

ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА НЕЗАЩИТЕНИ
СТОМАНЕНИ ЕЛЕМЕНТИ ЗА ПОЖАРНА СИТУАЦИЯ С МАКРОСИ
НА MS EXCEL

В. Яков¹

Ключови думи: пожарна ситуация, незащитени стоманени сечения, MS Excel.

Научна област: Автоматизация на инженерния труд в областта на строителството

РЕЗЮМЕ

Разработен е софтуерен продукт за определяне на нарастването на температурата на незащитен стоманен елемент при пожарно въздействие. Използва се методът на критичната температура от БДС EN 1993-1-3.

Резултатите се получават в графичен и табличен вид – виж фиг. 1.

Изследвано е влиянието за достигане на критичната температура θ_{cr} на: степента на използване на носещата способност на сечението μ_0 , коефициента на засенчване k_{sh} и дължината на интервала от време Δt .

1. Въведение

Изменението на температурата на стоманените елементи се изчислява при следните приемания:

- температурата е постоянна по цялото напречно сечение, което при относително тънките пояси и стебла на стоманените профили е достатъчно точно;
- по дължина на елемента температурата също не се изменя.

Изменението на температурата на въздуха в пожарния сектор се приема по зависимостта на ISO 834 :

$$\theta_g = 20 + 345 \cdot \log_{10}(8t + 1), \quad (1)$$

където:

¹ гл.ас.д-р инж. Владимир Яков катедра АИТ, vny@mail.bg

θ_g – температура на газа;
 t - време в min.

При незащитени от пожарното въздействие стоманени елементи, нарастването на температурата в участък от време Δt (препоръчва се до 5 сек.) се определя от следната зависимост:

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \frac{A_m}{V} \frac{1}{c_a \rho_a} h_{net} \Delta t \quad (2)$$

където:

c_a специфична топлина на стоманата , J/kgK

ρ_a плътност на стоманата 7850 kg/m³

A_m/V коефициент на масивност на елемента , m⁻¹

h_{net} чист топлинен поток , W/m²

Δt стъпка на изменение на времето в секунди

A_m изложена на нагряване площ на единица дължина , m²

V обем на елемента за единица дължина , m³

k_{sh} коефициент на засенчване

Коефициентът на засенчване k_{sh} се определя по формула (3)

$$k_{sh} = k \frac{(A_m/V)_b}{(A_m/V)} \quad (3)$$

$(A_m/V)_b$ отношение на околната повърхнина на описания паралелепипед около профила към обема на профила за дължина 1 метър в m⁻¹. $k = 0.9$ за I профили , за всички останали случаи $k = 1$.

За изпъкнали кутиеобразни профили и кръгли сечения $k_{sh} = 1$, за останалите сечения приемането на единица е в полза на сигурността.

Чистият топлинен поток е равен на сумата от конвективния топлинен поток $h_{net,c}$ плюс лъчистия топлинен поток $h_{net,r}$.

Лъчистата част на топлинния поток се определя по формулата:

$$h_{net,r} = 5,67 \cdot 10^{-8} \Phi \varepsilon_{res} \left[(\theta_r + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4 \right] \quad (4)$$

където:

Φ Коефициент на конфигурация (може да се приеме =1 ако няма други данни)

$\varepsilon_{res} = \varepsilon_f \varepsilon_m$ сумарна излъчвателна способност, равна на излъчвателната способност на пожарния сектор, умножена по излъчвателната

способност на повърхността на елемента ($0,8 \cdot 0,625 = 0,5$, ако няма други конкретни данни).

θ_g, θ_m температурата на елемента θ_m и на газа в помещението са в $^{\circ}\text{C}$.

Конвективната част на топлинния поток се определя по формулата:

$$h_{net,c} = \alpha_c (\theta_g - \theta_m) \quad (5)$$

където:

α_c коефициент на конвективно топлопредаване $25\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ може да се използва за стандартна и външна криви, $50\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ за въглеродородна крива)

Формулите от (1) до (5) позволяват да се проследи нарастването на температурата на стоманения елемент при пожар. При метода на критичната температура се определя времето t_{cr} , за което температурата на стоманения елемент достига θ_{cr} . Ако t_{cr} е по-голямо от изисквания показател на огнеустойчивост, елементът може да остане незащитен. Увеличаването на t_{cr} може да стане чрез намаляване на степента на използване на носещата способност на сечението μ_0 , или чрез огнезащита на елемента.

За опънати елементи и елементи, подложени на огъване, осигурени срещу загуба на обща устойчивост (чрез непрекъснато закрепване на натиснатия пояс извън равнината на гредата със стоманобетонна плоча):

$$\theta_{cr} = 39,19 \ln \left[\frac{1}{0,9674 \mu_0^{3,833}} - 1 \right] + 482 \quad (6)$$

Коефициентът на използване на носещата способност на сечението се определя по формула:

$$\mu_0 = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}} \quad (7)$$

където:

$E_{fi,d}$ е ефектът от изчислителното натоварване за пожарна извънредна комбинация;

$R_{fi,d,0}$ е носещата способност на разглежданото сечение в условия на пожар при температура 20°C .

2. Програма за изчисляване на незащитени стоманени елементи.

В работния лист се въвеждат входните данни, необходими за изчисляване на хода на изменение на температурата на стоманения елемент във функция от време t :

- степен на използване на сечението μ_0 , изчислена по формула (7)
- коефициент на засенчване k_{sh} , изчислен по формула (3)
- коефициент на масивност A_m/V , m^{-1} .

- стъпка на нарастване на периода Δt в секунди с опция за избор от потребителя с падащо меню съответно за 2, 5 и 10 секунди.
- Клас на сечението – с възможност за избор от потребителя с опции 1,2,3 и 4 клас

С бутон изчисли се стартира макрос, който изчислява

Тъй като топлинният капацитет c_a и ρ_a са едни и същи за всички стоманени елементи се въвеждат като константи.

В зависимост от класа на сечението по формула (6) се изчислява θ_{cr} .

Всички независещи от времето множители във формулите се изчисляват преди началото на цикъла, с който се определя ходът на температурата като функция на времето.

Приема се начална температура на въздуха и на елемента θ_g и $\theta_m = 20^{\circ}\text{C}$.

Изчислява се в цикъл нарастването на температурата съответно по формули (1) и (2).

За всеки от циклите $\theta_g(i)$ се приема по формула (1) за средата на интервала.

Температурата на стоманения елемент $\theta_m(i)$ се приема равна на изчислената в предишния интервал. Цикълът спира когато $\theta_m(i)$ стане по-голямо или равно на критичната температура. Изчислява се : $T_{cr} = (i - 1) * \Delta t$, където i е броят на текущите итерации. За да се получи решение в полза на сигурността се взема $(i - 1)$ брой итерации умножен по Δt .

```

For i = 1 To 1000
t_secundi(i) = Delta_t * i
t_minuti(i) = t_secundi(i) / 60
TitaG(i) = 20 + 345 * Log(8 * (t_secundi(i) - Delta_t / 2) / 60 + 1) / Log(10#)
HnetC(i) = 25 * (TitaG(i) - TitaM(i - 1))
HnetR(i) = Bolcman * ((TitaG(i) + 273) ^ 4 - (TitaM(i - 1) + 273) ^ 4)
HnetD(i) = HnetC(i) + HnetR(i)
deltaA(i) = Ksh * Am_V * CaRa * HnetD(i) * Delta_t
TitaM(i) = TitaM(i - 1) + deltaA(i)
If TitaM(i) >= TitaCR And t_secundi(i) Mod 60 = 0 Then Exit For
Next

```

Следва определяне и извеждане на T_{cr} във формат минути : секунди (виж фиг.1).

Резултатите се представят в табличен вид и чрез графика.

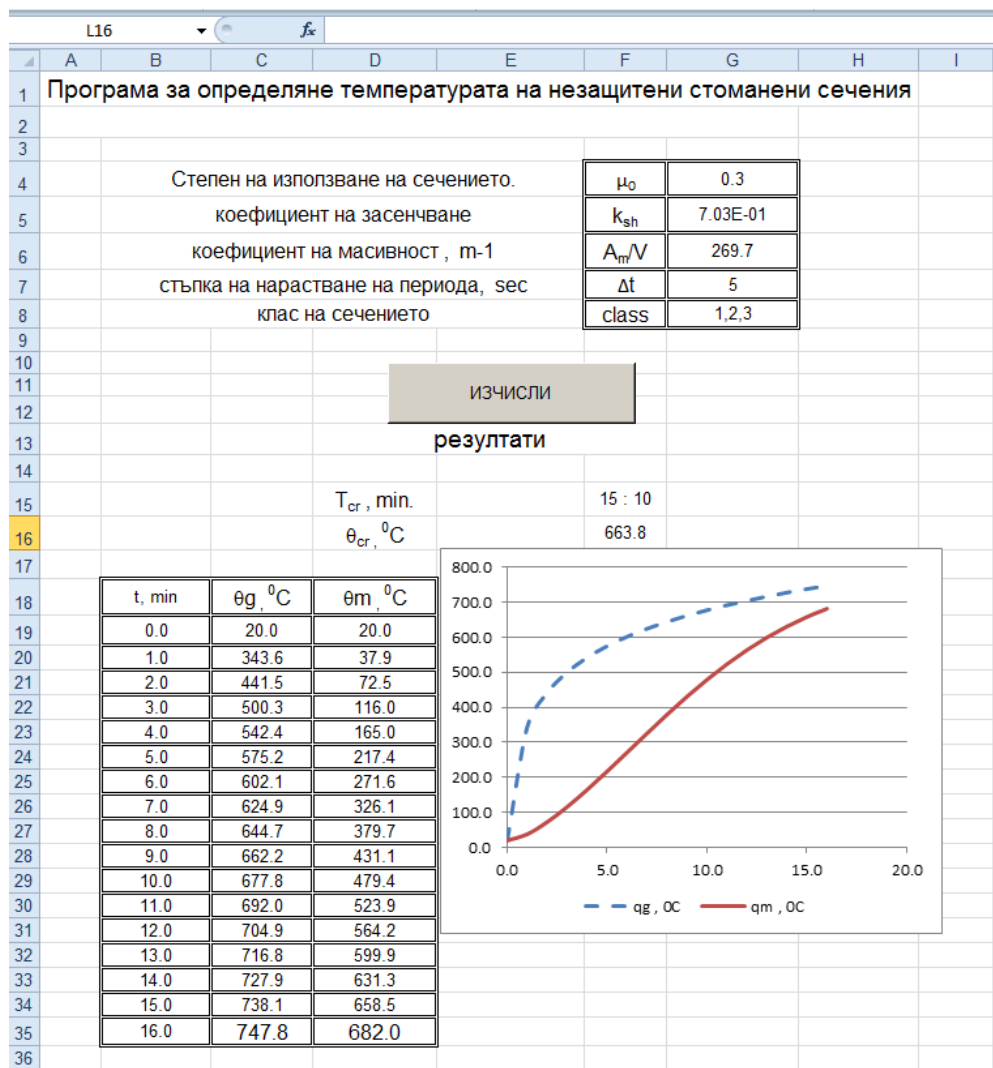
Таблицата за по-голяма прегледност съдържа стойностите за изменение на θ_g и θ_m през една минута. За да се получат нужните данни за графиката и таблицата за следващата минута след времето T_{cr} се прави допълнителен цикъл:

```

For v = i + 1 To (tcrmin + 1) * 60 / Delta_t
t_secundi(v) = Delta_t * v
t_minuti(v) = t_secundi(v) / 60
TitaG(v) = 20 + 345 * Log(8 * (t_secundi(v) - Delta_t / 2) / 60 + 1) / Log(10#)
HnetC(v) = 25 * (TitaG(v) - TitaM(v - 1))
HnetR(v) = Bolcman * ((TitaG(v) + 273) ^ 4 - (TitaM(v - 1) + 273) ^ 4)

```

$H_{netD}(v) = H_{netC}(v) + H_{netR}(v)$
 $\Delta A(v) = mn4 * H_{netD}(v)$
 $TitaM(v) = TitaM(v - 1) + \Delta A(v)$
 If $v \text{ Mod } 60 = 0$ Then Exit For
 Next v



Фиг.1 Работен прозорец на програмата

3. Изследване на влиянието на различните фактори върху времето до достигане на критичната температура.

Таблица 1

μ_0	θ_{cr}	$K_{sh} = 1$			$K_{sh} = 0.703$		
		2	5	10	2	5	10
0.3	663.8	13:02	13:00	12:50	15:14	15:10	15:00
0.5	584.7	10:26	10:25	10:20	12:34	12:30	12:30
0.7	525.8	9:04	9:00	9:00	11:02	11:00	11:00

Оценено е влиянието на степента на използване на сечението μ_0 , на коефициента на засенчване k_{sh} и на стъпката на изменение на времето Δt .

Използвано е конкретно сечение на стоманен елемент I-PE 200, подложен на опън. Коефициентът му на масивност е $A_m/V = 269.7 \text{ m}^{-1}$.

За коефициента на засенчване са разгледани два варианта : действителната стойност, равна на 0.703 и допусканото в [1] приближение k_{sh} , равно на единица. Изчисленията в програмата се извършват с три варианта на Δt - 2, 5 и 10 секунди. резултатите от изчисленията се записват в таблица 1.

Вижда се, че най-силно влияние върху T_{cr} оказва степента на използване на сечението μ_0 . Сравнително силно въздействие оказва и коефициентът на засенчване k_{sh} - 15%. Може да се препоръча използване на Δt , равно на две секунди, тъй като при съвременната изчислителна техника забавянето е пренебрежимо малко.

4. Използвана литература

1. БДС EN 1993-1-2. Стоманени конструкции. Част 1-2: Проектиране на конструкции срещу въздействие от пожар.
2. *Schleich1* J.B. Design of buildings for the fire situation. LEONARDO DA VINCI PILOT PROJECT CZ/02/B/F/PP-134007.
3. *Walkenbach* J. Excel 2010 Power Programming with VBA.

TEMPERATURE CALCULATION OF UNPROTECTED STEEL ELEMENTS FOR FIRE SITUATION WITH MACRO MS EXCEL

V. Yakovⁱ

Keywords: *Neural networks, snow load prediction.*

Research area: *Computer Aided Design.*

ABSTRACT

A software product is made for evaluation of the temperature on steel elements in the fire situation. The method critical temperature from BDS EN 1993-1-3 is used.

The results are presented in a tabular and a graphical form – see figure 1.

The influences of the degree utilisation of member μ_0 , the correction factor of the shadow effect k_{sh} and the time interval upon the time to the critical temperature Δt are studied.

ⁱ Chief Asist. Prof. Dr. Eng. Vladimir Nikolov Yakov , vny@mail.bg