

### Литература

1. Волков Р.С., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. Численная оценка оптимальных размеров капель воды в условиях ее распыления средствами пожаротушения в помещениях // Пожаровзрывобезопасность. – Москва, 2012. – № 5. – С. 74–78.
2. Горшков В.С., Москвилин Е.А., Хасанов И.Р. Оценка параметров тушения лесных пожаров авиационными средствами // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций и их источников: сборник тезисов научно-практической конференции. – Москва, 2001. – Т. 1. – С. 34 – 35.
3. Душкин А.Л., Ловчинский С.Е. Взаимодействие пламени горючей жидкости с тонкораспыленной водой // Пожаровзрывобезопасность. Москва, 2011. – №11. – С. 53 – 55.
4. Хасанов И.Р., Москвилин Е.А. Авиационные методы тушения крупных лесных пожаров // Авиационные методы тушения крупных лесных пожаров. Москва, 1999. – Ч. 2. – С. 300 – 301.
5. W.H. Lee. A Pressure Iteration Scheme for Two-Phase Modeling. Technical Report LA-UR 79-975, Los Alamos Scientific Laboratory, Los Alamos, New Mexico, 1979.

### **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТНЫХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ**

**Ю.К. Атрошенко, А.А. Бычкова**

Научный руководитель профессор П.А. Стрижак

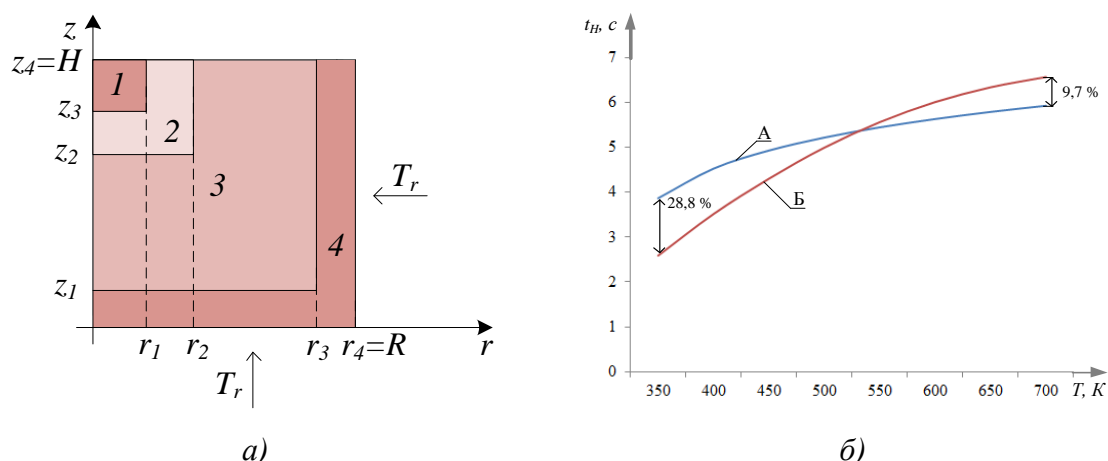
*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия*

Для детального изучения процессов, происходящих на территории Арктики, в том числе для анализа газообмена между поверхностью Земли и атмосферой на практике используются современные измерительные технические комплексы. Калибровка технических средств выполняется по параметрам, измеряемым на поверхности Земли: температура, влажность и другие. При этом особое значение имеет точность измерения влияющих параметров [3, 5, 6].

Известно [1, 4], что на погрешность измерения значительное влияние может оказывать способ монтажа датчика. Для анализа влияния условий измерения температуры могут применяться методы численного моделирования процесса теплопереноса в чувствительных элементах преобразователей температуры [1, 4]. Одним из влияющих факторов на результаты численного моделирования является аппроксимация теплофизических характеристик материалов [2].

**Модель теплопереноса и методы решения.** Схема области решения задачи теплопереноса для чувствительного элемента термоэлектрического преобразователя показана на рисунке 1.

Для области решения (рис. 1) математическая модель включает следующие дифференциальные уравнения:



**Рис.1. Схема области решения задачи теплопереноса (а) и результаты численного моделирования (б): 1 – спай терморпары; 2 – защитный колпачок; 3 – порошок оксида алюминия; 4 – металлический чехол; А – результаты с постоянными значениями ТФХ; 2 – результаты с аппроксимированными значениями ТФХ**

$$c_1 \cdot \rho_1 \cdot \frac{\partial t_1}{\partial t} = \lambda_1 \left( \frac{\partial^2 t_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial t_1}{\partial r} + \frac{\partial^2 t_1}{\partial z^2} \right), t > 0, 0 < r < r_1, z_3 < z < H;$$

(1)

$$c_2 \cdot \rho_2 \cdot \frac{\partial t_2}{\partial t} = \lambda_2 \left( \frac{\partial^2 t_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial t_2}{\partial r} + \frac{\partial^2 t_2}{\partial z^2} \right), t > 0, 0 < r < r_2, z_2 < z < z_3; t > 0, r_1 < r < r_2, z_3 < z < H; (2)$$

$$c_3 \cdot \rho_3 \cdot \frac{\partial t_3}{\partial t} = \lambda_3 \left( \frac{\partial^2 t_3}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial t_3}{\partial r} + \frac{\partial^2 t_3}{\partial z^2} \right), t > 0, 0 < r < r_3, z_1 < z < z_2; t > 0, r_2 < r < r_3, z_2 < z < H; (3)$$

$$c_4 \cdot \rho_4 \cdot \frac{\partial t_4}{\partial t} = \lambda_4 \left( \frac{\partial^2 t_4}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial t_4}{\partial r} + \frac{\partial^2 t_4}{\partial z^2} \right), t > 0, 0 < r < L, 0 < z < z_1; t > 0, r_3 < r < r_4, z_1 < z < H. (4)$$

Здесь  $r$  – радиальная координата, м;  $z$  – осевая координата, м;  $c$  – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К);  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); индексы: 1 – спай терморпары, 2 – защитный керамический колпачок; 3 – порошок окиси алюминия, 4 – защитный чехол.

Начальные условия:  $t=0; T=T_0, 0 < r < R, 0 < z < H$ , где  $T_0 = 293$  К – температура, соответствующая нормальным условиям. На внутренних границах заданы граничные условия IV рода аналогично приведенным в работах [1, 4].

Системы уравнений (1)–(4) с соответствующими начальными и граничными условиями решались с применением методов, аналогичных приведенным в работах [1, 4].

Аппроксимация теплофизических характеристик выполнена по справочным данным [2].

#### **Результаты исследований и их обсуждение.**

На рисунке 1б приведены зависимости минимально необходимого времени работы чувствительного элемента датчика для получения достоверных результатов измерений при использовании постоянных (1) и аппроксимированных теплофизических характеристик (2). Видно (рис. 1, б), что максимальное относительное отклонение результатов составляет не более 30 %.

#### **Закключение**

Использование аппроксимационных выражений позволяет повысить точность вычислений, однако при этом в значительной степени увеличивается длительность и трудоемкость вычислений. Поэтому при прогнозировании основных параметров исследований можно в первом приближении применять допущение о постоянстве теплофизических характеристик материалов основных элементов термоэлектрических преобразователей.

### Литература

1. Атрошенко Ю.К., Озерова И.П., Стрижак П.А. Влияние теплового контакта на результаты измерений поверхностных термоэлектрических преобразователей // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2015. – № 1 (214). – С. 97–105.
2. Григорьев И.С., Мейлихов Е.З. Физические величины: справочник. – М.: Энергоатомиздат. – 1991. – 1232 с.
3. Музалевский К.В., Миронов В.Л., Швалева А.А. Измерение температуры деятельного слоя почвы арктической тундры на основа радиометрических наблюдений в L-диапазоне // Вестник СибГАУ. – 2013. – № 5 (51). – С. 6–9.
4. Atroshenko Y.K., Strizhak P.A., Yashutina O.S. Determination of Necessary Time of Measurements of Surface Thermocouples Depending on Conditions of Technological Processes // EPJ Web of Conferences. – 2015. – Vol. 82. – 01061.
5. Mironov V. L., De Roo R. D., Savin I. V. TemperatureDependable Microwave Dielectric Model for an Arctic Soil // Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on. 2010. Vol. 48. P. 2544–2556.
6. Satellite Microwave Remote Sensing of Boreal and Arctic Soil Temperatures From AMSR-E / L. A. Jones, J. S. Kimball, K. C. McDonald et al. // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. 2007. Vol. 45. P. 2004–2018.

### **МЕДИКО - ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКОГО ОКРУГА «Г. ЯКУТСК»**

**А.Г. Бирулина**

Научный руководитель старший преподаватель Е.П. Янкович

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия*

Арктическая зона Российской Федерации является фрагментарно изученной. Но с течением времени и развитием регионов, входящих в состав зоны, отмечается деградация природных экосистем и повышение уровня загрязнений, которые существенно изменяют качество среды на фоновом уровне. Техногенная нагрузка на окружающую среду и здоровье населения взаимосвязаны, что объясняется многими авторами [1,4,6]. Характеристикой здоровья населения является интегральный показатель качества жизни - показатель заболеваемости.

Цель данной работы – сбор экологических и медицинских статистических данных о состоянии окружающей среды и заболеваемости населения в Республике Якутия (Саха) и преобразование полученной информации в картографическую.

Рассматривая республику как целостную систему, можно выделить факторы, влияющие не только, на состояние окружающей среды, но и на здоровье населения. Система оценивания здоровья населения создана на основе статических данных с помощью ArcGIS 10.4.

Процесс формирования геоинформационной системы состоит из трех этапов.