

ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА ЗАЩИТЕНИ СТОМАНЕНИ ЕЛЕМЕНТИ ПРИ ПОЖАР С МАКРОСИ НА MS EXCEL

В. Яков¹

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

Научна област: Автоматизация на инженерния труд в областта на строителството

РЕЗЮМЕ

Разработена е програма за определяне на нарастването на температурата на защитени стоманени елементи при пожарно въздействие. Използва се методът на критичната температура от БДС EN 1993-1-3.

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

Изследвано е влиянието на : степента на използване на носещата способност на сечението μ_0 , дебелината на огнезащитата d_p и дължината на интервала от време Δt за достигане на критичната температура θ_{cr}

1. Въведение

При метода на критичната температура се търси времето за което, разглежданият елемент ще се нагрее до температура, при която няма да може да поема разрезните усилия, съответстващи на Извънредна комбинация пожарно въздействие. Нарастването на температурата на защитени с огнезащитни слоеве стоманени елементи се изчислява по формули (1) и (2).

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p / d_p \cdot A_p}{c_a \rho_a} \frac{A_p}{V} \left(\frac{1}{1 + \phi/3} \right) (\theta_{g,t} - \theta_{a,t}) \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta_{g,t} \quad (\text{но } \Delta\theta_{a,t} \geq 0, \text{ ако } \Delta\theta_{g,t} > 0) \quad (1)$$

$$\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_a \rho_a} d_p \frac{A_p}{V} \quad (2)$$

където:

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

C_a, C_p	специфична топлина на стоманата и огнезащитата, J/kgK
ρ_a, ρ_p	плътност на стоманата и на огнезащитата, kg/m ³
A_p/V	коефициент на масивност на елемента, m ⁻¹
d_p	дебелина на огнезащитния материал, m
Δt	стъпка на изменение на времето в секунди
λ_p	коефициент на топлопроводност на огнезащитата, W/mK
$\theta_{g,t}, \theta_{a,t}$	температури на газа и стоманения елемент, °C
$\Delta\theta_{g,t}$	Нарастване на температурата на газа, °C
$\Delta\theta_{a,t}$	Нарастване на температурата на въздуха, °C

Коефициентът на масивност A_p/V се определя съгласно указанията в таблица 4.3 на БДС-EN-1993-1-2 [1]

В таблица 1 са дадени параметрите на някои видове огнезащитни материали :

Таблица 1

	Обемна маса	Коефициент за топлопроводност	Специфичен масов топлинен капацитет
Материал	ρ [kg/m ³]	λ_p [W/(m.°C)]	c_p [kJ/(kg.°C)]
азбест разчепкан	340	0,087	0,816
плочи от минерална вата	120	0,07	0,75
тухли глинени червени	1600	0,70	0,84
плочи вермикулитови	250	0,080	0,79
плочи гипсови	900	0,25	1,0
стомана	7850	45,0	0,60
стоманобетон	2500	1,6	1,00

2. Описание на програмата за изчисляване на стоманени елементи с огнезащита при пожар.

В началото на работния лист се въвеждат необходимите данни за изчисляване на изменение на температурата на стоманения елемент във функция от време t :

- степен на използване на сечението μ_0 ;
- дебелина на огнезащитата d_p в метри ;

- коефициент на масивност A_p/V , m^{-1} ;
- стъпка на нарастване на периода Δt в секунди с опция за избор от потребителя с падащо меню съответно за 10, 20 и 30 секунди ;
- клас на сечението – с възможност за избор от потребителя с опции 1,2,3 и 4 клас ;
- коефициент на топлопроводност на огнезащитата λ_p [$W/(m \cdot ^\circ C)$] ;
- c_p специфична топлина на огнезащитата , J/kgK ;
- ρ_p плътност на огнезащитата , kg/m^3

С бутон изчисли се стартира макрос, който изчислява критичната температура на защитеното сечение (формула 4.22 [1]) и времето, за което тя се достига.

Необходимите входни данни за изчисляване температурата на защитения елемент и критичната температура се записват в началото на входния лист. Изчисленията се провеждат в двоен цикъл.

Външният цикъл организира записването на температурата на стоманения елемент, достигната на кратните на всеки 5 минути в масив. Размерът на масива е 40 елемента, което осигурява 200 минутен период на запис. Това е напълно достатъчно , тъй като в [2] и [3] максималната изисквана степен на огнеустойчивост е 180 минути.

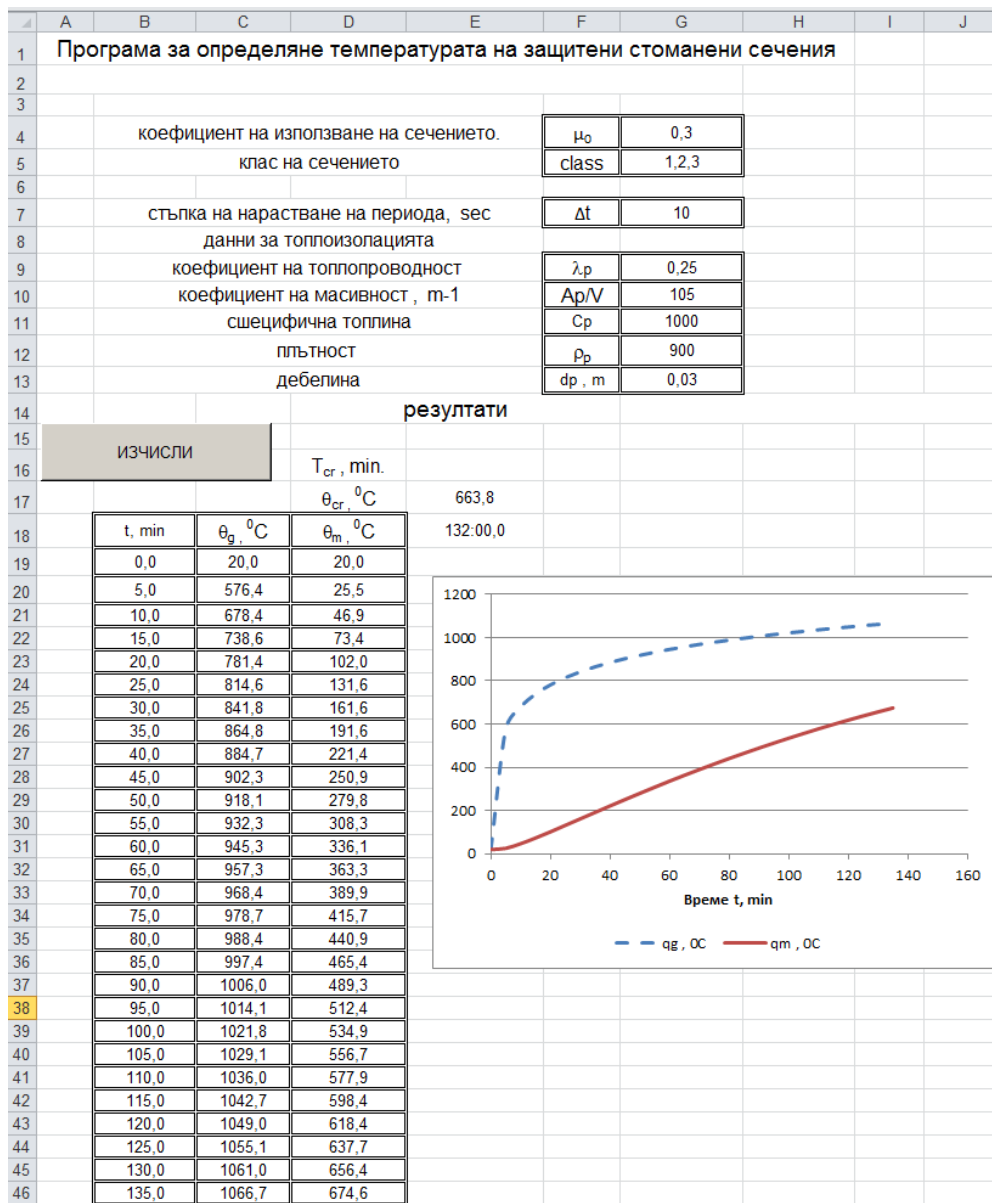
Във вложения втори цикъл се извършва изчисляването на температурата на стоманения елемент в края на зададените периоди от време Δt (dt). Броят итерации е $300/dt$:

```

For j = 1 To 300 / dt
tm = tm + dt: tg = tg + dt
titag = Ftitag1(tg / 60)
deltaA = mn1 * (titag - titam) * dt - mn2 * (titag - titagm1)
If deltaA < 0 And titag - titagm1 > 0 Then deltaA = 0
titam = titam + deltaA
If titam > titacrit And tcrit = 0 Then
    tcrit = tm - dt
End If
titagm1 = titag
Next j

```

Вътрешният цикъл следи кога се достига критичната температура – тогава tcrit взема времето в секунди до предишния интервал. Във външния цикъл следва проверка за стойността на tcrit и ако тя е по-голяма от 0, външният цикъл се прекъсва. В случая tcrit играе ролята и на флагова променлива.



Фиг.1 Работен прозорец на програмата

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

Таблица 2

μ_0	θ_{cr}	$d_p=2\text{cm}$			$d_p=3\text{cm}$		
		10	20	30	10	20	30
0.3	663.8	91:10	91:00	91:00	132:00	131:40	131:30
0.5	584.7	76:30	76:20	76:30	111:30	111:20	111:30
0.7	525.8	66:50	66:40	66:30	97:50	97:40	97:30

Оценено е влиянието на степента на използване на сечението μ_0 , на дебелината на огнезащитния слой d_p 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 $A_p/V = 105 \text{ m}^{-1}$.

Изследвани са два варианта на огнезащита с гипсокартон с дебелини съответно 2 и 3 cm. Най-силно влияние върху T_{cr} оказва дебелината на гипсокартона, след което е влиянието на коефициента на използване μ_0 . В нормите се препоръчва използване на интервали $\Delta t = 20 \text{ s}$, но тъй като при съвременната изчислителна техника забавянето е пренебрежимо малко може да се използва $\Delta t = 10 \text{ s}$.

4. Използвана литература

1. БДС EN 1993-1-2. Стоманени конструкции. Част 1-2: Проектиране на конструкции срещу въздействие от пожар.
2. Национално приложение към БДС EN 1991-1-2
3. Наредба N I3-1971 от 29 октомври 2009 г. за строително-технически правила и норми за осигуряване на безопасност при пожар. ДВ бр. 96 от 4 Декември 2009 г.
4. *Schleich I J.B.* Design of buildings for the fire situation. LEONARDO DA VINCI PILOT PROJECT CZ/02/B/F/PP-134007.
5. *Walkenbach J.* Excel 2010 Power Programming with VBA.

TEMPERATURE CALCULATION OF PROTECTED STEEL ELEMENTS IN FIRE WITH MACRO MS EXCEL

V. Yakovⁱ

Keywords: *Fire situation, protected steel section. Macro MS Excel*

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 of 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 thickness of the fire protection d_p 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