

6. Maslov, O.N. (2018). Electromagnetic Safety of Workstations Equipped with Active Systems for Data Protection. *J. Commun. Technol. Electron.* 63, 163-172. DOI: 10.1134/S1064226918020067 (data obrashcheniia: 14.01.2022). – Rezhim dostupa: dlia zaregistrovannykh polzovatelei.

7. Migalev, I.E. Avtomatizirovannyi kontrol elektromagnitnykh izlucheniï v tekhnologiiakh APK: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.02 / Migalev Ivan Evgenevich. – Barnaul, 2018. – 126 s.

8. Svid. o gos. reg. progr. dlia EVM 2020619211. Nalozhenie elektromagnitnykh kolebanii v shirokom chastotnom diapazone / E.V. Titov, A.A. Soshnikov, N.S. Zhuravskii; zaiavitel i patentoobladatel: AltGTU. – No. 2020618242; zaiavl. 24.07.2020; zareg. 13.08.2020.

9. Titov, E.V. Metodologiya kompleksnogo kontrolya i vizualizatsii elektromagnitnoi obstanovki v APK: dis. ... dokt. tekhn. nauk: 05.20.02 / Titov Evgenii Vladimirovich. – Barnaul, 2021. – 345 s.

10. Kriukov, A.V. Opredelenie elektromagnitnykh vliianii vysokovoltnykh LEP i tiagovykh setei na truboprovody / A.V. Kriukov, A.V. Cherepanov, A.E. Kriukov // Elektrooborudovanie: ekspluatatsiia i remont. – 2020. – No. 9. – S. 62-72.

11. Zvezdina, M.Iu. Vizualizatsiia elektromagnitnoi obstanovki vblizi anteny tsifrovoi sistemy peredachi / M.Iu. Zvezdina, Iu.A. Shokova, Kh.T. Al-Ali // Elektrosviaz. – 2018. – No. 6. – S. 68-72.



УДК 621.365:691

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-209-3-108-115

**Т.М. Халина, М.В. Халин, А.В. Ведманкин,
Е.И. Востриков, А.Б. Дорош**
T.M. Khalina, M.V. Khalin, A.V. Vedmankin,
E.I. Vostrikov, A.B. Dorosh

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

DETERMINATION OF THE STABILITY OF OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF COMPOSITE ELECTRIC HEATERS FOR THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Ключевые слова: однородность композиционного материала, многоэлектродный композиционный электрообогреватель, информационно-энтропийный интервал, электронная микроскопия, тепловизионные исследования, локальный обогрев.

Рассматриваются эффективный низкотемпературный поверхностный обогрев и технические средства, на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей (МКЭ) различных форм и типоразмеров для агропромышленного производства. Электрообогреватели МКЭ обладают следующими характеристиками: защита от поражения электрическим током – 0; степень защиты от доступа к опасным частям, попадания твердых предметов, воды – IP57, продолжительным режимам работы без надзора. Сдерживающим фактором широкого использования электрообогревателей МКЭ является недостаточная стабильность их эксплуатационных характеристик. В статье предлагается решение задачи определения стабильности эксплуатационных параметров МКЭ на основе анализа структурно-ориентированной модели распределения технического углерода в бутилкаучуковой матрице информационно-энтропийным методом. Экспериментальные

исследования структуры композиционных материалов проводятся комплексными методами электронной микроскопии. Получены качественные и количественные характеристики структурно-ориентированной модели для формирования регулярной сетчатой структуры электропроводящего наполнителя в полимерной матрице, обеспечивающей стабильность эксплуатационных характеристик. Степень однородности КМ, отражающая колебания концентраций ТУ в различных микрообъемах полимерной матрицы для исследуемых образцов составила от 75 до 86%. Приводятся результаты тепловизионных исследований электрообогревателей МКЭ, которые показали равномерность распределения тепловых полей, что подтверждает эффективность использования информационно-энтропийного метода для определения однородности композиционного материала (КМ). Анализ полученных термограмм при выходе электрообогревателя на рабочий режим через 45 мин. после его включения показал, что превышение температуры на поверхности МКЭ-1/5 составило 15...20°C при температуре окружающей среды T = 17°C. Этот показатель соответствует зоотехническим нормам содержания молодняка животных. Использование тепловизионной диагностики позволяет

определить условия эксплуатации МКЭ и области применения их на различных объектах агропромышленного комплекса (АПК). Электрообогреватели МКЭ используются для напольного обогрева молодняка животных, грунта теплиц, в антиобледенительных системах, электрических аппаратах подогрева зерна, для обогрева щитов автоматики, щитов учета электроэнергии.

Keywords: *homogeneity of composite material, multi-electrode composite electric heater, information-entropy interval, thermal imaging studies, electron microscopy, local heating.*

This paper discusses effective low-temperature surface heating and technical means based on multi-electrode composite electric heaters (MCEH) of various shapes and sizes for agro-industrial production. Multi-electrode composite electric heaters have the following characteristics: protection against electric shock - 0; degree of protection against access to hazardous parts, intrusion of solid foreign objects and water - IP57; operating mode - continuous, without constant supervision. The limiting factor for the extensive use of MCEH is the lack of stability of their operational characteristics. A solution to the problem of determining the stability of MCEH operational parameters is based on the analysis of a structure-oriented model of the distribution of the particles of carbon black in a butyl rubber matrix using the information-entropy method. Experimental

studies of the structure of composite materials were carried out by complex methods of electron microscopy. Qualitative and quantitative characteristics of a structure-oriented model for the formation of a regular network structure of an electrically conductive filler in a polymer matrix ensuring the stability of operational characteristics were obtained. The degree of homogeneity of the composite material reflecting fluctuations in the concentrations of carbon black in different micro-volumes of the polymer matrix for the samples under study ranged from 75% to 86%. The results of thermal imaging studies of MCEH are presented which showed the uniformity of the distribution of thermal fields which confirms the effectiveness of using the information-entropy method to determine the homogeneity of a composite material. Analysis of the obtained thermograms when the electric heater enters the operating mode after 45 minutes after turning it on showed that the temperature rise on the surface of the MCEH - 1/5 was 15...20°C at an environmenting temperature of $T = 17^{\circ}\text{C}$. This indicator corresponds to animal farming standards for keeping young animals. The use of thermal imaging diagnostics allows determining the operating conditions of the MCEH and their areas of application at various agro-industrial complex facilities. MCEH electric heaters may be used for floor heating for young animals, in anti-freezing systems, in electric grain heating devices, for heating the soil of greenhouses, for heating automation panels, and electricity metering panels.

Халина Татьяна Михайловна, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: temf@yandex.ru.

Халин Михаил Васильевич, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: temf@yandex.ru.

Ведманкин Александр Васильевич, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: wedmankin.a.w@mail.ru.

Востриков Евгений Иванович, аспирант, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: temf@yandex.ru.

Дорош Александр Борисович, к.т.н., ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: aldorosh@yandex.ru.

Khalina Tatyana Mikhaylovna, Dr. Tech. Sci., Prof., Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russian Federation, e-mail: temf@yandex.ru.

Khalin Mikhail Vasilevich, Dr. Tech. Sci., Prof., Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russian Federation, e-mail: temf@yandex.ru.

Vedmankin Aleksandr Vasilevich, Asst. Prof., Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russian Federation, e-mail: wedmankin.a.w@mail.ru.

Vostrikov Evgeniy Ivanovich, post-graduate student, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russian Federation, e-mail: temf@yandex.ru.

Dorosh Aleksandr Borisovich, Cand. Tech. Sci., Asst. Prof., Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russian Federation, e-mail: aldorosh@yandex.ru.

Введение

Развитие агропромышленного комплекса РФ предполагает разработку современных технологий для различных отраслей производства в рамках Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 гг. и Концепции развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России до 2025 г. [1, 2].

Так использование энергоэффективных способов и методов низкотемпературного обогрева в животноводстве, зернопереработке, антиобледенительных системах обеспечивает снижение энергоматериальных затрат при производстве сельскохозяйственной продукции и совершенствование инфраструктуры сельских территорий.

Для Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова была предложена рецептура и технология производства многоэлектродных композиционных электрообогревателей различных типоразмеров широкого применения [3]. Электрообогреватели МКЭ-1/1 используются для обогрева щитов автоматики, подогрев зерна. При помощи электрообогревателей МКЭ-1/2, МКЭ-1/3; МКЭ-1/4 возможно реализовать обогрев грунта теплиц и в антиобледенительных системах (обогрев карнизов и крылец зданий); МКЭ-1/5 – для напольного обогрева молодняка животных. Кроме того, для обогрева водостоков используются электрообогреватели цилиндрического типа МКЭ-2/1 [4, 5]. На рисунке 1 представлены фотографии электрообогревателей МКЭ-1/1 (с вырезом 1/4 части), МКЭ-2/1 и МКЭ-1/5 [6, 7].

Сдерживающим фактором широкого использования предлагаемых электрообогревателей является недостаточная стабильность их эксплуатационных характеристик.

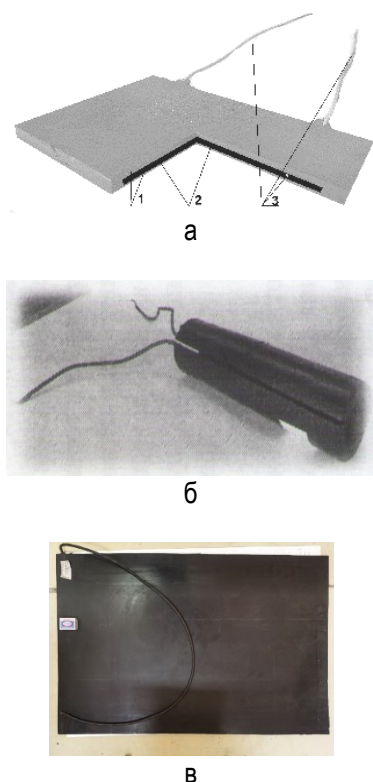


Рис. 1. Фотографии многоэлектродных композиционных электрообогревателей:
 а – МКЭ-1/1; б – МКЭ-2/1; в – МКЭ-1/5;
 1 – изоляционный слой; 2 – электропроводный слой;
 3 – электроды

Цель исследования – определение стабильности эксплуатационных параметров композиционных электрообогревателей на основе струк-

турно-ориентированной модели распределения технического углерода в бутилкаучуковой матрице является, на сегодняшний день, актуальной задачей исследования.

Задачами исследования являются:

- выбор метода определения однородности композиционного материала по условиям электрической проводимости;
- экспериментальные исследования структуры композиционных материалов комплексными методами электронной микроскопии;
- получение качественных и количественных характеристик структурно-ориентированной модели для формирования технологии изготовления, обеспечивающей стабильность эксплуатационных характеристик.

Объекты и методы

Объектом исследования является низкотемпературный МКЭ. Стабильность эксплуатационных характеристик композиционного электрообогревателя, в т. ч. равномерность распределения температуры на его поверхности определяются регулярностью структуры электропроводного слоя [8].

Электропроводный слой КМ формируется на основе кристаллизующегося бутилкаучука БК-1675Н в качестве связующего с наполнителем в виде технического углерода различных промышленных марок и концентраций. Исследования необходимо проводить микроскопическими методами на нескольких масштабных уровнях и предлагаемым информационно-энтропийным методом, основанном на теории вероятности и понятии энтропии, в сочетании с цифровыми методами обработки микрофотографий [9]. Для определения однородности КМ необходимо определить интервал (Δ) распределения наиболее часто встречающихся частиц, обуславливающих его электропроводность.

Экспериментальная часть

На практике часто при определении интервала (Δ) используется не закон распределения вероятности, а лишь некоторое число « n » конкретных значений случайной величины, подчиняющихся этому закону [10, 11]. В соответствии с предлагаемой методикой определяем гистограмму нормального закона распределения случайных величин, гистограмма распределения которых представлена на рисунке 2.

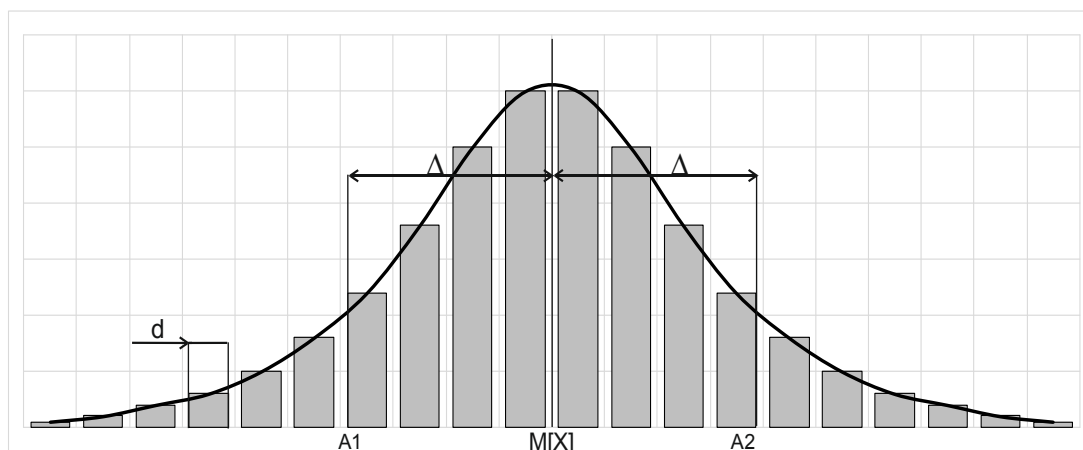


Рис. 2. Гистограмма нормального закона случайных чисел

Для нормального закона распределения является характерным, что ширина тактирования постоянная величина, т. е. $d_i=d$, получим:

$$H(\Delta) = \ln d + \sum_{i=1}^m \ln \left(\frac{n}{n_i} \right)^{\frac{n_i}{n}} = \ln \left[d \prod_{i=1}^m \left(\frac{n}{n_i} \right)^{\frac{n_i}{n}} \right], \quad (1)$$

где $H(\Delta)$ – энтропия случайной величины;

d – ширина интервала, в котором находится количество участков n_i с одинаковой концентрацией ТУ.

Тогда интервал наиболее часто встречающихся значений (Δ) с учетом (1) определится следующим образом:

$$\Delta = \frac{1}{2} e^{H(\Delta)} = \frac{d \cdot n}{2 \cdot \frac{n_1}{n} \cdot \frac{n_2}{n} \cdot \frac{n_3}{n} \cdot \dots \cdot \frac{n_i}{n} \cdot \frac{n_m}{n}} \quad (2)$$

Далее находим границы информационно-энтропийного интервала, две границы которого обозначим как A_1 и A_2 . Для их определения используется следующее выражение [10]:

$$A_{1,2} = M[X] \pm \Delta = M[X] - \frac{d}{2} \frac{n}{\sqrt{\prod_{i=1}^m (n_i)^{\frac{n_i}{n}}}} \quad (3)$$

После нахождения границ интервалов определяем колебания концентраций ТУ в микрообъемах полимера, используя электронно-микроскопические изображения тонких срезов образцов вулканизатов КМ различных марок и концентраций. Наиболее характерные микрофотографии образцов приведены на рисунке 3.

Основываясь на данных исследования исходного состояния различных ингредиентов КМ, можно утверждать, что видимые частицы не являются отдельными частицами ТУ, поскольку в процессе изготовления КМ частицы ТУ коагулируются, образуя агломераты, размерами от 150 до 300 нм, отвечающие за электропроводность КМ [4]. На представленных микрофотографиях большинство агломератов ТУ соприкасаются и

пересекаются в пространстве, образуя разветвленную сетчатую структуру различной степени регулярности. На основе качественного анализа следует выделить структуру образца № 1 с ТУ N-220 при концентрации 75 м.ч. на 100 м.ч. полимера, как имеющую наибольшую однородность распределения в нем. Поскольку для получения количественных характеристик структурно-ориентированной модели необходим подсчет агломератов ТУ, который вследствие их разветвленной структуры стандартными методами планиметрии затруднен, предлагается провести оценку распределения электропроводящего наполнителя по уровню серого в различных микрообъемах полимера.

Для этого микрофотографии образцов вулканизатов КМ были разбиты на 225 частей, в каждой из которых разработанными программными методами обработки изображения было определено количество точек «серого» (частиц ТУ), затем подсчитан средний уровень «серого» для каждой части [3]. Среднее отклонение уровня серого от уровня серого микрофотографий всего образца является показателем распределения концентрации агломератов ТУ в бутилкаучковой матрице, что в свою очередь определяет однородность КМ по условиям удельной электрической проводимости. В результате проведенного исследования были построены точечные гистограммы (рис. 4) для образцов вулканизатов, представленных ранее.

По оси абсцисс откладывается концентрация частиц технического углерода в процентах для каждого участка, по оси ординат – количество участков в процентах, имеющих одинаковую концентрацию ТУ, для каждого участка образцов варьируется от 33 до 85%.

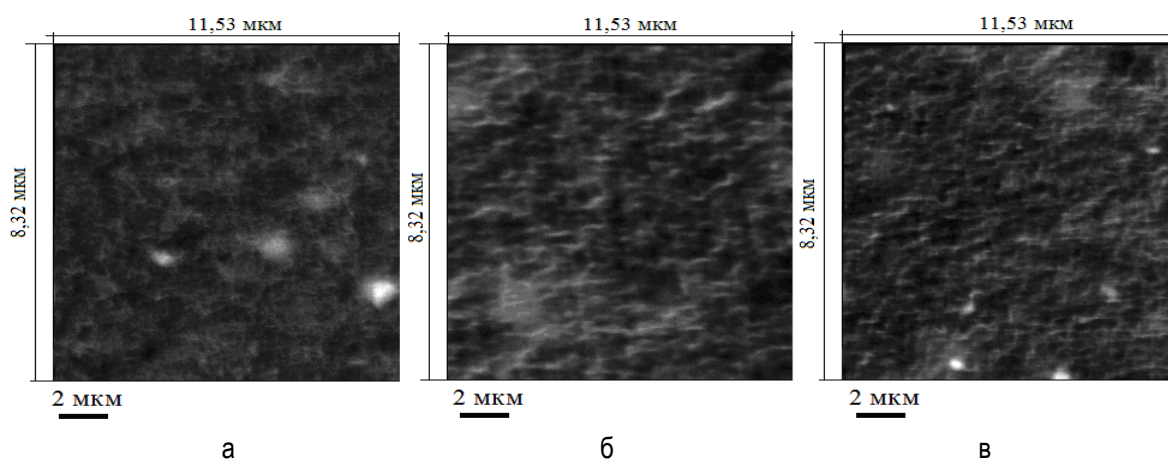


Рис. 3. Вулканизаты на основе БК-1675Н, увеличение 20000 крат.:
а – с ТУ N-220 75 м. ч. на 100 м. ч. полимера (образец № 1); б – с ТУ N-220 58 м. ч.
на 100 м. ч. полимера (образец № 2); в – с ТУ N-330 45 м. ч. на 100 м. ч. полимера (образец № 3)

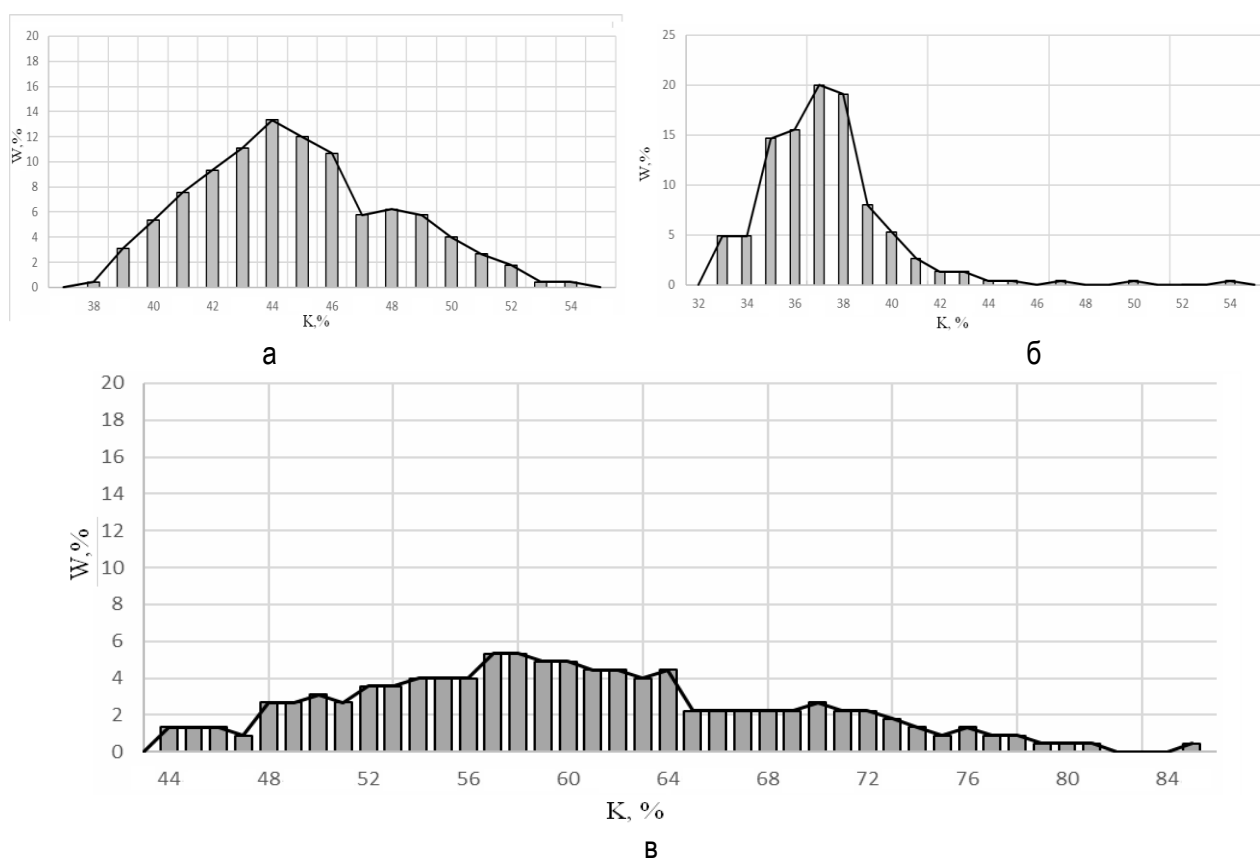


Рис. 4. Гистограммы распределения концентраций ТУ в различных микрообъемах полимера вулканизатов КМ:
а – образец № 1; б – образец № 2; в – образец № 3

Таблица

Количественные показатели однородности ТУ

| Наименование | M[X] | Δ | A2 | A1 | Кол-во участков |
|--|-------|------|-------|-------|-----------------|
| БК-1675Н с ТУ N-220 с 75 м.ч. на 100 м.ч. полимера | 46,01 | 5,93 | 40,08 | 51,94 | 195/86% |
| БК-1675Н с ТУ N-220 с 58 м.ч. на 100 м.ч. полимера | 37,21 | 4,48 | 41,69 | 32,73 | 186/83% |
| БК-1675Н с ТУ N-330 с 45 м.ч. на 100 м.ч. полимера | 60,11 | 14,8 | 45,31 | 74,91 | 168/75% |

В соответствии с вышеуказанными формулами (1)-(4) были рассчитаны следующие показатели, приведенные в таблице.

С целью подтверждения полученных результатов выполнены экспериментальные исследования температурного поля электрообогревате-

ля МКЭ-1/5 с электропроводящим составом, включающим ТУ N-330, 45 м. ч. на 100 м. ч. полимера, позволяющие установить распределение температуры на поверхности композиционного нагревателя. Тепловизионные снимки выполнены тепловизором RGK TL-160, одна из полученных термограмм приведена на рисунке 5.

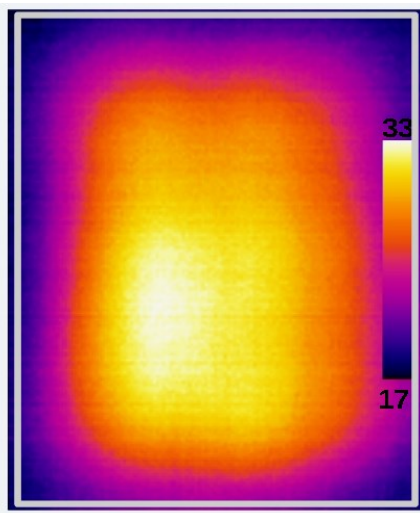


Рис. 5. Термограмма электрообогревателя МКЭ-1/5

Результаты исследований и их обсуждение

Полученные качественные и количественные характеристики структурно-ориентированной модели позволили оценить степень однородности КМ, отражающую колебания концентраций ТУ в различных микрообъемах полимерной матрицы. При этом однородность распределения ТУ составила для исследуемых образцов от 75% для образца № 3 до 86% для образца № 1.

Таким образом, вулканизаты КМ образцов № 1 и 2 отвечают требованиям однородности распределения частиц ТУ в бутилкаучуковой матрице, следовательно, стабильности эксплуатационных характеристик. Нагрев на различных участках этих образцов будет равномерным, состав и технология их изготовления могут быть рекомендованы для производства электрообогревателей МКЭ; образец № 3 имеет неоднородную структуру, что может привести к локальному перегреву МКЭ. Однако если соблюдать условия теплоотвода – расположение МКЭ-1/5 на бетонном основании, градиент температур на его поверхности выравнивается, что обеспечивает длительную эксплуатацию электрообогревателя. Анализ полученных термограмм при выходе электрообогревателя на рабочий режим через 45 мин. после его включения показал, что

превышение температуры на поверхности МКЭ-1/5 составило 15...20°C при температуре окружающей среды $T = 17^{\circ}\text{C}$ (рис. 5). Этот показатель соответствует зоотехническим нормам содержания молодняка животных [12].

Применение напольного обогрева молодняка животных в АПК эффективно как для крупных комплексов, так и для отдельных фермерских хозяйств. Доказана высокая эффективность комбинированного обогрева: лампами ИКУФ сверху и обогреватели различного типа снизу [13]. Однако известные установки локального обогрева панели и плиты имеют ряд недостатков: значительный вес, малая стойкость к агрессивным средам, гигроскопичность, сложность монтажа и высокую стоимость [13, 14]. Электрообогреватели МКЭ лишены этих недостатков и обладают следующими характеристиками: защитой от поражения электрическим током – 0; степенью защиты от доступа к опасным частям, попадания твердых предметов, воды – IP57, продолжительным режим работы без надзора.



а



б

Рис. 6. Фотографии:
а – эксплуатация электрообогревателя МКЭ-1/5 в свинарнике-маточнике;
б – ремень с установленными на нем электрообогревателями МКЭ-1/1 для обогрева водостоков зданий

Вышеуказанные преимущества электрообогревателей МКЭ позволили использовать их во

влажных и агрессивных средах установок антиобледенительных систем и свинарниках-маточниках для обогрева молодняка (рис. 6) [15].

Заключение

1. На основе полученных информационно-энтропийных значений интервалов для различных образцов вулканизатов рассчитаны степени однородности распределения ТУ по условиям электрической проводимости. Полученные данные подтверждают возможность определения однородности КМ информационно-энтропийным методом.

2. В результате анализа полученных микрофотографий образцов вулканизатов КМ и выполненных расчетов по предлагаемой методике установлены концентрации и марки электропроводящего наполнителя, отвечающие за организацию регулярной структуры в полимерной матрице, обеспечивающей формирование КМ со стабильными эксплуатационными характеристиками.

3. Использование тепловизионной диагностики позволяет определить неоднородность температурных полей электрообогревателей МКЭ. На основании этого определяют условия их эксплуатации и области применения на различных объектах АПК.

Библиографический список

1. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы (Постановления правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/EIQtiyx1ORGХоТК7А9i497tyyLAmnlrs.pdf> (дата обращения: 14.02.2022).

2. Концепция развития аграрной науки и научного обеспечения агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2025 года (Утверждена приказом Минсельхоза России от 25.06.2007г. №342) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902099525> (дата обращения: 14.02.2022).

3. Халина, Т. М. Многоэлектродные системы низкотемпературных композиционных электрообогревателей для агропромышленного комплекса: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.20.02 / Хали-

на Татьяна Михайловна. – Барнаул, 2005. – 445 с. – Текст: непосредственный.

4. ТУ 3468-007-02067824-2003. Многоэлектродные композиционные электрообогреватели (МКЭ). № Г. Р. 004026 / М. В. Халин. – Барнаул, 2003. – 24 с.

5. Дорош, А. Б. Саморегулируемые наноструктурные электрообогреватели для систем локального обогрева в АПК: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.20.02 / Дорош Александр Борисович. – Барнаул, 2019. – 168 с. – Текст: непосредственный.

6. Халин, М. В. Многоэлектродный композиционный электрообогреватель / М. В. Халин, Т. М. Халина. – Текст: непосредственный // Председатель. – 2013. – № 7. – С. 31.

7. Халин, М. В. Многоэлектродный композиционный электрообогреватель для агрессивных и влажных сред / М. В. Халин, Е. И. Востриков. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (125). – С.130-134.

8. Корнев, А. Е. Электропроводящие резины со стабильными электрическими характеристиками / А. Е. Корнев, Н. Я. Овсянников. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2001 – 211 с. – Текст: непосредственный.

9. Халина, Т. М. Энергоэффективные наноструктурные композиционные электрообогреватели для АПК / Т. М. Халина, А. Б. Дорош. – Текст: непосредственный // Ползуновский вестник. – 2014. – № 4. – С. 131-137.

10. Халина, Т. М. Метод повышения электрофизических характеристик композиционных электрообогревателей сельскохозяйственного назначения / Т. М. Халина, А. В. Ведманкин. – Текст: непосредственный // Энерго- и ресурсосбережение XXI века: материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф. – Орел, 2022. – С. 71-75.

11. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика / Н. Ш. Кремер. – Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 573 с. – Текст: непосредственный.

12. Учебно-методическое пособие по гигиене сельскохозяйственных животных «Общая гигиена» / М. Ю. Кузнецов, Ю. А. Гусева; ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова». – Саратов, 2016. – 134 с. Режим доступа: <https://www.sgau.ru/files/pages/27381/14712518947.pdf> (дата обращения 14.02.2022).

13. Растимешин, С. А. Экономическая эффективность применения средств локального электрообогрева / С. А. Растимешин, С. С. Трунов, Ю. Б. Каткова // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: труды междунар. науч.-техн. конф. – Москва, 2014. – Т. 3. – С. 228-233.

14. Системы полов для жизнеспособных свиноматок и здоровых поросят [Электронный ресурс] // Big Dutchman (Германия). – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://cdn.bigdutchman.ru/fileadmin/content/pig/products/ru/pig-production-equipment-floor-systems-Big-Dutchman-ru.pdf> – (дата обращения 14.02.2022).

15. Халина, Т. М. Системы обогрева на основе наноструктурных композиционных электрообогревателей / Т. М. Халина, М. В. Халин, А. Б. Дорosh, А. В. Ведманкин, Е. И. Востриков. – Текст: непосредственный. // Электротехника. – 2018. – № 12. – С. 21-29.

References

1. Federalnaia nauchno-tekhnicheskaiia programma razvitiia selskogo khoziaistva na 2017-2025 gody (Postanovlenie Pravitelstva Rossiiskoi Federatsii ot 25 avgusta 2017 g. No. 996) [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <http://static.government.ru/media/files/EIQtiyx1ORGXoTK7A9i497tyyLAmnlrs.pdf> (data obrashcheniia 14.02.2022).

2. Kontseptsiiia razvitiia agrarnoi nauki i nauchnogo obespecheniia agropromyshlennogo kompleksa Rossiiskoi Federatsii na period do 2025 goda (Utverzhdena prikazom Minselkhoza Rossii ot 25.06.2007 g. No. 342) [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <https://docs.cntd.ru/document/902099525> (data obrashcheniia 14.02.2022).

3. Khalina, T.M. Mnogoelektrodneye sistemy nizkotemperaturnykh kompozitsionnykh elektroobogrevatelei dlia agropromyshlennogo kompleksa: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.20.02 / Khalina Tatiana Mikhailovna. – Barnaul, 2005. – 445 s.

4. TU 3468-007-02067824-2003. Mnogoelektrodneye kompozitsionnye elektroobogrevately (MKE). No. G.R. 004026 / M.V. Khalin. – Barnaul, 2003. – 24 s.

5. Dorosh, A.B. Samoreguliruemye nanostrukturnye elektroobogrevately dlia sistem lokalnogo obogreva v APK: dis ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.20.02 / Dorosh Alekandr Borisovich. – Barnaul, 2019. – 168 s.

6. Khalin, M.V. Mnogoelektrodneyi kompozitsionnyi elektroobogrevatel / M.V. Khalin, T.M. Khalina // Predsedatel. – 2013. – No. 7. – S. 31.

7. Khalin, M.V. Mnogoelektrodneyi kompozitsionnyi elektroobogrevatel dlia agressivnykh i vlahzhnykh sred / M.V. Khalin, E.I. Vostrikov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – No. 3 (125). – S. 130-134.

8. Kornev, A.E. Elektroprovodiashchie reziny so stabilnymi elektricheskimi kharakteristikami / A.E. Kornev, N.Ia. Ovsianikov. – Sankt-Peterburg: Khimizdat, 2001 – 211 s.

9. Khalina, T.M. Energoeffektivnye nanostrukturnye kompozitsionnye elektroobogrevately dlia APK / T.M. Khalina, A.B. Dorosh // Polzunovskii vestnik. – 2014. – No. 4. – S. 131-137.

10. Khalina, T.M. Metod povysheniia elektrofizicheskikh kharakteristik kompozitsionnykh elektroobogrevatelei selskokhoziaistvennogo naznacheniia / T.M. Khalina, A.V. Vedmankin // materialy XIX mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Energo i resursoberezenie XXI vek. – Orel, 2022. – S. 71-75.

11. Kremer, N.Sh. Teoriia veroiatnostei i matematicheskaiia statistika / N.Sh. Kremer. – Moskva: luNITI-DANA, – 2004. – 573 s.

12. Uchebno-metodicheskoe posobie po gigiene selskokhoziaistvennykh zhivotnykh «Obshchaia gigiena» Kuznetsov M.Iu., Guseva Iu.A. FGBOU VO «Saratovskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet im. N. I. Vavilova». – Saratov, 2016. – 134 s. Rezhim dostupa: <https://www.sgau.ru/files/pages/27381/14712518947.pdf> (data obrashcheniia 14.02.2022).

13. Rastimeshin, S.A. Ekonomicheskaiia effektivnost primeneniia sredstv lokalnogo elektroobogreva / S.A. Rastimeshin, S.S. Trunov, Iu.B. Katkova // Tr. mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Energoobespechenie i energosberezenie v selskom khoziaistve. – Moskva, 2014. – Т. 3. – С. 228-233.

14. Sistemy polov dlia zhiznesposobnykh svinomatok i zdorovykh porosiat [Elektronnyi resurs] // Big Dutchman (Germaniia). – Elektron. dan. – Rezhim dostupa: <https://cdn.bigdutchman.ru/fileadmin/content/pig/products/ru/pig-production-equipment-floor-systems-Big-Dutchman-ru.pdf> – (data obrashcheniia 14.02.2022).

15. Khalina, T.M. Sistemy obogreva na osnove nanostrukturnykh kompozitsionnykh elektroobogrevatelei / T.M. Khalina, M.V. Khalin, A.B. Dorosh, A.V. Vedmankin, E.I. Vostrikov // Elektrotehnika. – 2018. – No. 12. – S. 21-29.