

4. B.V.Korzun. ^{57}Fe and ^{119}Sn Mossbauer spectroscopy of the CuAlS_2 chalcopyrite semiconductor / B.V.Korzun, V.A.Virchenko, V.N.Yakimovich. // J. Cryst Growth. -1999. -V.198-199 - P.821-824.

**Халимов Г.Г., к.ф.-м.н., доцент,
Садыков Ж.Д., ст. преподаватель, Захирова Ш.М., преподаватель.
«Каршинский государственный университет», г. Карши,
Узбекистан**

ТЕПЛООБМЕН И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЯХ С ПОДПОЧВЕННЫМ АККУМУЛЯТОРОМ ТЕПЛА

Ключевые слова: математическая модель, сельскохозяйственное сооружение, теплообмен, аккумулятор тепла.

Аннотация: В статье рассмотрены теплообменные процессы в сельскохозяйственных сооружениях с подпочвенным аккумулятором тепла и математическая модель с учётом температуры и влажности воздуха.

В зимний период с низкими наружными температурами сельскохозяйственные сооружения необходимо оборудовать системами комбинированных энергосберегающих подпочвенных гелиобиологических обогревов [4].

Целью работы является определение оптимальных, конструктивных и технологических параметров помещений с гелио- и биогазовым отоплением для фермерских хозяйств посредством проведения математического моделирования с учётом температуры и влажности воздуха. В работе [1] расчёт температурных режимов в помещениях проводится путем моделирования процесса теплообмена по звеньям (с разбивкой объёма помещения на зоны). Это приводит к достаточно большому расхождению теоретических расчётных данных от экспериментально наблюдаемых. Поэтому нами решается задача о взаимосвязи между температурой в объёме животноводческих и птицеводческих помещений с количеством теплоты, накопленным аккумулятором и потоком теплого воздуха,

проходящего сквозь слой субстрата, окружающего подпочвенным аккумулятором теплоты. В качестве материала субстрата выбрана смесь, состоящая из 30 % шелухи (отходы обработки хлопка-сырца), 30 % сухого навоза и 40 % сухой глины.

Пусть имеется ряд параллельно расположенных труб диаметром d , с расстоянием между осями S , погруженных в однородный массив на глубину h от его поверхности F . Температура труб t_{mp} и поверхности массива t_F известна, в остальных субстратных слоях распределяется неравномерно. Требуется определить величину теплового потока сквозь массив и субстратные слои от отдельной трубы, находящейся в ряду с другими трубами. Для решения задачи применим метод источников и принцип наложения. Предполагая внутри каждой трубы тепловой поток производительностью Q , поместим симметрично от поверхности массива h_0 . Уравнение для любой точки трубы можно написать в виде ряда температурных разностей относительно всех независимо действующих на субстрат тепловых потоков воздуха.

$$\theta' = Q \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{r_1''}{r_1'}, \quad \theta'' = Q \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{r_2''}{r_2'}, \quad \theta''' = Q \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{r_3''}{r_3'}$$

где $r_1', r_1'', r_2', r_2'', r_3', r_3''$ - расстояния от точки трубы до отдельных движущихся тепловых потоков воздуха. При одновременном действии всех источников и стоков общую температурную разность в любой точке можно найти суммированием разностей:

$$\theta' + \theta'' + \theta''' + \dots = \theta_{mp} = t_{mp} - t_F = Q \frac{1}{2\pi\lambda} \left(\ln \frac{r_1''}{r_1'} + \ln \frac{r_2''}{r_2'} + \ln \frac{r_3''}{r_3'} + \dots \right)$$

Кроме того учитывая граничные условия слой субстрата – верхняя поверхность аккумулятора теплоты $T(0) = T_0$ и $T(L) = T_L$ для теплоотдачи аккумулятором теплоты в атмосферу помещения можем написать следующее уравнение [5]:

$$\pi R^2 k \frac{d^2 T}{dx^2} + \pi R^2 \rho c_p U \frac{dT}{dx} - 2\pi R h_c (T - T_0) = 0 \quad (1)$$

Здесь $f = \frac{T - T_0}{T_L - T_0}$ и $x = \bar{x} / R$. $\frac{UR}{\alpha} = k$. С учётом проведенного

нами математического моделирования уравнение теплового баланса может быть записано в следующем виде:

$$CG t \frac{\partial T}{\partial x} + C_v S \frac{\partial T}{\partial t} + KfT = KfT_x \quad (2)$$

В частном случае, записываем уравнение (2) с учётом начальных и граничных условий:

$$T(0, t) = \tau_p(t), \quad T_{x,0} = T_0 x ;$$

Для этого подпочвенной аккумулятор теплоты с воздухопроводом будет считаться полуограниченным пространством и из решения прямого и обратного уравнений Лапласа получим [2]:

$$\begin{aligned} T_{x,t} = & \exp\left[-Kft / CS\right] T_0 \left(x - S^{-1} \int_0^t G \varphi d\varphi \right) + \\ & + \left[Kf / CS \right] \int_0^t \exp\left[-Kf t - \varphi / CS\right] T_x \varphi \left[x - S^{-1} \int_{\varphi}^t G \theta d\theta \right] d\varphi + \\ & + S^{-1} \int_0^t \exp\left[-Kf t - \varphi / CS\right] G \varphi \tau_1 \varphi \delta \left[x - S^{-1} \int_{\varphi}^t G \theta d\theta \right] d\varphi \quad (3) \end{aligned}$$

здесь

$$1_x = \begin{cases} 0, & x \leq 0; \\ 1, & x > 0. \end{cases}$$

Введя новую переменную

$$Z = X - S^{-1} \int_{\varphi}^t G \theta d\theta$$

если не учитывать наибольшие значения температуры на границе “аккумулятор-атмосфера” в начальных условиях $\tau_1(t)$, то для подпочвенного аккумулятора теплоты и окружающего его слоев субстрата уравнение (3) будет иметь вид:

$$T_{x,t} = \left[Kf / C \int_0^x \exp - Kf / CS \right] t - \varphi_{z,x,t} : G \varphi_{z,x,t} dz + \\ + \exp - Kf / CS \quad t - \varphi_{0,x,t} \quad \tau_1 \varphi_{0,x,t} , \quad (4)$$

здесь $\varphi_{z,x,t}$, $\varphi_{0,x,z}$ – корни уравнения (3).

$$X - S^{-1} \int_{\varphi}^t G \theta d\theta = Z \quad \text{и} \quad X = S^{-1} \int_{\varphi}^t G \theta d\theta$$

Введя в уравнение (4) экспериментально определенные значения расхода потока теплого воздуха G подпочвенного аккумулятора теплоты за время t , коэффициент теплоотдачи материала субстрата K , количества теплоты накопленного аккумулятором за время t ($t=nh$, h – шаг времени) и измеренные значения температуры атмосферы в помещении на основе специальной программы моделирования установлено распределение расхода теплового потока вдоль воздуховода подпочвенного аккумулятора:

$$\varphi = nh - S(l-z) / G(n-1)h$$

и на их основе получены выражения температуры теплого воздуха на входе и в слое x :

$$T_x = \left(\frac{nh - S(l-z)}{G(n-1)} \right) \quad \text{и} \quad \tau_1 \left(\frac{nh - Sl}{G(n-1)h} \right) \quad (5)$$

Далее проводится сравнение расчётного распределения теплоты в интервале $n-1 h, nh$ в аккумуляторе теплоты с экспериментально наблюдаемым распределением в интервале от:

$$T_x(n-1 h), T_x(nh), \tau_1(n-1 h), \tau_1(nh) .$$

Используя результаты, полученные в работе [3] для распределения теплоты вдоль воздуховода и окружающего его субстрата получим:

$$T_x(n+1 h) - T_x(n+1 h) - Q(n+1 h) / q_0 V = \\ = \exp -h/\beta \left[T_x(nh) - T_x(nh) - Q(n-1 h) / q_0 V \right] , \quad (6)$$

Откуда легко вычислить количество теплоты, которое необходимо накопить в подпочвенном аккумуляторе теплоты, для поддержания в помещении фермерского хозяйства необходимой тем-

пературы. Помимо температурного поля, создаваемого тепловым потоком от нагретой трубы, в субстратном грунте имеет место еще температурное поле от суточных колебаний температуры окружающей среды и собственного теплового потока субстрата. Наложение этих температурных полей усложняют отыскание действительного распределения температур в субстрате.

Сущность этих методов заключается в том, что они создают искусственную модель тела, составленную из сетки гидравлических или электрических сопротивлений, которые должны заменить соответствующие термические сопротивления в массе тела. Питая жидкостью или электротоком такую сетку сопротивлений в местах, сходственных с местами поступления теплового потока в теле и измеряя соответствующие давления воздуха или напряжения электротока в отдельных местах сетки сопротивлений, находят распределение давлений или напряжений, а, следовательно, и аналогичное распределение температур в теле.

Таким образом, разработана математическая модель управления системы, при этом теоретические расчеты совпадают с экспериментально полученными данными в помещениях животноводческих и птицеводческих ферм, где нормализован и оптимизирован температурный режим, который поддерживается солнечной биоэнергией объемного отопительного коллектора подпочвенного теплового аккумулятора в трубе и в субстрате вокруг нее накопленного расхода теплового потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д.Ши “Численные методы в задачах теплообмена” М.: “Мир” 1988, 534 с.
2. Г.Шлихтинг “Теория пограничного слоя” М.: “Наука” 1994.
3. Р.Пейре, Т.Тейлор “Вычислительные методы в задачах механики жидкости.” Пер. с англ. Л.: Гидрометеиздат. 1986. 386 с.
4. П.Э.Аллокулов, Б.Э.Хайридинов, В.Д.Ким “Нетрадиционная энергетика” Т.: Фан. 2009, 186 с.