

УДК 622.023.42:551.34

М. В. Изаксон, Б. Л. Герике

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА
НА ОТКОСАХ КАРЬЕРА С УЧЕТОМ
СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ**

В 1995 г. после реконструкции основного алмазодобывающего карьера «Мир» в его чаше скопилось около 5 млн.м³ рассолов, которые нужно было удалить для продолжения открытой добычи кимберлитовой руды. Для этой цели на дне карьера (отметка -500 м) была построена насосная станция и система водоводов, протянутая по откосам со дна карьера до поверхности и потом до пункта обратной закачки. Из-за протаивания опор этих водоводов они постоянно находились в аварийном состоянии. Было решено обеспечивать работоспособность водоводов созданием под ними теплоизоляционных экранов в виде полос по падению уступов. Ширину и толщину экрана необходимо найти при помощи математического моделирования.

Сформулируем плоскую задачу типа Стефана, рассматривая теплоизоляцию как слой пенополиуретана. Запишем математическую модель для расчетной области (см. рисунок) и отдельно для слоя теплоизоляции [1]

$$c\rho_1 \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (\lambda_1 \frac{\partial T}{\partial x}), \quad x = -\delta, 0 < y < a, t > 0;$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha(T_1 - T) + Q_c(1 - A), \quad x = -\delta$$

и для пород откоса

$$[c\rho + D\rho\omega\delta(T - T_\phi)] \frac{\partial T}{\partial t} =$$

$$= \frac{\partial}{\partial x} (\lambda \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\lambda \frac{\partial T}{\partial y}), \quad (x, y) \in \Omega, t > 0;$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = \lambda_1 \frac{\partial T}{\partial x}, \quad x = 0, 0 < y < a;$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha(T_1 - T) + Q_c(1 - A),$$

$$x = 0, a < y < a + c_2;$$

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = 0, \quad x = c_1, a < y < a + c_2;$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial y} = 0, \quad y = 0, a < x < c_1;$$

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial y} = 0, \quad y = a + c_2, 0 < x < a + c_2;$$

$$T(x, y, 0) = T_0, \quad (x, y) \in \Omega,$$

где $\Omega : \{(x, y) : 0 < x < c_1, 0 < y < a + c_2\}$,

α - коэффициент теплообмена атмосферного воздуха с поверхностью; δ - толщина теплоизоляции, $c\rho_1$ и λ_1 – коэффициенты теплоемкости и теплопроводности материала теплоизоляции, Q_c – интенсивность солнечной радиации, T_1 – температура воздуха, T_0 – начальная температура массива многолетнемерзлых горных пород.

Решение производится методом конечных

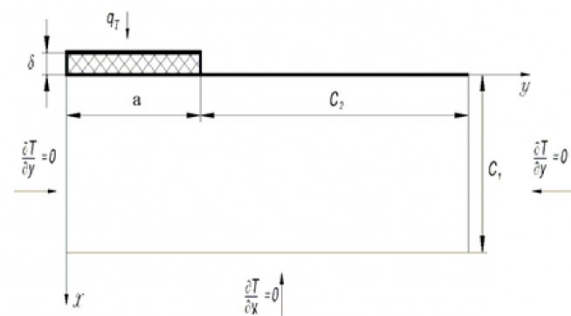


Рис. Расчетная область

разностей, когда она расщепляется на две одномерные задачи. Программирование произведено на алгоритмическом языке DELPHI, имя программы TINSPIPE. В результате расчетов было получено, что ширина полосы теплоизоляции должна быть 6 м, а толщина – 0,15 м. На основании этих данных было произведено изготовление теплового экрана под водоводом, для чего было нанесено 300 м³ пенополиуретана на площади 1500 м². Это позволило безаварийно откачать 5 млн.м³ рассолов из чаши карьера «Мир» в течение 8 мес, отработать запасы кимберлитовой руды на проектную глубину и получить фактический экономический эффект в размере 800,0 млн.руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самарский А.А.. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1977. 656 с.

□ Авторы статьи:

Изаkson
Максим Всеволодович
- младший научный сотрудник
Института угля и углехимии СО
РАН

Герике
Борис Людвигович
- докт. техн. наук, проф.,
главный научный сотрудник
Института угля и углехимии СО РАН