

Список литературы

1. Золина Т. В. Цифровизация предпроектной и проектной стадий в реализации инвестиционно-строительного проекта многофункционального жилого комплекса / Т. В. Золина, Н. В. Купчикова, К. Е. Джантазаева, Е. Е. Купчиков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 3 (41). – С. 144–148. – DOI 10.52684/2312-3702-2022-41-3-144-148. – EDN TKAHSM.
2. Купчикова Н. В. Цифровизация процессов стадии строительства в реализации инвестиционно-строительного проекта многофункционального жилого комплекса / Н. В. Купчикова, Т. В. Золина, К. Е. Джантазаева, Е. Е. Купчиков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 4 (42). – С. 71–80. – DOI 10.52684/2312-3702-2022-42-4-71-80. – EDN EBXBHD.
3. Купчикова Н. В. Развитие в управлении инвестиционно-строительных проектов Астраханской области / Н. В. Купчикова, И. Ю. Кузнецова // Эпоха науки. – 2018. – № 16. – С. 178–182. – DOI 10.24411/2409-3203-2018-11649. – EDN YTNKPB.
4. Купчикова Н. В. Экодевелопмент – строительство, проектирование и эксплуатация зданий и сооружений по новым стандартам / Н. В. Купчикова // Перспективы развития строительного комплекса. – 2014. – Т. 1. – С. 364–367. – EDN SYBRPT.
5. Инвестиционно-строительный проект семейного туристического центра рыбака и охотника «Ни пуха, ни пера!» (на примере Астраханской области) с масштабированием в регионах РФ / К. В. Бодрова, В. В. Милкова, Е. С. Иванова и др. // CASE-IN : сб. ст. на основе решений кейсов Международного инженерного чемпионата. – Кемерово : Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2024. – С. 3.1–3.8. – EDN TRPKCU.
6. Купчикова Н. В. Снижение осадки фундамента путем послойного поверхностного и глубинного уплотнения грунта со щебнем под нижним концом буронабивных свай / Н. В. Купчикова // Строительство и реконструкция. – 2013. – № 2 (46). – С. 41–45. – EDN RCHKVH.
7. Сапожников А. И. Особенности работы балок на упругом основании / А. И. Сапожников, С. М. Григорьев, Н. В. Купчикова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2011. – № 10 (634). – С. 99–107. – EDN PATFZZ.
8. Kupchikova N. V. Numerical researches of the work of the pile with end spherical broadening as part of the pile group / N. V. Kupchikova // Building and Reconstruction. – 2019. – № 6(86). – С. 3–9. – DOI 10.33979/2073-7416-2019-86-6-3-9. – EDN YRHETP.
9. Купчикова Н. В. Предложения по дополнению классификации конструкций готовых и набивных свай с поверхностными уширениями и наклонными боковыми сваями / Н. В. Купчикова // Строительство и реконструкция. – 2015. – № 4 (60). – С. 32–41. – EDN SAVFPV.
10. Купчикова Н. В. Концепция управления экспертизой геоподосновы, оснований и фундаментов на всех стадиях жизненного цикла / Н. В. Купчикова, А. С. Таркин, Е. Е. Купчиков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 1 (39). – С. 101–104. – DOI 10.52684/2312-3702-2022-39-1-101-104. – EDN QMLBON.
11. Патент № 2770670 С1 Российская Федерация, МПК E01D 15/14. Льдозащитная гирлянда речного наплавного моста : № 2021111427 : заявл. 15.06.2021 : опубл. 20.04.2022 / Н. В. Купчикова, Р. И. Шаяхмедов, Т. В. Золина, С. П. Стрелков ; заявитель Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. – EDN NZVCJB.

© Н. В. Купчикова, М. А. Баталов

Ссылка для цитирования:

Купчикова Н. В., Баталов М. А. Цифровизация в реализации инвестиционно-строительного проекта крытого горнолыжного комплекса «Ледяное сердце» с масштабированием в регионы Российской Федерации // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 1 (47). С. 32–37.

УДК 621.78:536

DOI 10.52684/2312-3702-2024-47-1-37-41

НЕСТАЦИОНАРНЫЙ НАГРЕВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ ЛУЧИСТЫМ ПОТОКОМ ТЕПЛА С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

А. Д. Лёгкий, Н. М. Веселова, В. И. Карапузов, Т. П. Бренина

Лёгкий Александр Дмитриевич, ассистент кафедры «Энергоснабжение, теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция», Институт архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: + 7 (961) 057-77-74; e-mail: alegkii@mail.ru;

Веселова Наталья Михайловна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Энергоснабжение, теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция», Институт архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: + 7 (988) 001-24-68; e-mail: nata.vesna1971@mail.ru;

Карапузов Владислав Игоревич, студент, Институт архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: + 7 (960) 880-73-73; e-mail: v-karapuzov@list.ru;

Бренина Татьяна Павловна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение и энергетические системы», Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: + 7 (904) 405-14-63

Рассмотрен метод исследования нестационарного нагрева лучистого потока тепла металлических заготовок квадратного сечения с переменными теплофизическими характеристиками. Описан метод получения массивных и крупногабаритных элементов для деталей машин методом термообработки. Преимущество данного метода является его применения в различных отраслях машиностроения, а также при производстве отдельных строительных конструкций. Кроме того, в статье приведен математический анализ, методом конечно-разностных уравнений при помощи компьютерного моделирования, который с высокой достоверностью позволяет получить расчеты температурных режимов нагрева стальных заготовок в производстве деталей сельскохозяйственных машин. Результаты расчетов нагрева бруса методом конечно-разностных уравнений сопоставлены с опытными данными.

Ключевые слова: нестационарный нагрев, лучистый поток тепла, теплофизические характеристики, машиностроение, строительные конструкции, математический анализ, температурный режим конечно-разностные уравнения.

**NON-STATIONARY HEATING OF METAL PARTS IN MECHANICAL ENGINEERING
BY RADIANT HEAT FLOW TAKING INTO ACCOUNT CHANGES IN THERMOPHYSICAL CHARACTERISTICS**

A. D. Legkiy, N. M. Veselova, V. I. Karapuzov, T. P. Brenina

Legkiy Aleksandr Dmitriyevich, Assistant of the Department "Power Supply, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation", Institute of Architecture and Construction of Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: + 7 (961) 057-77-74; e-mail: alegkii@mail.ru;

Veselova Natalya Mikhaylovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Power Supply, Heat Engineering, Heat Supply and Ventilation", Institute of Architecture and Construction Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: + 7 (988) 001-24-68; e-mail: nata.vesna1971@mail.ru;

Karapuzov Vladislav Igorevich, student, Institute of Architecture and Construction Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: + 7 (960) 880-73-73; e-mail: v-karapuzov@list.ru;

Brenina Tatyana Pavlovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Power Supply and Energy Systems", Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation, phone: + 7 (904) 405-14-63

A method for studying non-stationary heating of the radiant heat flux of metal billets of square cross-section with variable thermophysical characteristics is considered. A method for producing massive and large-sized elements for machine parts by heat treatment is described. The advantage of this method is its application in various branches of mechanical engineering, as well as in the production of individual building structures. In addition, the article provides a mathematical analysis using the method of finite-difference equations using computer modeling, which with high reliability makes it possible to calculate the temperature conditions of heating steel blanks in the production of parts of agricultural machines. The results of calculations of timber heating by the method of finite-difference equations are compared with experimental data.

Keywords: *unsteady heating, radiant heat flow, thermophysical characteristics, mechanical engineering, building structures, mathematical analysis, temperature regime, finite-difference equations.*

На сегодняшний день исходными условиями при нагреве металла в печах является переменный характер теплофизических характеристик, а также сложный теплообмен нагреваемого изделия с окружающей средой. Вследствие этого учет нелинейностей для проведения технологических операций сложен и трудоемок. Обычно при расчете нагрева заготовок в термических печах не учитывают характер изменения теплофизических характеристик металла от температуры, ограничиваясь их постоянством во времени. Такое обстоятельство вызывает возникновение ряда погрешностей при математическом моделировании процесса.

В данной статье предложен расчет нагрева заготовок машин методом конечно-разностных уравнений.

Цель исследования – рассмотрение нестационарного нагрева массивных тел с переменными теплофизическими характеристиками и полученные результаты расчета исследуемых математических моделей.

Задачи исследования:

- получение результатов изучения бруса квадратного сечения из стали;
- сопоставление экспериментальных данных с данными расчета, с использованием таблиц Рассела.

Объект исследования – нагрев металлических тел квадратного сечения постоянным лучистым потоком тепла и его расчет методом конечно-разностных уравнений.

Расчет математической модели нагрева массивных тел производился методом конечно-разностных уравнений при помощи компьютерного моделирования. Для получения результатов была составлена программа расчета нагрева бруса квадратного сечения на языке python.

Введение

Для изготовления деталей и конструкций элементов машин, таких как, шарикоподшипники, ролики, корпуса, рычаги и валы крупных

производственных и строительных агрегатов применяют различные виды сплавов и металлов в зависимости от назначения машин [1]. Одними из наиболее распространенных видов таких металлов, как правило, являются легированные сплавы хрома, марганца, а также молибдена. Данные вещества позволяют повысить коррозионную стойкость металлических элементов машин.

В зависимости от назначения, для производства деталей производственных и строительных машин и механизмов данный легированный металл производится в форме круглых, прямоугольных или квадратных горячекатаных прутков на сталелитейном предприятии. Важной составляющей в такой технологии для данной продукции является процесс термообработки. Именно от нее зависит твердость, прочность и износостойчивость металла [2, 3].

Для изготовления таких крупногабаритных элементов машин и механизмов, предназначенных для производственных и строительных нужд, требуются специальные теплоэнергетические печи. В зависимости от источника тепловой энергии, которая по технологическому принципу могут быть подразделены на пламенные, автогенные и электрические, будут и различны зоны термической обработки данных элементов машин. Поэтому необходимо учитывать условия теплообмена проходящих в каждой зоне таких теплоэнергетических установок. Помимо этого, движение массивных элементов машин необходимо при дооблавлении различных легирующих элементов, необходимо сохранить механические характеристики детали, в зависимости от ее назначения, а также области применения таких машин [4, 5].

Исходными условиями при нагреве металла в печах является переменный характер теплофизических характеристик, а также сложный теплообмен нагреваемого изделия с окружающей средой. Вследствие этого учет нелинейностей

для проведения технологических операций сложен и трудоемок. Обычно при расчете нагрева заготовок в термических печах не учитывают характер изменения теплофизических характеристик металла от температуры, ограничиваясь их постоянством во времени. Такое обстоятельство вызывает возникновение ряда погрешностей при математическом моделировании процесса. Поэтому, знание закономерности физического нагрева лучистым потоком тепла металлических заготовок позволяет оптимизировать температурные режимы работы печей, обеспечить качество продукции и получение определенных физических свойств металла [5].

Данная продукция, произведенная в данных теплоэнергетических установках, подразделяется на малые и массивные элементы машин. Расчет первых элементов можно производить по методике, представленной в литературе [6, 7]. Поэтому в данной статье будет рассмотрен процесс расчета массивных элементов машин, так как нестационарный процесс нагрева данных элементов с учетом изменения их теплофизических свойств до конца не был изучен [8].

Теория и методы исследования

Нагрев металлических тел квадратного сечения постоянным лучистым потоком тепла может быть описан уравнениями [9]:

$$c\rho(T) \frac{\partial T}{\partial \tau} = 2 \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left[\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial r} \right]; \quad (1)$$

$$\lambda(T) \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right)_{SF} = \sigma_R (T_E^4 - T_{SF}^4); \quad (2)$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial r} \right)_{r=0} = 0; \quad (3)$$

$$T_{\tau=0} = T_0, \quad (4)$$

где $c\rho(T) = cg/(V_0 + \beta T)$ – коэффициент объемной теплоемкости стали, меняющийся в зависимости от температуры; $V_0 + \beta T$ – термическое расширение тела; $\lambda(T) = \lambda_0 + bT$ – коэффициент теплопроводности тела, меняющийся в зависимости от температуры; $(\partial T/\partial r)_{SF}$ – градиент температуры на поверхности тела; σ_R – приведенная степень черноты; T_E – температура окружающей среды; T_{SF} – температура поверхности тела; $T_{\tau=0}$ – температура тела в начальный момент времени нагрева, равная начальной температуре T_0 .

С учетом принятых масштабных преобразований и после подстановки Кирхгофа $\Phi = \int \Lambda(\Theta) d\Theta$ в уравнения (1)–(4), эти уравнения в безразмерном виде примут вид [10]:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial Fo} = 2 \cdot V(\Theta) \cdot \Lambda(\Theta) \cdot \left[\frac{\partial^2 \Phi}{\partial R^2} \right]; \quad (5)$$

$$\left(\frac{\partial \Phi}{\partial R} \right)_{SF} = Ki \cdot (1 - \Theta_{SF}^4); \quad (6)$$

$$\left(\frac{\partial \Phi}{\partial R} \right)_{R=0} = 0; \quad (7)$$

$$\Phi_{Fo=0} = \Phi_0. \quad (8)$$

$$\text{где } \Phi = \Theta + 0,5B\Theta^2; \quad \Theta = -\frac{1}{B} - \sqrt{\frac{1}{B^2} + \frac{2}{B}\Phi}; \quad \Theta = \frac{T}{T_{\max}};$$

$$Fo = \frac{a_0 \cdot \tau}{r_0^2} = \frac{\lambda_0 \cdot \tau}{c_0 \cdot r_0^2}; \quad c_0 = \frac{cg}{V_0} = c \cdot \rho_0; \quad V(\Theta) = 1 + A\Theta;$$

$$\Lambda(\Theta) = \frac{\lambda}{\lambda_0} = 1 + B\Theta; \quad A = \frac{\beta T_{\max}}{V_0}; \quad B = \frac{bT_{\max}}{\lambda_0}; \quad R = \frac{r}{r_0};$$

$$Ki = \frac{\sigma_R r_0}{\lambda_0} \cdot T_{\max}^3; \quad \Theta_{SF} = \frac{T_{SF}}{T_{\max}}; \quad \Phi_0 = \Theta_0 + 0,5B\Theta_0^2;$$

$$\Theta_0 = \frac{T_0}{T_{\max}}.$$

Для элемента машин и конструкций квадратного сечения для системы уравнений (5–8) можно использовать уравнение для одномерного тела (пластины), а результирующую величину безразмерной температуры для центра тела получить, используя выражение:

$$\Phi_{\text{ц}} = 1 - (1 - \Phi_{\text{ц}}^a)(1 - \Phi_{\text{ц}}^b) = 1 - (1 - \Phi_{\text{ц}})^2,$$

где $\Phi_{\text{ц}}^a$ и $\Phi_{\text{ц}}^b$ – безразмерная температура для центра пластины соответственно толщиной a и толщиной b .

Результаты и их обсуждение

Расчет полученной математической модели (5–8) нагрева массивных тел производился методом конечно-разностных уравнений при помощи компьютерного моделирования. Для получения результатов была составлена программа расчета нагрева бруса квадратного сечения на языке python.

Исходными данными для расчета были:

- брус квадратного сечения из стали марки ст. 3 с размерами сторон $2r_0 = 250$ мм, длиной 11,8 м;
- условия нагрева: постоянный лучистый тепловой поток в печи, температура в нагревательной печи 1190 °С, начальная температура заготовки 190 °С;
- физические условия: плотность стали при температуре t_0 $\rho_0 = 7850$ кг/м³; коэффициент теплопроводности стали $\lambda = 56,96 - 0,0323 \cdot T$ Вт/(м²·К); коэффициент объемного расширения $\beta = 38,85 \cdot 10^{-6}$ м³/К [11]; средняя массовая теплоемкость $c = 477,2$ Дж/(кг·К), приведенная степень черноты $\sigma_R = 0,0448 \cdot 10^{-6}$ Вт/(м²·К⁴) [12].

Сетка для расчета принималась с шагом $r_0/20$.

Результаты расчета для бруса квадратного сечения приведены ниже в таблице.

Полученные результаты были сопоставлены с экспериментальными данными и данными расчета с использованием таблиц Рассела, описанных в литературе (рис.) [13–15].

Как видно из рисунка результаты, полученные решением конечно-разностных уравнений и результаты расчетов, полученные при расчете нестационарного температурного поля с использованием таблиц Рассела, имеют отклонения, но схожесть характеров графиков. Наибольшее расхождение графиков для центра бруса наблюдается в области $Fo = 1,0$. В то же время данные, полученные для поверхности тел, имеют наиболее близкие значения, в отличие от данных, полученных для центра.

Таблица

Результаты расчета нагрева бруса квадратного сечения лучистым потоком тепла

| Число Фурье $ Fo $ | Время нагрева $ t, $ мин. | Безразмерная температура $ \Phi_c $ в центре бруса | Температура $ t_c $ в центре бруса, °С | Безразмерная температура $ \Phi_n $ на поверхности бруса | Температура $ t_n $ на поверхности бруса, °С |
|--------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| 0,1 | 1,6 | 0,27934 | 198,78 | 0,37075 | 396,48 |
| 0,2 | 3,21 | 0,29781 | 236,21 | 0,40901 | 490,79 |
| 0,4 | 6,42 | 0,34454 | 336,34 | 0,45832 | 627,36 |
| 0,5 | 8,02 | 0,36656 | 386,65 | 0,47676 | 684,36 |
| 0,8 | 12,84 | 0,42174 | 524,2 | 0,51688 | 825,03 |
| 0,9 | 14,44 | 0,43668 | 564,93 | 0,52632 | 862,71 |
| 1,1 | 17,65 | 0,46211 | 638,77 | 0,54093 | 925,94 |
| 1,3 | 20,86 | 0,48253 | 703,06 | 0,55127 | 975,35 |
| 1,5 | 24,07 | 0,50176 | 768,81 | 0,55867 | 1013,84 |
| 1,6 | 25,68 | 0,50998 | 798,82 | 0,56157 | 1029,79 |
| 1,8 | 28,89 | 0,52413 | 853,79 | 0,56619 | 1056,45 |
| 2 | 32,1 | 0,53577 | 902,82 | 0,56966 | 1077,62 |
| 2,1 | 33,7 | 0,54081 | 925,4 | 0,57139 | 1088,55 |
| 2,2 | 35,31 | 0,54542 | 946,83 | 0,57308 | 1099,57 |
| 2,5 | 40,12 | 0,55531 | 996,02 | 0,57670 | 1124,19 |
| 2,6 | 41,72 | 0,55937 | 1017,65 | 0,57745 | 1129,54 |
| 2,7 | 43,33 | 0,56205 | 1032,5 | 0,57826 | 1135,41 |
| 3 | 48,15 | 0,57067 | 1083,97 | 0,58005 | 1148,61 |
| 3,1 | 49,75 | 0,57252 | 1095,86 | 0,58050 | 1152,025 |
| 3,2 | 51,36 | 0,57422 | 1107,15 | 0,58142 | 1159,16 |
| 3,5 | 56,17 | 0,57815 | 1134,57 | 0,58269 | 1169,18 |
| 3,6 | 57,79 | 0,57921 | 1142,34 | 0,58310 | 1172,46 |
| 3,7 | 59,38 | 0,58017 | 1149,51 | 0,58348 | 1175,58 |

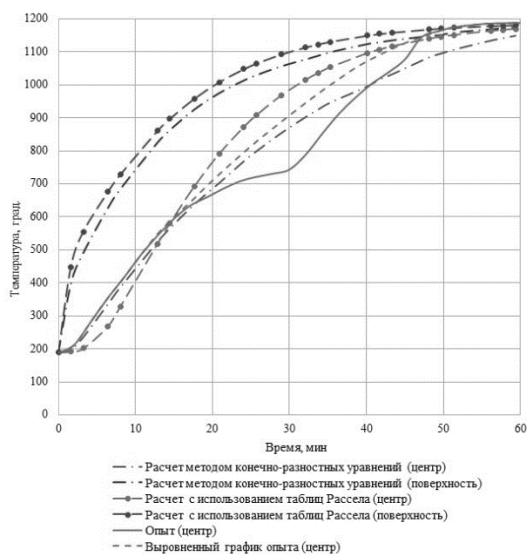


Рис. Нагрев бруса квадратного сечения шириной 250 мм в печи при 1190 °С

Для бруса квадратного сечения результаты опыта имеют большую сходимость с данными расчета конечно-разностных уравнений, за исключением области температур структурных изменений в стали 680–950 °С [15]. Далее при температуре 1120 °С, лучшее совпадение с опытными данными имеют результаты, рассчитанные с помощью таблиц Рассела.

Выводы

Сопоставление расчета полученных математических моделей методом конечно-разностных уравнений, дает хорошее совпадение, за исключением интервала температур структурного превращения в металле. Кроме того, по сравнению с результатами, полученными с помощью таблиц Рассела, температуры, рассчитанные нами, имеют большее приближение. Данное обстоятельство позволяет с высокой достоверностью использовать полученные математические модели для расчета температурных режимов нагрева стальных заготовок в производстве деталей сельскохозяйственных машин.

Список литературы

1. Кузнецов Р. В. Технология изготовления биметаллических подшипников изделий судового машиностроения : дисс. ... канд. техн. наук / Р. В. Кузнецов. – СПб. : ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2021. – 172 с.
2. Тарасов Г. Ф. Термическая обработка сталей как фактор повышения их износостойкости при низких температурах / Г. Ф. Тарасов, А. И. Горбуля // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М. Ф. Решетнева. – 2005. – № 3. – С. 253–257.
3. Саломатов В. В. Нелинейный тепломассоперенос – основа современных энергосберегающих технологий комплекса «сталь–прокат»: мон. / В. В. Саломатов. – Новосибирск : НГТУ, 2005. – С. 117–121.
4. Веселова Н.М. Распределение температуры при нагревании термически тонкого тела лучистым теплом с учетом изменения теплофизических характеристик / Н. М. Веселова, А. Г. Бойков // Вестник ВолгГАСА: Технические науки. – 2001. – Вып. 1 (4). – С. 128–129.
5. Цымбалюк Ю. В. Аналитическое исследование теплообмена в слоях теплоаккумулирующего материала фазопереходных тепловых аккумуляторов / Ю. В. Цымбалюк // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2015. – № 1 (11). – С. 56–62.
6. Лисиенко В. Г. Теплофизика металлургических процессов / В. Г. Лисиенко, В. И. Лобанов, Б. И. Китаев. – М. : Металлургия, 1982. – С. 146–149.
7. Кривандин В. А. Теплотехника металлургического производства : в 2 т. / В. А. Кривандин, В. А. Арутюнов, В. В. Белоусов. – М. : МИСИС, 2002. – Т. 1. Теоретические основы. – 608 с.



8. Майсурадзе М. В. Индукционная и лазерная термическая обработка стальных изделий : учеб. пос. / М. В. Майсурадзе, М. А. Рыжков, О. Ю. Корниенко, С. И. Степанов. – Екатеринбург : Урал ун-т, 2022. – 92 с.
9. Аралов Е. С. К методике определения плотности лучистых тепловых потоков от излучателей линейной протяженности / Е. С. Аралов, В. Н. Мелькумов, Б. М. Кумицкий, С. В. Чуйкин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 3 (45). – С. 22–27.
10. Черкасов С. Г. Приближенный метод расчета теплового режима панельного холодильника-излучателя / С. Г. Черкасов, И. В. Лаптев // Тепловые процессы в технике. – 2018. – Т. 10, № 3–4. – С. 116–124.
11. Гладков С. О. К вопросу резонансного нагрева поверхностей тепловым лучистым излучением / С. О. Гладков, А. А. Годин // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-математика. – 2021. – № 3. – С. 70–81.
12. Корявка Н. А. Исследование лучистого переноса тепла с параллельной реализацией вычислений / Н. А. Корявка, М. В. Якобовский, О. Г. Ольховская // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2020). Короткие статьи и описания плакатов. – 2020. – С. 152–162.
13. Садчиков П. Н. Методологические принципы построения математической модели / П. Н. Садчиков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2014. – № 3 (9). – С. 51–53. – EDN TEDKTT.
14. Веселова Н. М. Инженерные методы расчета твердых электротехнических материалов при изменяющихся ТФХ : мон. / Н. М. Веселова. – Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2013. – С. 74–75.
15. Бабичев А. П. Физические величины : справочник / А. П. Бабичев, Н. А. Бабушкина, А. М. Братковский и др.; под ред.: И. С. Григорьева, Б. З. Мейлихова. – М. : Энергоиздат, 1991. – С. 217, 238.

© А. Д. Лёгкий, Н. М. Веселова, В. И. Карапузов, Т. П. Бренина

Ссылка для цитирования:

Лёгкий А. Д., Веселова Н. М., Карапузов В. И., Бренина Т. П. Нестационарный нагрев металлических деталей в машиностроении лучистым потоком тепла с учетом изменения теплофизических характеристик // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 1 (47). С. 37–41.

УДК 696.42

DOI 10.52684/2312-3702-2024-47-1-41-45

ДИСПЕРГИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В ВЫСОКОВОЛЬТНОМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

В. Я. Свинцов, М. Ш. Арабов, С. В. Прокин

Свинцов Владимир Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры инженерных систем и экологии, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация;

Арабов Михаил Шугеевич, кандидат химических наук, доцент кафедры инженерных систем и экологии, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: + 7 (961) 813-29-29; e-mail: arabov57@mail.ru;

Прокин Сергей Владимирович, машинист, ООО «ЛУКОЙЛ-Астраханьэнерго», г. Астрахань, Российская Федерация

В статье приведены результаты исследования диспергирования дизельного топлива за счет энергии высоковольтного электростатического поля. Процесс диспергирования фиксировался с помощью цифровой фототехники, что позволило определить размеры частиц как функцию напряжения питания высоковольтного блока экспериментальной установки.

Ключевые слова: диспергирование, дисперсность частиц, модернизированный сталагмометр, высоковольтное электростатическое поле, напряжение.

DISPERSION OF DIESEL FUEL IN A HIGH-VOLTAGE ELECTROSTATIC FIELD

V. Ya. Svintsov, M. Sh. Arabov, S. V. Prokin

Svintsov Vladimir Yakovlevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Engineering Systems and Ecology, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation;

Arabov Mikhail Shugeyevich, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Engineering Systems and Ecology, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: + 7 (961) 813-29-29; e-mail: arabov57@mail.ru;

Prokin Sergey Vladimirovich, driver, LUKOIL-Astrakhanenergo LLC, Astrakhan, Russian Federation

The article presents the results of a study of diesel fuel dispersion due to the energy of a high-voltage electrostatic field. The dispersion process was recorded using digital photography, which made it possible to determine the particle sizes as a function of the supply voltage of the high-voltage unit of the experimental setup. It has been experimentally confirmed that the electrostatic dispersion method makes it possible to obtain an aerosol with specified dispersion parameters and a high degree of homogeneity. As a result of processing the experimental data, the voltage range at which the change in dispersion is most intense was determined. The data obtained can be used as a basis for the development of an electrostatic burner.

Keywords: dispersion, particle dispersion, modernized stalagmometer, high-voltage electrostatic field, voltage.

Введение

Как следует из результатов аналитических и экспериментальных исследований, опубликованные

в трудах Г. Ф. Кноппе [1], Д. М. Хзмаляна [2] и др. на значение коэффициента полезного действия ТГУ, использующих в качестве энергетического жидкие виды