

На третьем этапе изменяется матрица разбиения

$$\mu_{i,k}^{(l)} = \sum_{j=1}^c \left(D(z_k, \eta_i) / D(z_k, \eta_j) \right)^{2/(1-m)}, 1 \leq i \leq c, 1 \leq k \leq N, (11)$$

пока $\|U^{(l)} - U^{(l-1)}\| < \epsilon$. В противном случае нужно перейти снова на первый этап.

Выводы

Предложена модификация алгоритма нечеткой кластеризации Гага-Гевы, позволяющая измерять однородность сегментов и строить нечеткие множества для представления сегментов во времени. Предложенный алгоритм работает в условиях, когда кластеры следуют друг за другом во времени, а также способен определять изменения в структуре многомерного временного ряда.

Литература

1. Keogh, E. An online algorithm for segmenting time series [Текст] / E. Keogh, S. Chu, D. Hart, M. Pazzani // IEEE International Conference on Data Mining. – 2001.

2. Keogh, E. An enhanced representation of time series which allows fast and accurate classification, clustering and relevance feedback [Текст] / E. Keogh, M. Pazzani // 4th Int. Conf. on KDD. – 1998. – P. 239–243.
 3. Abonyi, J. Modified Gath-Geva fuzzy clustering for identification of Takagi-Sugeno fuzzy models [Текст] / J. Abonyi, F. Szeifert, R. Babuska // IEEE Systems, Man and Cybernetics, Part B. – 2002. – P. 612–621.
 4. Vasko, K. Estimating the number of segments in time series data using permutation tests [Текст] / K. Vasko, H.T.T. Toivonen // IEEE International Conference on Data Mining. – 2002. – P. 466–473.
 5. Kaymak, U. Compatible cluster merging for fuzzy modelling / U. Kaymak, R. Babuska [Текст] // In Proceedings of the IEEE International Conference on Fuzzy Systems. – 1995. – P. 897–904.
 6. Geva, A.B. Hierarchical-fuzzy clustering of temporal-patterns and its application for time-series prediction [Текст] / A.B. Geva // Pattern Recognition Letters. – 1999. – P. 1519–1532.
 7. Gath, I. Unsupervised optimal fuzzy clustering [Текст] / I. Gath, A.B. Geva // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1989. – P. 773–781.

□ □

На підставі рішення рівняння тепло-масообміну з рухомою межею пропонується математичний опис процесу випаровування краплі і охолодження сфери радіуса R за час польоту краплі фарби від картриджа до паперу

Ключові слова: моделювання, тепло-масообмін, струменевий друк, поліграфія

□ □

На основании решения уравнения тепло-массообмена с подвижной границей предлагается математическое описание процесса испарения капли и охлаждения сферы радиуса R за время полета капли краски от картриджа до бумаги

Ключевые слова: моделирование, тепло-массообмен, струйная печать, полиграфия

□ □

Based on the solution of heat and mass interchange with a moving boundary equation it is proposed a mathematical description of the evaporation process and sphere of a radius R cooling in a time of ink droplet flight from the cartridge to the paper

Keywords: modeling, heat and mass interchange, inkjet printing, printing

□ □

УДК 655.3.022.51

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕНОСА КРАСКИ ПРИ ПЕЧАТИ СТРУЙНЫМИ ПРИНТЕРАМИ И ПЛОТТЕРАМИ

В. И. Азаренков

Старший преподаватель

Кафедра системного анализа и управления
 Национальный технический университет
 «Харьковский политехнический институт»
 ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002
 Контактный тел.: 050-524-84-84
 E-mail: azarnikov@ukr.net

1. Введение

Печатное изображение (текст, рис.), формируемое струйными принтерами и плоттерами, образуется

в результате переноса краски из картриджа через сопло печатающей головки и воздушную прослойку на бумагу. На рис. 1 - 4 приведены различные конструкции печатающих головок принтеров и плотте-

ров и различные принципы формирования капель краски, с помощью которых образуется изображение на бумаге.

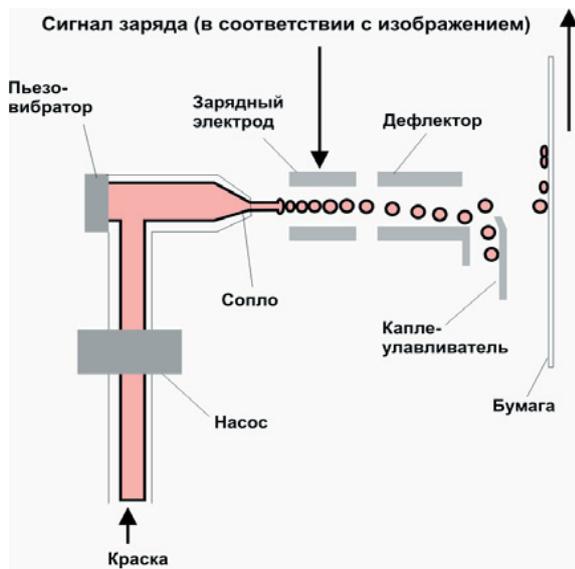


Рис. 1. Схема струйной печати непрерывного действия

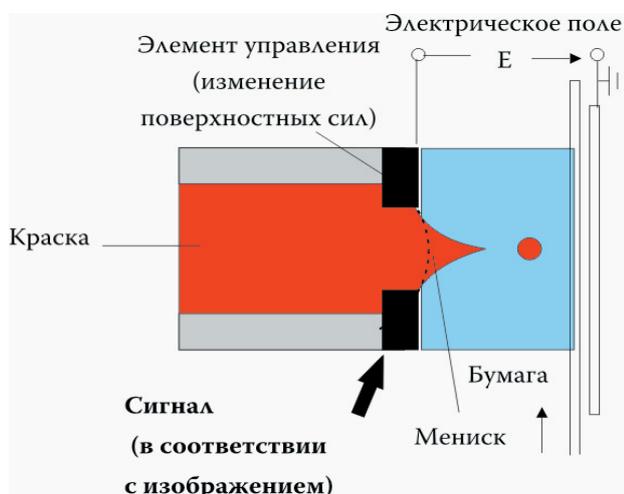


Рис. 2. Схема электростатической струйной печати

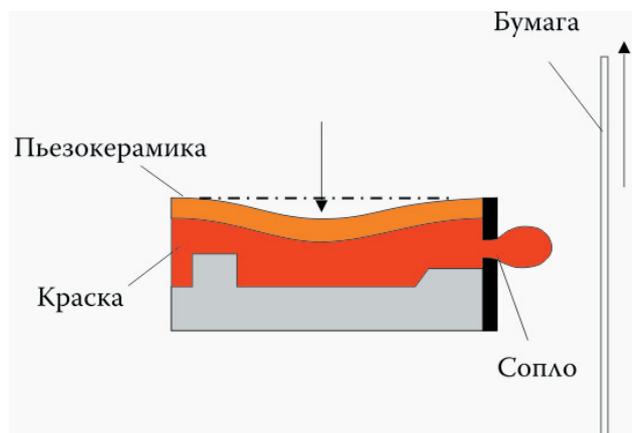


Рис. 3. Схема капельно-струйной пьезопечати

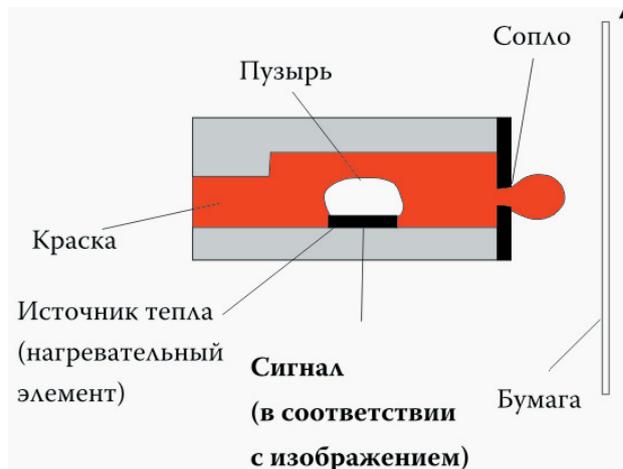


Рис. 4. Схема капельно-струйной термопечати

В процессе печати происходит последовательное формирование капель краски, которыми печатающая головка “плюётся”. Капля краски, вырвавшись из сопла печатающей головки (в некоторых конструкциях вследствие разогрева – рис. 4), летит в сторону бумаги. В этот момент происходит испарение растворителя и охлаждение краски, что приводит к уменьшению размера капли. Это важнейшее физическое явление, определяющее качество получения изображения (размер капли чернил \equiv разрешающая способность принтера), практически не изучено, что не позволяет решить вопросы оптимизации процессов струйной печати.

2. Анализ последних исследований

В математической физике исследуются многочисленные вопросы тепло-массообмена для различных случаев [1-3]. Но автору работы не известны публикации, в которых бы, используя методы математической физики, были решены задачи математического описания процессов переноса краски при печати струйными принтерами с целью построения математической модели, позволяющей теоретически изучить и описать эти явления. Последнее позволило бы оптимизировать как сам процесс печати, так и конструкцию печатающих головок, а так же рассчитать параметры ожидаемого или теоретически максимально-наилучшего возможного печатного изображения.

3. Цель работы

Получить математическое описание изменения параметров капли краски за счет испарения растворителя в процессе “полёта” капли от сопла печатающей головки до бумаги.

4. Методика и результаты исследований

Для достижения цели исследований воспользуемся методами математической физики. Опишем рассматриваемое явление и попробуем найти его математическое решение.

Рассматриваемую задачу можно свести к методам решения задач тепло-массообмена с подвижной границей [1].

Рассмотрим случай, когда материал высушенной части капли отделяется от нее в процессе сушки и размеры капли постепенно уменьшаются. Математически такая задача может быть сформулирована следующим образом:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right); 0 \leq r \leq \epsilon(t); t > 0, \tag{1}$$

где T – температура; t – время; r – переменный радиус капли; α – коэффициент температуропроводности; $\epsilon(t)$ – закон движения поверхности испарения (уменьшения радиуса капли);

$$T(0,t) < \infty; \tag{2}$$

$$T(r,0) = f(r); \epsilon(0) = R, \tag{3}$$

где R – начальный радиус капли.

Условия на подвижной поверхности раздела фаз $r = \epsilon(t)$:

$$T(r,0) = T_0, \tag{4}$$

$$\lambda \frac{\partial T(\epsilon,t)}{\partial r} = L\rho u(t) \frac{\partial \epsilon}{\partial t}, \tag{5}$$

где T_0 – температура фазового перехода; L – удельная теплота испарения жидкости; u – влагосодержание; λ – коэффициент теплопроводности; ρ – плотность.

Функция $u(t)$ характеризует изменение влагосодержания капли при сушке.

Решение ищется методом перехода к движущейся системе координат. Положим $y \equiv \frac{r}{\epsilon(t)}$ и вместо искомой функции $T(y,t)$ введем функцию $V(y,t)$:

$$T(y,t) = q(y,t) \cdot V(y,t). \tag{6}$$

Тогда уравнения (1) – (5) примут вид:

$$\epsilon^2 \frac{\partial V}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{2}{y} \frac{\partial V}{\partial y} \right) + \frac{y^2 \epsilon^3 \ddot{\epsilon}}{4\alpha} V, \tag{7}$$

где $\ddot{\epsilon} = \frac{\partial^2 \epsilon}{\partial t^2}$; $0 \leq y \leq 1$; $t > 0$;

$$q(y,t) = \epsilon^{-\frac{3}{2}} \exp(-y^2 z(t)); z(t) = \frac{\epsilon \dot{\epsilon}}{4\alpha}; \tag{8}$$

$$V(0,t) < \infty; \tag{9}$$

$$V(y,0) = f(yR) R^{\frac{3}{2}} \exp(y^2 z(0)); \tag{10}$$

$$V(1,t) = T_0 \epsilon^{\frac{3}{2}} \exp z(t); \tag{11}$$

$$\frac{\partial V(1,t)}{\partial y} = \epsilon^{\frac{5}{2}} \dot{\epsilon} \exp z(t) \left(\frac{T_0}{2\alpha} + \frac{L\rho u(t)}{\lambda} \right). \tag{12}$$

Если граница области движется по линейному закону

$$\epsilon(t) = R - A, \tag{13}$$

то вместо уравнения (7) получим уравнение

$$\frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{2}{y} \frac{\partial V}{\partial y} = \frac{\epsilon^2}{\alpha} \frac{\partial V}{\partial t}. \tag{14}$$

Подстановкой

$$d\tau = \frac{adt}{\epsilon^2(t)} \tag{15}$$

уравнение (14) приводится к уравнению теплопроводности с коэффициентом температуропроводности равным единице

$$\frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{2}{y} \frac{\partial V}{\partial y} = \frac{\partial V}{\partial \tau}. \tag{16}$$

Уравнение (16) имеет частное решение:

$$V(y,\tau) = \left(C \frac{\sin \mu y}{y} + D \frac{\cos \mu y}{y} \right) \exp(-\mu^2 \tau). \tag{17}$$

Для нахождения постоянных C , D и μ используем краевые условия (9) – (11). Так как температура в центре капли по условию (9) ограничена, то постоянная $D = 0$. Поэтому

$$V(y,\tau) = C \frac{\sin \mu y}{y} \exp(-\mu^2 \tau). \tag{18}$$

Если в граничном условии (11) положить, в частности, $T_0 = 0$, т.е. отсчет температуры вести от температуры T_0 , то

$$V(1,\tau) = C \sin \mu \exp(-\mu^2 \tau) = 0. \tag{19}$$

Отсюда следует, что $\sin \mu = 0$ и $\mu_n = n\pi$.

Общее решение уравнения (16) будет суммой всех частных решений, т.е.

$$V(y,\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} C_n \frac{\sin \mu_n y}{y} \exp(-\mu_n^2 \tau). \tag{20}$$

Постоянные C_n найдем, используя начальное условие (10). Решение уравнения (16) примет вид:

$$V(y,\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \mu_n y}{y} \exp(-\mu_n^2 \tau) \times \times 2 \int_0^1 y f(yR) R^{\frac{3}{2}} \exp(y^2 z(0)) \sin(\mu_n y) dy. \tag{21}$$

Используя (6), (8) и (15) окончательно получим:

$$T(y, t) = \left[\frac{R}{\varepsilon(t)} \right]^2 \exp \left[\frac{Ay^2}{4a} \varepsilon(t) \right] \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 \sin \mu_n y}{y} \exp \left[-\frac{\mu_n^2 at}{R\varepsilon(t)} \right] \times \int_0^1 yf(Ry) \exp \left[-\frac{AR}{4a} y^2 \right] \sin(\mu_n y) dy. \quad (22)$$

Для нахождения коэффициента A в законе движения поверхности фазового перехода используется условие (12). Если граница $\varepsilon(t)$ неподвижна, то, полагая в уравнении (22) $A=0$, получим классическое решение задачи об охлаждении сферы радиуса R , на поверхности которой поддерживается нулевая температура, а начальное распределение произвольно.

5. Выводы

Полученное выражение изменения параметров капли с учетом её испарения и охлаждения за время полета от картриджа до бумаги позволяет теоретически достаточно точно определить возможное разрешение формируемого изображения, поскольку у нас имеется

возможность рассчитывать ожидаемые геометрические размеры капель краски. Справедливости ради следует отметить, что вопросы растекания краски на бумаге в данной работе не рассматриваются, хотя, как видно из рис. 5, размер точки на бумаге в процессе высыхания краски изменяется. Но это уже другая интересная задача для исследования.

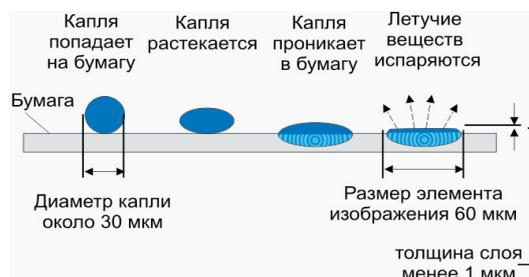


Рис. 5. Образование элемента изображения в струйной печати в результате взаимодействия капли с запечатываемым материалом

Литература

1. Эккерт, Э.Р. Теория тепло-и массообмена [Текст] / Э.Р. Эккерт, Р.М. Дрейк. - М.: Госэнергоиздат, 1961. – 278 с.
2. Дульнев, Г.Н. Теплообмен в радиоэлектронной аппаратуре [Текст] / Г.Н. Дульнев, Э.М. Семьяшкин. - Л.: Энергия, 1968. – 360 с.
3. Азаренков, В.И. К вопросу разработки общего подхода к расчету нестационарных температурных полей электронных аппаратов различной геометрической формы [Текст] / В.И. Азаренков // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. – №5/2 (17). - С. 64 - 68.

У статті наведено аналітичний розв'язок за допомогою метода відокремлених змінних математичної моделі рівняння теплопровідності для багатослойного мікробіологічного об'єкта

Ключові слова: метод відокремлених змінних, рівняння теплопровідності

В статье приведено аналитическое решение с помощью метода разделенных переменных математической модели уравнения теплопроводности для многослойного микробиологического объекта

Ключевые слова: метод разделенных переменных, уравнение теплопроводности

We obtain the analytical solution of the mathematical model of the heat equation for multilayer microbiological object using the method of separating variables

Keywords: the method of separating variables, the heat equation

Введение

Эмбрион с теплофизической точки зрения представляет собой многослойный, нестационарный, не-

УДК 517.955; 636.5

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ МНОГОСЛОЙНОГО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Д. А. Левкин

Аспирант

Кафедра кибернетики

Харьковский национальный технический университет

сельского хозяйства им. П.Василенко

ул. Артема, 44, г. Харьков, Украина, 61002

Контактный тел.: (057) 716-42-63

E-mail: artur.lav@3g.ua

линейный микробиологический объект с различной толщиной каждого слоя и различными коэффициентами теплопроводности на каждом слое. Поэтому при действии лазерного излучения на эмбрион происходит