

THE DECISION OF THE EQUATION OF THE TEMPERATURE FIELD OF THE GROUND BY MEANS OF COMPUTER PROGRAMS

M. Zh. Isahanov, N.B. Alibek, O.Z. Doldaev

In article energy savings in cattle-breeding premises by means of use of temperature of a ground, and also the decision of the differential equation of a temperature field of a ground from the computer program is considered.

УДК 620.92.637.1

М.Ж. Исаханов, Т.С. Дюсенбаев, О.З. Долдаев

Казахский национальный аграрный университет

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ ГРУНТА В ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация Для определения параметров и построения графических зависимости энергосберегающих вентиляционных систем с использованием теплоты грунта применена компьютерная программа Maple 13.

Ключевые слова: модульная энергосберегающая вентиляционная система, использование теплоты грунта, воздуховод, Критерий Стентона, Критерий Нуссельта, Критерий Рейнольдса, Критерий Прандля, Критерий Био, Критерий Фурье, Критерий Померанцева, функция ошибок Гаусса, скорость воздушного потока, кинематическая вязкость, температуропроводность, теплопроводность.

Для решения новых задач, которые ставит быстро развивающаяся техника, полезен предыдущий опыт решения классических задач. В настоящее время в сложившейся схеме решения задач техники появилось новое направление, основанное на применении систем компьютерной алгебры, работающих с аналитическими вычислениями. Существуют такие основные системы, как Mathcad, Mathematica, MATLAB, Maple и другие.

Сейчас уже трудно представить себе решения сколько-нибудь серьезной задачи техники без компьютерных вычислений.

Системы компьютерной математики дают хороший иллюстративный материал к условиям и решениям в виде рисунков, графиков и анимированных изображений.

Программирование графического интерфейса решения Maple, выполняется с использованием так называемых маплетов. В системе Maple изначально широко используется программирование алгоритмов и вычисление выражений. Программы и маплеты для Maple 13 содержат ряд особенностей применения различных операторов и команд системы, рекомендации по программированию.

Одной из новых задач техники является определение параметров энергосберегающих вентиляционных систем с использованием теплоты грунта. Для обоснования параметров такой системы получены ряд уравнений /1/.

Решения этих уравнений с использованием Maple 13 представлены ниже.

Например, для определения объема теплосъема за рабочий интервал времени вентиляционной системы получено выражение:

$$\Delta Q_3 = 2 \cdot c \cdot \rho \cdot V \cdot (t_{\text{сп}} - t_0) \cdot Bi \cdot Fo \quad (1)$$

где $c \cdot \rho \cdot V$ - сосредоточенная теплоемкость массива грунта, в объеме V воздуховода;

Критерий Помаренцова:

$$Po' = 1 - \frac{Bi'}{Bi} f_3(x), \quad (2)$$

t_{zp} - начальная равномерная температура грунта, ($t_{zp} = 10^\circ\text{C}$);

t_0 -температура входящего наружного воздуха, $t_{гр} = -16^\circ\text{C}$;

Критерий Био:

$$Bi = \frac{\alpha R_0}{\lambda_{zp}}, \quad Bi' = \varphi Bi, \quad B'' = Bi' + 0,375 \quad (3)$$

где $\alpha = \frac{Nu \lambda b}{2R_0}$ – коэффициент теплоотдачи стенок воздуховода;

R_0 -радиус воздуховода;

$a_{гр}$ -температуропроводность грунта, $a_{гр}=5,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$;

$\lambda_{гр}$ -теплопроводность грунта, $\lambda_{гр}=1,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

τ -время работы воздуховода.

Критерий Фурье:

$$Fo = \frac{\alpha_{zp} \tau}{R_0^2} \quad (4)$$

Относительный температурный параметр:

$$\varphi = \frac{1 - \exp(-St)}{St}, \quad (5)$$

Критерий Стентона:

$$St' = \frac{Nu}{Re Pr} \cdot \frac{2L}{R_0} \quad (6)$$

Эти выражения дают возможность определить оптимальные параметры вентиляционной системы. Вычисления этих выражений в системе Maple 13 имеет следующий вид:

```
> a := 5.2*10^(-7); R[0] := .11; B[ii] := .929; B[i] := .554; `&varphi;` := .726; st := .6788; t = 10;
t[0] := -15; c := 1470; rho := 1700; v := 456;
```

```
5.20000000010^-7 0.11 0.929 0.554 0.726 0.6788 t=10 -15 1470 1700 456
```

```
F[0] = a*tau/R[0]^2;
```

```
F_0 = 0.0000429752066t
```

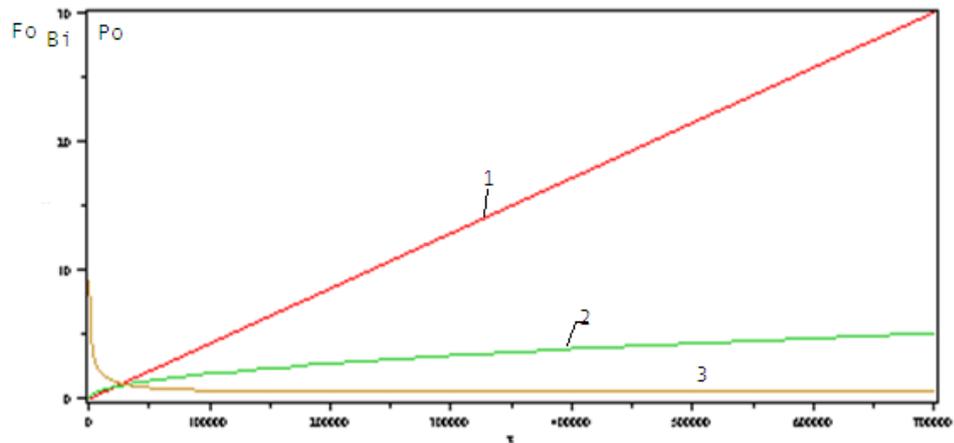
```
B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2);
```

```
0.006090103881*sqrt(t)
```

```
P[0] = 1-B[i]*(1-2/(sqrt(3.14)*B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))+(1-
(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))/(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2))^2)/
B[ii];
```

$$P_0 = 0.4036598493 + \frac{110.5183829}{\sqrt{t}} - \frac{1}{t} \left(16078.46741 \left(1 - \left(e^{0.006090103881 \sqrt{t}} \right)^2 \operatorname{erfc} \left(0.006090103881 \sqrt{t} \right) \right) \right)$$

```
plot([a*tau/R[0]^2, B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2), 1-B[i]*(1-
2/(sqrt(3.14)*B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))+(1-
(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))/(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2))^2)/
B[ii], tau = 0 .. 700000, x = 0 .. 30);
```



1 - критерий Фурье; 2 - критерий Био; 3 - критерий Помаренцова

Рисунок 1- Зависимости критериев Помаренцова, Био и Фурье от времени

Функции $f_1(x)$ и $f_3(x)$:

$$f_1(x) = 1 - \exp(B_i'' \sqrt{F_0})^2 \operatorname{erfc}(B_c'' \sqrt{F_0}), \quad (7)$$

$$f_3(x) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi} B_i'' \sqrt{F_0}} + \frac{f_1(x)}{(B_i'' \sqrt{F_0})^2}, \quad (8)$$

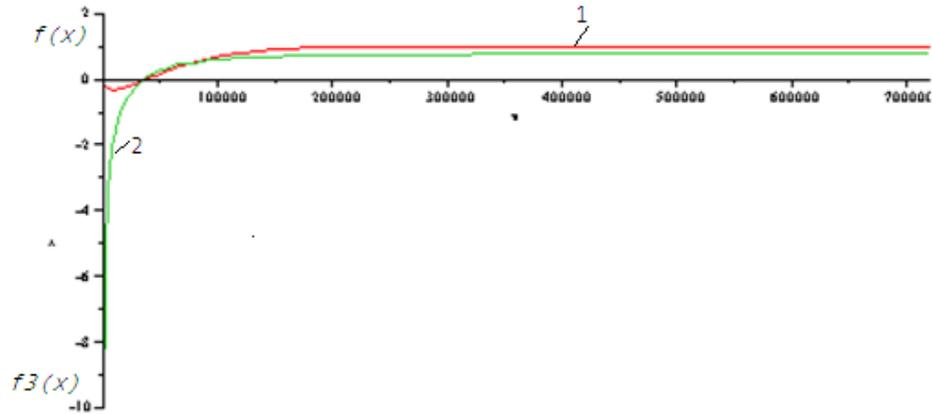
> f(x) = 1-(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*
*sqrt(a*tau/R[0]^2));

$$f(x) = 1 - \left(e^{0.006090103881 \sqrt{\tau}} \right)^2 \operatorname{erfc}(0.006090103881 \sqrt{\tau})$$

f[3](x) = 1-2/(sqrt(3.14)*B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2))+1-
(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2))/(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2))^2;

$$f_3(x) = 1 - \frac{185.3277576}{\sqrt{\tau}} + \frac{1}{\tau} \left(26961.90654 \left(1 - \left(e^{0.006090103881 \sqrt{\tau}} \right)^2 \operatorname{erfc}(0.006090103881 \sqrt{\tau}) \right) \right)$$

plot([1-(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*
*sqrt(a*tau/R[0]^2)), 1-2/(sqrt(3.14)*B[ii]*sqrt(a*
*tau/R[0]^2))+1-(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*
*erfc(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2))/(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2))^2], tau = 0 .. 720000, x = -10 .. 2);



1 – функция $f_1(x)$; 2 – функция $f_3(x)$

Рисунок 2 - Зависимости функций $f_1(x)$ и $f_3(x)$ от времени

Температуры воздуха на выходе воздуховода θ_{ct} , φ_L , t_L и средняя мощность установки P_{cp} :

$$\theta_{ct} = 1 - \frac{Bi'}{Bi} \quad (9)$$

$$\varphi_L = \frac{t(L,t) - t_0}{t_{гр} - t_0} = \bar{\varphi} \cdot St \cdot \theta_{ct} \quad (10)$$

$$t_L = t_0 + \bar{\varphi} \cdot St \cdot \theta_{ct} \cdot (t_{гр} - t_0) \quad (11)$$

$$P_{cp} = \frac{\Delta Q}{\tau} \quad (12)$$

> Theta[ct] = 1-B[i]*(1-(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))/B[ii];

$$\Theta_{cm} = 0.4036598493$$

$$+ 0.5963401507 \left(e^{0.006090103881 \sqrt{\tau}} \right)^2 \operatorname{erfc} \left(0.006090103881 \sqrt{\tau} \right)$$

psi[l] = `ϕ`*st*(1-B[i]*(1-(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))/B[ii]);

$$\psi_l = 0.1989271259$$

$$+ 0.2938816741 \left(e^{0.006090103881 \sqrt{\tau}} \right)^2 \operatorname{erfc} \left(0.006090103881 \sqrt{\tau} \right)$$

t[l] = t[0]+`ϕ`*st*(1-B[i]*(1-(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))/B[ii])*(10-t[0]);

$$t_l = -10.02682185$$

$$+ 7.347041851 \left(e^{0.006090103881 \sqrt{\tau}} \right)^2 \operatorname{erfc} \left(0.006090103881 \sqrt{\tau} \right)$$

$P[cp] = \frac{2*(1-B[i]*(1-2/(\sqrt{3.14})*B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))+(1-(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))/(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2))^2/B[ii])}{(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2))^2/B[ii]} * c * \rho * v * (10+16)*B[i]*a*tau*10^{(-6)}/R[0]^2*(1/tau);$

$$P_{cp} = 0.5694790270 + \frac{155.9181604}{\sqrt{\tau}} - \frac{1}{\tau} \left(22683.33100 \left(1 - \left(e^{0.006090103881 \sqrt{\tau}} \right)^2 \operatorname{erfc} \left(0.006090103881 \sqrt{\tau} \right) \right) \right)$$

plot([1-B[i]*(1-(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))/B[ii], `ϕ`*st*(1-B[i]*(1-(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))/B[ii]), t[0]+`ϕ`*st*(1-B[i]*(1-(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))/B[ii])*(10-t[0]), (2*(1-B[i]*(1-2/(sqrt(3.14)*B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))+(1-(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))/(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2))^2)/B[ii])*c*rho*v*(10+16)*B[i]*a*tau*10^(-6)/R[0]^2*(1/tau)], tau = 0 .. 720000, x = -11 .. 10);

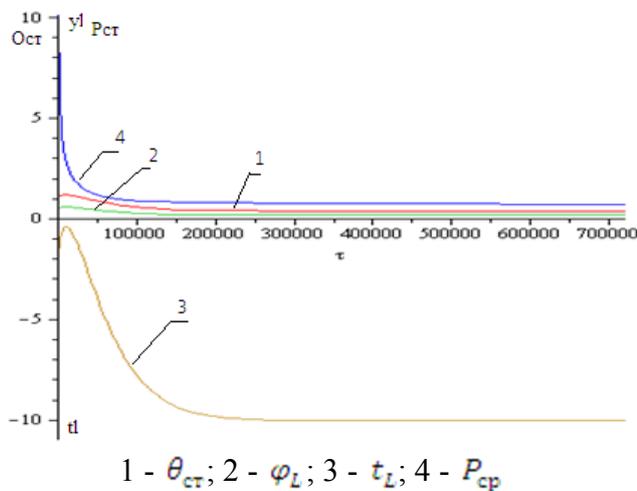


Рисунок 3 - Зависимости температуры θ_{cm} , φ_L , t_L и средняя мощность установки P_{cp}

`ΔQ` = (2*(1-B[i]*(1-2/(sqrt(3.14)*B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))+(1-(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))/(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2))^2)/B[ii])*c*rho*v*(10+16)*B[i]*a*tau*10^(-6)/R[0]^2;

$$\Delta Q = 1.410789376 \left(0.4036598493 + \frac{110.5183829}{\sqrt{\tau}} - \frac{1}{\tau} \left(16078.46741 \left(1 - \left(e^{0.006090103881 \sqrt{\tau}} \right)^2 \operatorname{erfc} \left(0.006090103881 \sqrt{\tau} \right) \right) \right) \right) \tau$$

plot((2*(1-B[i]*(1-2/(sqrt(3.14)*B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))+(1-(exp(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))^2*erfc(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2)))/(B[ii]*sqrt(a*tau/R[0]^2))^2)/B[ii])*c*rho*v*(10+16)*B[i]*a*tau*10^(-6)/R[0]^2, tau = 0 .. 720000, `ΔQ` = 0 .. 600000);

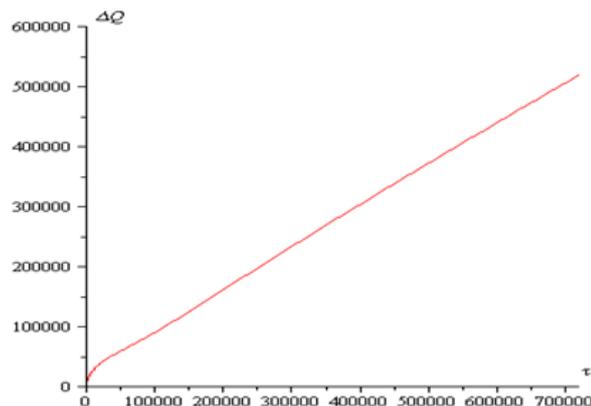


Рисунок 4 - Зависимость объема теплосъема от времени

Литература

- 1 Исаханов М.Ж. Теоретический расчет использования теплоты грунта в вентиляционных системах. //Мат. Междунар. науч. техн. конф. (17-18 апреля 2008 г., КазНАУ) Часть II.- Алматы: КазНАУ, 2008. - С.191-198.
- 2 Дьяконов В.П. Maple 10/11/12/13/14 в математических расчетах. – М.: ДМК – Пресс, 2011.

ЖЕЛДЕТУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН ТОПЫРАҚ ЖЫЛУЫН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛДЕУ

М.Ж. Исаханов, Т.С. Дюсенбаев, О.З. Долдаев

Мақалада желдету жүйесінің параметрлерін анықтау және графикалық тәуелділігін тұрғызу үшін Maple компьютерлік бағдарлама қолданылып, есептеу жүргізілген.

COMPUTER MODELLING OF USE OF WARMTH OF THE GROUND IN VENTILATING SYSTEMS

Isahanov M. Zh, Djusenbaev T.S., Doldaev O. Z.

In article "Computer modeling of use of warmth of soil in ventilating systems" for determination of parameters of ventilating system and creation of graphic dependence the computer program Maple 13 is applied

УДК 531(075.8):621.01:631.3

П.Ж. Жунисбеков, С.Б. Бекбосынов

Казахский национальный аграрный университет

МЕХАНИЗМЫ И МАШИНЫ С ЗАПАЗДЫВАЮЩЕЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Аннотация Многие строительные, дорожные, сельскохозяйственные и другие машины и механизмы имеют опорные колеса или лыжи установленные за рабочими