращения: 16.04.2018).
2. Сплавы для нагревателей / Л.Л. Жуков, И.М. Племянникова, М.Н. Миронова, Д.С. Баркая, Ю.В. Шумков. М.: Металлургия, 1985. 144 с.
3. ГОСТ 10994–74. Сплавы прецизионные. Марки. М.: Издательство стандартов, 1974. 29 с.
4. Дьяков В.И. Типовые расчеты по электрооборудованию. М.: Высшая школа, 1991. 160 с.

## REFERENCES

1. Nikonov N.V. *Nagrevateli. Metodikaprimery rascheta* [Heaters and design calculation examples]. Moscow, 2012, 29 p. (In Russian). Available at: [http://www.metotech.ru/articles/art\\_nagrev\\_1.pdf](http://www.metotech.ru/articles/art_nagrev_1.pdf) (accessed 16.04.2018).
2. Zhukov L.L., Plemyannikova I.M., Mironova M.N., Barkaya D.S., Shumkov Yu.V. *Splavy dlya nagrevatelei* [Alloys for heaters]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1985, 144 p. (In Russian).
3. GOST 10994–74. *Splavy pretsizionnye. Marki* [State Standard 10994–74. Precision alloys. Grades]. Moscow, Izdatelstvo standartov Publ., 1974, 29 p. (In Russian).
4. Dyakov V.I. *Tipovye raschety po elektrooborudovaniyu* [Typical calculations for electrical equipment]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1991, 160 p. (In Russian).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Мазин Анатолий Викторович**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Калужский филиал, 248000, Калуга, ул. Баженова, д.2, тел.: +7 (910) 915-58-25, e-mail: mazinav@yandex.ru.

**Корнеев Александр Анатольевич**, аспирант, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Калужский филиал, 248000, Калуга, ул. Баженова, д.2, тел.: +7 (910) 590-07-10, e-mail: sas825@yandex.ru.

**Галкин Александр Юрьевич**, преподаватель, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Калужский филиал, 248000, Калуга, ул. Баженова, д.2, тел.: +7 (920) 617-34-72, e-mail: galkinbam@mail.ru.

## AUTHORS

**Mazin Anatoliy**, Dr., professor, head of the Department, Bauman Moscow State Technical University, Kaluga branch, 2, ulitsa Bazhenova, Kaluga, 248000, Russia, tel.: +7 (910) 915-58-25, e-mail: mazinav@yandex.ru.

**Korneev Aleksandr**, postgraduate student, Bauman Moscow State Technical University, Kaluga branch, 2, ulitsa Bazhenova, Kaluga, 248000, Russia, tel.: +7 (910) 590-07-10, e-mail: sas825@yandex.ru.

**Galkin Aleksandr**, lecturer, Bauman Moscow State Technical University, Kaluga branch, 2, ulitsa Bazhenova, Kaluga, 248000, Russia, tel.: +7 (920) 617-34-72, e-mail: galkinbam@mail.ru.