



БДС EN 1991-1-2

Въздействие при пожар

**Автор на презентацията на Стандарта:
Ст.н.с.д-р инж. Стефанка Д. Сивриева-
Златарова**



Цел: съгласно Директива 89/106/ЕЕС на ЕО и EFTA за изпълнение на :

- първото и второто съществено изискване: носеща способност и сигурност при пожар(ER1,ER2),**
- специфициране на договорите за строителство,**
- изпълнение на инсталации,**
- създаване на хармонизирани технически спецификации за строителните продукти.**

Второто съществено изискване на Директива 89/106



Строежите трябва да се проектират и изграждат така, че при пожар:

- **да съхранят носеща способност и устойчивост за определено време,**
- **да се ограничи разпространението на дим и огън в строежа и към съседните сгради,**
- **да се евакуират/спасят обитателите,**
- **да се гарантира безопасността на спасителните отряди.**

Тълкувателен документ №2- сигурност при пожар



Според конкретното функционално предназначение на строежа има различни възможности за сценарии:

- стандартна температурна зависимост,
- параметрични (естествен пожар) зависимости, включително пасивни и/или активни мерки за защита в случай на пожар.

Вторите части на Еврокодовете се отнасят до специфични аспекти на пасивните мерки при проектиране, с оглед носеща способност и ограничаване на разпространението на пожара.

Проектни процедури



Пълната аналитична процедура за конструктивно проектиране за пожар означава :

- **вероятностно огнево въздействие,**
- **поведение на конструктивната система при високи температури,**
- **благоприятния ефект от активна и пасивна защита на системата.**

Проектни процедури



1. Понастоящем е напълно възможно да се предприеме процедура по определяне на усилия и деформации при реален пожар в сграда.
2. БДС EN 1991-1-2 включва принципните концепции и правила необходими за отразяване на въздействие в случай на пожар(термичното и механично) върху строителните конструкции.

Проектни процедури

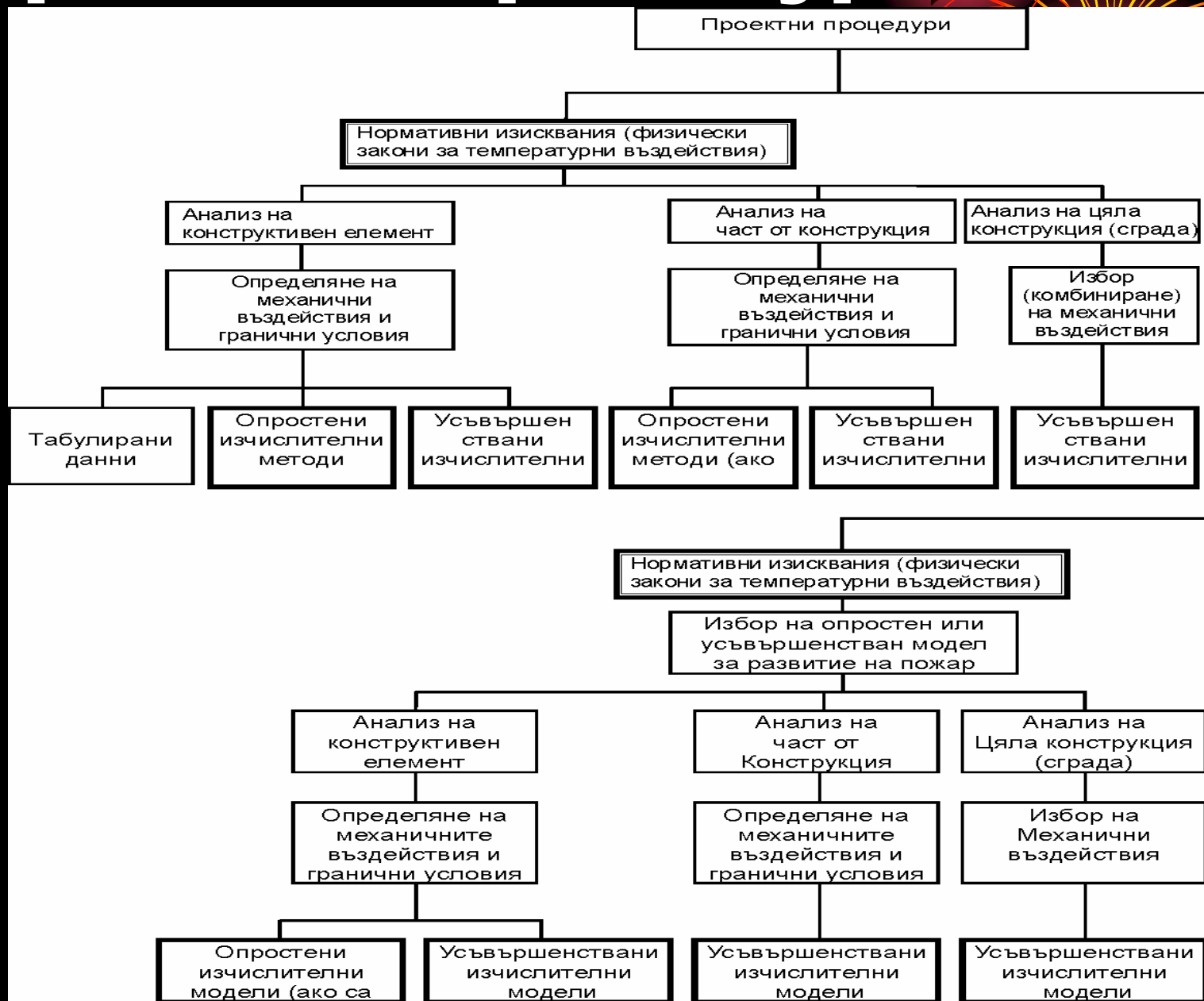


Схема 1 Алтернативни проектни процедури

Национално приложение за EN 1991-1-2



- Разрешени алтернативни процедури, стойности и препоръки за класове с бележки за избор от националните норми;
- Национален избор чрез EN 1991-1-2 : 2.4(4), 3.1(10), 3.3.1.(1), 3.3.1.2(1)и(2), 3.3.1.3(1), 3.3.2(1), 3.3.2(2), 4.2.2(2)4.3.1(2);
- Национално приложение към стандарта с нормирана температурна зависимост, правила за температурния анализ на конструктивни елементи за специфициран период от време, без фаза за охлаждане или с моделиране на въздействието с пълното времетраене на огъня вкл. охлаждане;
- Границите на огнеустойчивост за конструкции и елементи трябва да се отразят в Националното приложение;
- Специфициране на допълнителни въздействия;
- Променливото натоварване Q_1 се специфицира с квази постоянната стойност $\Psi_{1,1} \cdot Q_1$. Препоръчва се $\Psi_{2,1} Q_1$.

Температурен анализ



Включва :

- 1. Положение на конструктивния елемент при пожар;**
- 2. Огнево въздействие при външни елементи, през отворите по фасадата и покрива;**
- 3. При разделителни външни стени :
огнево въздействие отвътре или
отвън;**

Механичен анализ



1. Съответства на времетраене на въздействието според температурния анализ

2. Оценката на огнеустойчивостта е по:

- време ($t_{fi,d} \geq t_{fi,requ}$);
- съпротивление ($R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}$);
- температура ($\Theta_d \leq \Theta_{cr,d}$).

Температурно въздействие - основни правила



1. Определяне на нетния топлинен поток върху повърхността на елемента - h'_{net} [W/m²]
2. Определяне за изложената към огъня повърхнина h'_{net} : конвективен ($h'_{net,c}$) и радиационен ($h'_{net,r}$) топлинен поток или:

$$h'_{net,c} = \alpha_c (\Theta_g - \Theta_m), \text{ където}$$

α_c - коефициент за топлопредаване чрез конвекция [W/m²K],

Θ_g - температура на газа в близост до изложената към огъня страна на конструктивния елемент, Θ_m - температура по повърхността на конструктивния елемент [°C].

Стойността на α_c за неизложената към огъня страна за разделителна стена е $\alpha_c = 0,4$ [W/m² K], а при сумиране с ефекта от радиация $\alpha_c = 0,9$ [W/m² K].

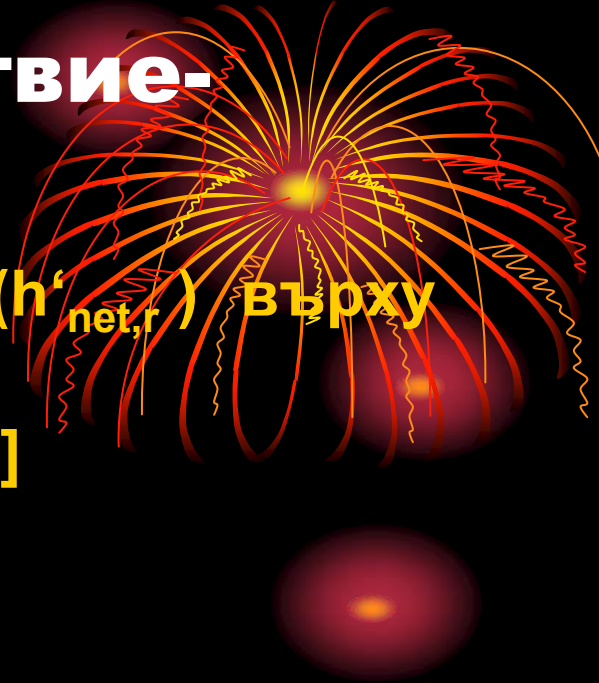
Температурно въздействие- основни правила

Определяне на радиационен поток ($(h'_{net,r})$) върху
единица повърхност от

$$h'_{net,r} = \Phi * \epsilon_m * \epsilon_f * \sigma * [(\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4]$$

където:

- Φ -фактор конфигурация,
- ϵ_m -емисия от повърхността на елемента,
- ϵ_f - емисия от огъня, σ -константа на Стефан Болцман ($=5,67 * 10^{-6} \text{ W/m}^2\text{K}$);
- Θ_r - радиационна температура от огъня,
- Θ_m -температура по повърхността на елемента(може да се прилага $\epsilon_m=0,8$, независимо от стойностите дадени в Еврокодовете по конструктивен материал от **1992** до **1996** и **1999**)



Стандартна температурна зависимост:



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

където:

- Θ_g – температура на газа [$^{\circ}\text{C}$],
- t - време [min],
- Коефициентът за топлопреминаване чрез конвективен топлообмен $\alpha_c = 25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.
- При външен пожар температурната зависимост е:
- $\Theta_g = 660(1 - 0,687e^{-0,32t} - 0,313e^{-3,8t}) + 20$

Хидровъглеродна крива



- $\Theta_g = 1080(1 - 0,325e^{-0,167t} - 0,675e^{-2,5t}) + 20$
- $\alpha_c = 50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- Естествени (параметрични) модели за огневото въздействие:
- област на приложение: ограничено. Основава се на специфични физични характеристики, коефициентът $\alpha_c = 35 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Методът за определяне на плътността на огневото натоварване е според приложение Е.

Механични въздействия при конструктивен анализ



Разширения : ограничените разширения и деформации от температурни промени при пожар причиняват усилия и моменти, с изключения когато са:

- известни (пренебрежими или полезни),
- взети под внимание в опорите и граничните условия и/или *безусловно съгласувани с изискванията за сигурност при пожар.*

Механични въздействия при конструктивен анализ



За оценка на непреки действия:

- ограничени температурни разширения на елементите, напр. колони в многоетажни скелетни конструкции с корави стени;
- температурен градиент в напречното сечение, който води до вътрешни напрежения;
- температурно разширение от прилежащи елементи, напр. преместване на върха на колона в резултат на разширение на подова плоча, или разширение на окачени кабели;
- температурно разширение на елементи с влияние върху елементи извън конкретното помещение.

Проектните стойности от непреки действия в резултат на пожара $A_{ind,d}$, трябва да се определят на основата на температурните и механични свойства дадени във вторите части на БДС EN1992 до 1996 и 1999.

Едновременност на въздействията



1. Въздействия при пожар се приемат както при нормални температури, в случай, че това е точно така ;
2. Представителните стойности на променливи въздействия при случайни проектни ситуации се въвеждат в съответствие с БДС EN 1990;
3. Намаление на натоварването в резултат на горене не се взема под внимание ;
4. Натоварване от сняг - по преценка; по принцип не се взема под внимание;
5. Допълнителни въздействия от удар-според националното приложение;
6. Огнепреграждащите стени трябва да се проектират и за хоризонтален удар.

Правила за комбиниране на въздействията



1. Ефектът от въздействия по време на пожар

$E_{fi,d,t}$ и механичните въздействия се комбинират в съответствие с правилата в БДС EN1990 за случайни проектни ситуации;

2. Представителната стойност за променливо

натоварване Q_1 се приема като квази-постоянна $\psi_{2,1} Q_1$ или като повтаряща се $\psi_{1,1} Q_1$ (според Националното приложение);

препоръчва се квазипостоянна : $\psi_{2,1} Q_1$.

Опростени правила

1. Когато непреките въздействия от пожар не се вземат под внимание, ефектът от въздействията се определя чрез анализ за комбиниране в момент $t=0$. Тези въздействия $E_{fi,d}$ могат да се приемат като постоянни по време на пожара*;

2. Друго опростяване чрез проекта при нормални температури :

$$E_{fi,d,t} = E_{fi,d} = \eta_{fi} * E_d, \text{ където:}$$

E_d – проектна стойност при комбиниране според БДС **EN 1990** ;

$E_{d,fi}$ – съответната при пожар;

η_{fi} – редукиционен фактор, определен от вторите части на стандартите **1992-1996** и **1999**;

3. Ниво на натоварване : $E_{fi,d,t} = \eta_{fi,t} R_d$, където

R_d – проектна стойност за носеща способност при нормални температури, според стандартите **1992-1996** и **1999** ;

$\eta_{fi,t}$ – ниво на натоварване за проектиране при огнево въздействие.



Приложения към стандарта

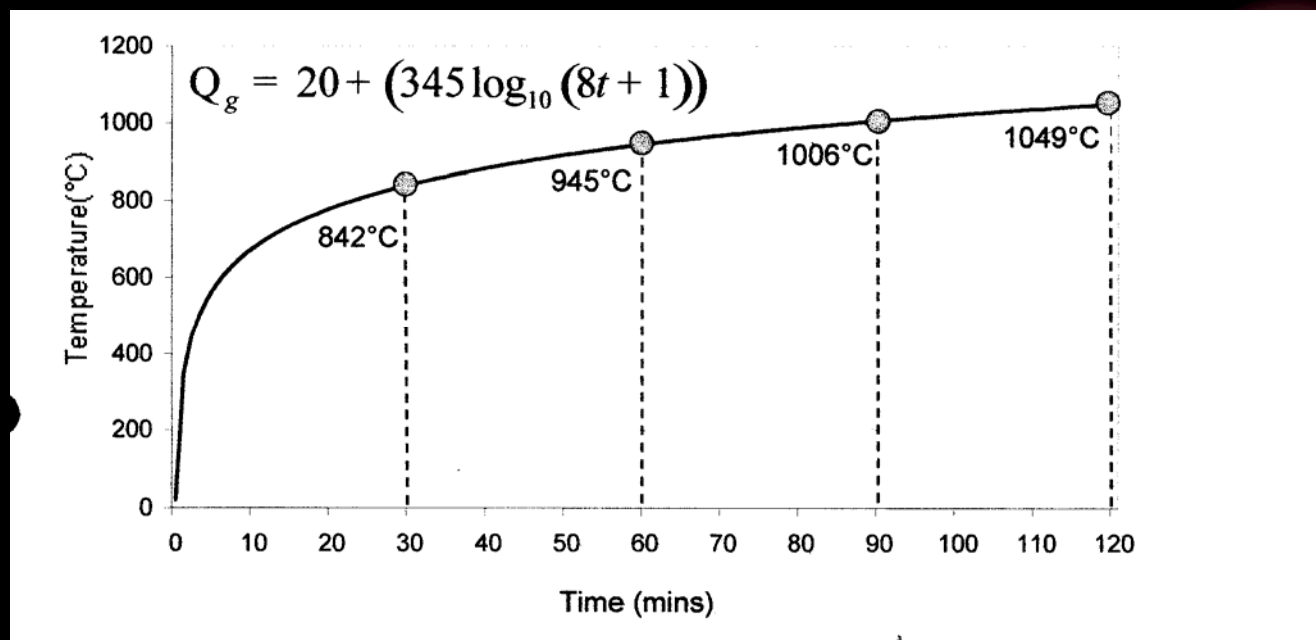


- **“А” – ПАРАМЕТРИЧНИ ТЕМПЕРАТУРНИ ЗАВИСИМОСТИ**
–приложим за помещения с подова площ до 500 m².Приема се, че горимото натоварване изцяло изгаря.
- **“В”- ТЕМПЕРАТУРНО ВЪЗДЕЙСТВИЕ ПРИ ВЪНШНИ ЕЛЕМЕНТИ;**
- **“С”- ЛОКАЛИЗИРАНИ ПОЖАРИ ;**
- **“D”- УСЪВЪРШЕНСТВАНИ МОДЕЛИ ЗА ОГНЕВО ВЪЗДЕЙСТВИЕ”- еднозонов, двузонов и на основата на динамика на флуиди (компютъризирани);**
- **“Е”- ПЛЪТНОСТ НА ОГНЕВОТО НАТОВАРВАНЕ;**
- **“F”- ЕКВИВАЛЕНТНО ВРЕМЕ ЗА ОГНЕВО ВЪЗДЕЙСТВИЕ;**
- **“G”- ФАКТОР КОНФИГУРАЦИЯ.**

Температурни зависимости

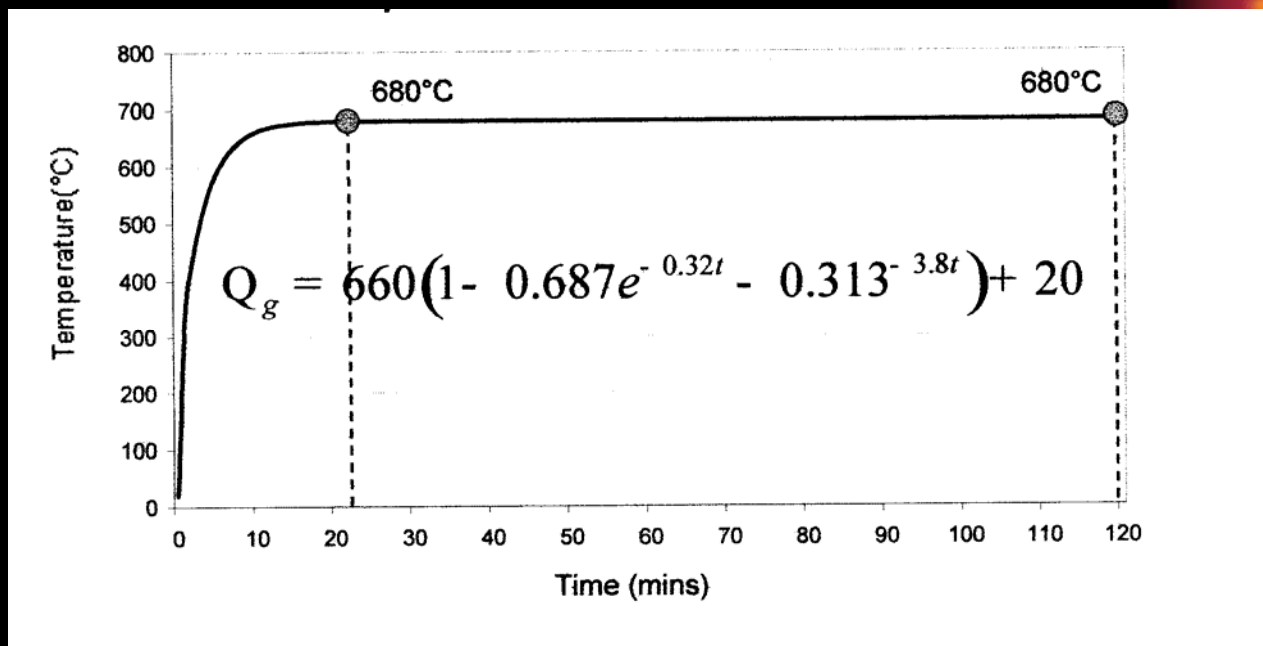


1. ISO834



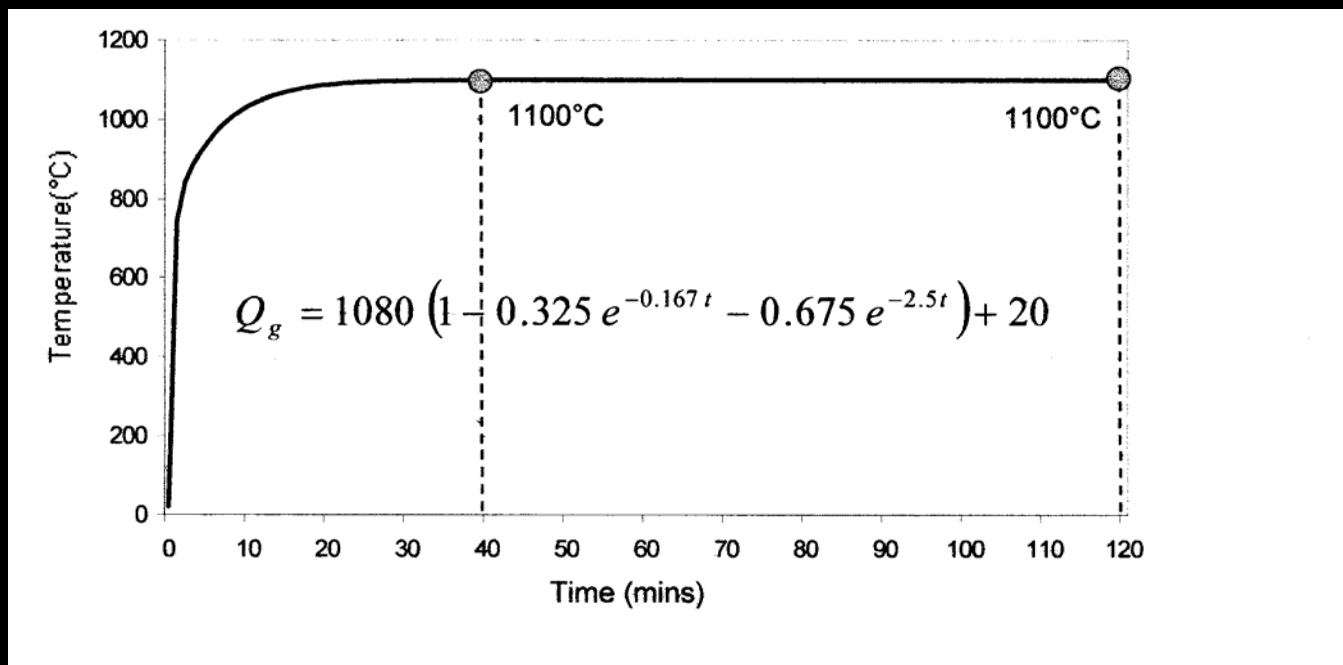
Температурни зависимости

Зависимост при външен пожар



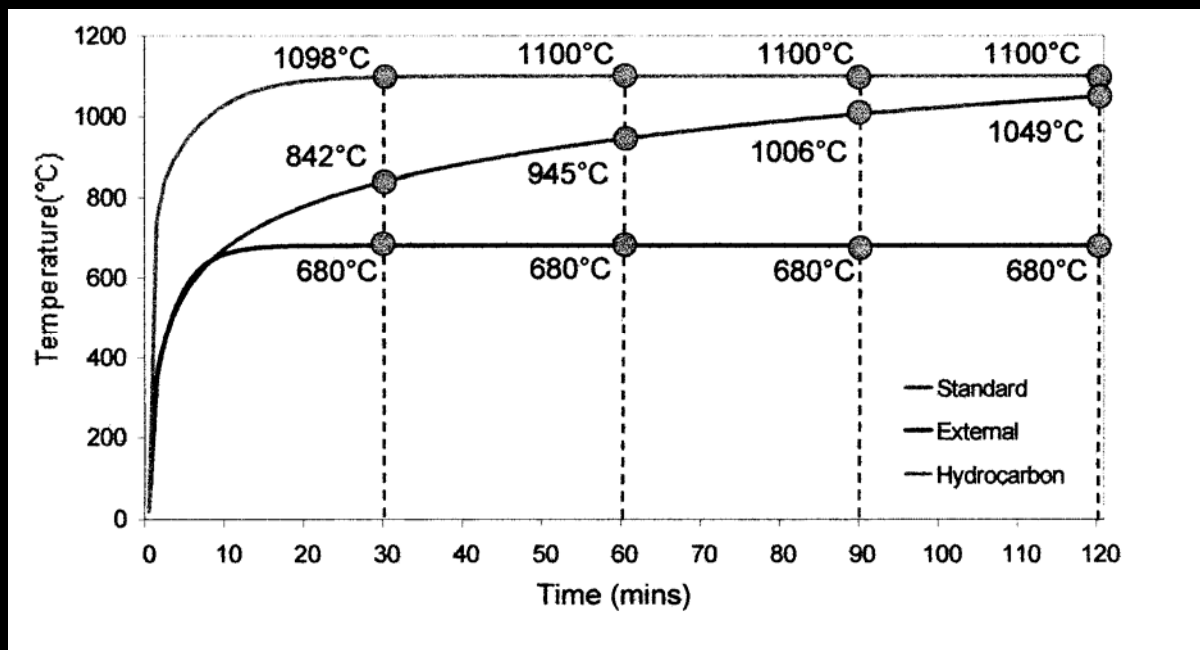
Температурни зависимости

Хидровъглеродна зависимост



Температурни зависимости

Три зависимости време-температура



Конструктивен анализ- механични действия



Комбиниране в съответствие с БДС EN 1990, за случайно въздействие при пожар:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ или } \psi_{2,1}) Q_{k,j} + \sum_{i > 1} \psi_{2,1} Q_{k,j}$$

- $G_{k,j}$ – характеристична стойност на постоянно натоварване;
- P - предварително налягане;
- A_d - непряко температурно действие;
- $\psi_{1,1}$ - фактор за стойност на променливо натоварване, $\psi_{2,1}$ -фактор за квази постоянна стойност на променливо натоварване;
- $Q_{k,i}$ -характеристична стойност на водещо променливо натоварване; $Q_{k,j}$ –характеристична стойност за водещо променливо натоварване;



Приложение А –БДС EN 1991-1-2
параметрични температурни
зависимости

Информативно

Плътност на огневото натоварване за целулозни продукти



Параметрични температурни зависимости:

1. Отнасят се за помещения с площ до 500 m²

2. Температурната зависимост е:

$$\theta_{g,\wedge} = 20 + 1325(1 - 0,324e^{-0,2t^*} - 0,204e^{-1,7t^*} - 0,472e^{19t^*})$$

Θ_g - температура на газове

$t^* = t.G$ (°C)

Плътност на огневото натоварване за целулозни продукти



- t -време [h]
- $\Gamma = [O/b]^2 / (0,04/1160)^2$ [-]
- $b = (\rho c \lambda)^{1/2}$
- ρ -плътност на ограждащите стени [kg/m³]
- c -специфична топлина [J/kgK]
- λ -топлопроводност [W/Mk]
- ρ, c, λ – приемат се за обикновена температура
- O -фактор отвори = $A_v h_{eq}^{1/2} / A_t$
- Ограничения за O : $0,02 \leq O \leq 0,20$
- Забележка 1 : $100 \leq b \leq 2200$ [J/m²s^{1/2}K]
- A_v -пълна площ на вертикалните прозорците по всички стени в [m²]
- h_{eq} -средно притеглена височина на прозорците от всички стени в [m]
- A_t -пълна площ на ограждащите стени, под, таван с отворите в [m²];
- 2. Ако $\Gamma = 1$ уравнението се апроксимира към стандартната зависимост.

Плътност на огневото натоварване за целулозни продукти



При ограждения с различни топлофизически характеристики се въвежда : $b = \Sigma(b_j A_j) / A_t - A_v$

Ако $b_1 < b_2$, тогава $b = b_1$

• Ако $b_1 > b_2$, тогава граничната дебелина за изложената на огъня страна е s_{lim}

Забележки:

1. $s_{lim} = [3600 * t_{max} * \lambda_1 / c_1 \rho_1]^{1/2}$; при $t_{max} = \max[0, 2 * 10^{-4} * q_{t,d} / 0; t_{lim}]$ [m];

$q_{t,d}$ е проектна стойност на плътността на огневото натоварване, отнесена към пълната площ - A_t ,

$q_{t,d} = q_{f,d} * A_f / A_t$; [MJ/m²]

Ако $s_1 > s_{lim}$ тогава $b = b_1$

Ако $s_1 < s_{lim}$ тогава $b = s_1 / s_{lim} * b_1 + (1 - s_1 / s_{lim}) b_2$

2. Индексът 1 се отнася за пряко изложената на огъня страна, индексът 2 – за следващия слой.

Плътност на огневото натоварване за целулозни продукти



- При $t_{\max} = t_{\lim}$, t^* се замества с $t^* = t \cdot \Gamma_{\lim}$
- $\Gamma_{\lim} = [O_{\lim}/b]^2 / (0,04/1160)^2$, където $O_{\lim} = 0,1 \cdot 10^{-4} \cdot q_{t,d} / t_{\lim}$

Допълнителни ограничения при :
 $O > 0,04$, $q_{t,d} < 75$ и $b < 1160$ за Γ_{\lim} с κ

$$\kappa = 1 + \{[O - 0.04]/0.04\} \cdot \{[q_{f,d} - 75]/75\} \cdot \{[1160 - b]/1160\}$$

- t_{\lim} е 25 min при бавно нарастващ пожар, 20 min за среден пожар и 15 min за бързо развиващ се пожар;

Зависимостта температура-време във фазата на охлаждане



- $\Theta_g = \Theta_{\max} - 625(t^* - t_{\max}^* x)$ за $t_{\max}^* \leq 0,5$
- $\Theta_g = \Theta_{\max} - 250(3 - t_{\max}^*)(t^* - t_{\max}^* x)$
за $0,5 < t_{\max}^* < 2$
- $\Theta_g = \Theta_{\max} - 250(t^* - t_{\max}^* x)$ за $t_{\max}^* > 2$
- $x = 1,0$ ако $t_{\max} > t_{\lim}$ за $t_{\max} = t_{\lim}$
 $x = t_{\lim} / t_{\max}^*$



Приложение “В”-БДС

EN-1991-1-2

Приложение В



- Температурно въздействие върху външни елементи-опростен метод
- Приложение при огнево натоварване по-голямо от 200MJ/m^2

Област на приложение



Този метод позволява определяне на:

- -максималната температура в помещението,
- -размери и температура на пламъка през отворите,
- -конвективни и радиационни параметри.

Условия за прилагане



- 1. При повече от един прозорец в помещение с пожар се приема: средно притеглената височина h_{eq} , пълната площ на вертикалните отвори A_v и сумата от ширините на отворите ($w_i = \sum w_i$);
- 2. При прозорци само на стена 1, $D/W = W_2/w_i$ (В.1)

Условия за прилагане

3. При прозорци върху повече от една страна, D/W се определя от:

$D/W = [W_2/W_1][A_{v1}/A_v]$, където:

W_1 – ширина на стена 1 с най-голяма прозоречна площ ;

A_{v1} - сума от площта на прозорците на стена 1;

W_2 - ширина на стена перпендикулярна на стена 1



Условия за прилагане



4. При ядро (с дължина L_c и ширина W_c) в помещението с пожар:

$$D/W = [(W_2 - L_c)A_{v1}] / [(W_1 - W_c)A_v]^* ;$$

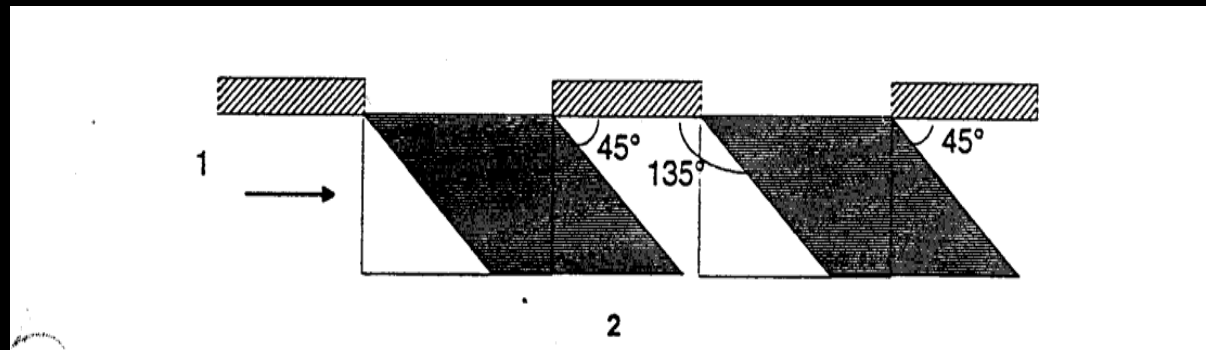
5. Всички части на външна стена, които не притежават огнеустойчивост (REI), с оглед здравина на сградата трябва да бъдат класифицирани по площта на прозорците.

Температурата на пламъка по дебелина и ширина се приема еднаква.

В.3 Ефект от вятър



- В.3.1 Начин на вентилация
- 1. В случай на прозорци разположени върху две противоположни стени в помещение с пожар, или има друг източник на вентилиране, изчисленията се извършват в условия на усилено вентилиране.
- В.3.2 Отклонение на пламъка от вятъра:



В.3 Ефект от вятър



Хоризонтална проекция на пламъци при стена над прозореца (фиг.А):

$$L_H = h_{eq}/3 \quad \text{ако} \quad h_{eq} \leq 1,25 w_i$$

$$L_H = 0,3 h_{eq} (h_{eq}/w_i)^{0,54} \quad \text{ако} \quad h_{eq} > 1,25 w_i^*$$

$$L_H = 0,454 h_{eq} (h_{eq}/2w_i)^{0,54} \quad \text{в други случаи}$$

- без стена над прозореца

$$L_H = 0,6 h_{eq} (L_L/h_{eq})^{1/3};$$

дължина на пламъка по оста:

$$\text{когато } L_L > 0, L_f = L_L + h_{eq}/2^{**}$$

$$L_f = [L_L^2 + (L_H - h_{eq}/3)^2]^{1/2} + h_{eq}/2^{***}$$

$$\text{Ако } L_L = 0, L_f = 0$$

Температура на пламъка до прозореца



- $T_w = 520 / [1 - 0,4725(L_f \cdot w_i / Q)] + T_o$ [K] с $L_f \cdot w_i / Q < 1$; ($\epsilon_f = 1$)
- Температура на пламъка по оста :
 $T_z = (T_w - T_o)(1 - 0,4725(L_x \cdot w_t / Q)) + T_o$
- с $L_f \cdot w_i / Q < 1$, L_x -дължина по оста до "x" (емисия пламъци $\epsilon_f = 1 - e^{-0,3d_f}$);
- d_f -дебелина на пламъка в [m].
- $\alpha_c = 4,67(1/d_{eq})^{0,4}(Q/A_v)^{0,6}$

Характеристики на пожара и пламъците



Тяга- без усилване:

Скоростта за отделяне на топлина:

$$Q = \min\left\{ \left[\frac{A_f \cdot q_{f,d}}{\tau_F} \right]; 3,15 \left[1 - e^{-0,036/O} \right] \cdot A_v \cdot \left[h_{eq} / D/W \right]^{1/2} \right\};$$

Темпертура в помещението:

$$T_f = 6000 \left[1 - e^{-0,1/O} \right] \cdot O^{0,5} \cdot \left[1 - e^{-0,00286\Omega} \right] + T_o$$

Височина на пламъка:

$$L_L = \max\left\{ 0; h_{eq} \left[2.37 \left(\frac{Q}{A_v \rho_g (h_{eq} \cdot g)^{1/2}} \right)^{2/3} - 1 \right] \right\}$$

Характеристики на пожара и пламъците



Тяга с усилване:

Скоростта на отделяне на топлина е

$$Q = A_f \cdot q_{f,d} / T_f ;$$

Температура на помещението:

$$T_f = 1200 [A_f \cdot q_{f,d} / 17,5 - e^{-0,00228\Omega}] + T_o ;$$

Височина на пламъка :

$$L_L = [1.366 \cdot (1/u)^{0,43} Q / A_v^{1/2}] - h_{eq} \text{ ———}$$

Характеристики на пожара и пламъците



Температура на пламъка до прозореца:

$$T_w = 520 : (1 - 0.3325 \cdot L_f \cdot A_v^{1/2} / Q) + T_o, \text{ с } L_f \cdot A_v^{1/2} / Q < 1$$

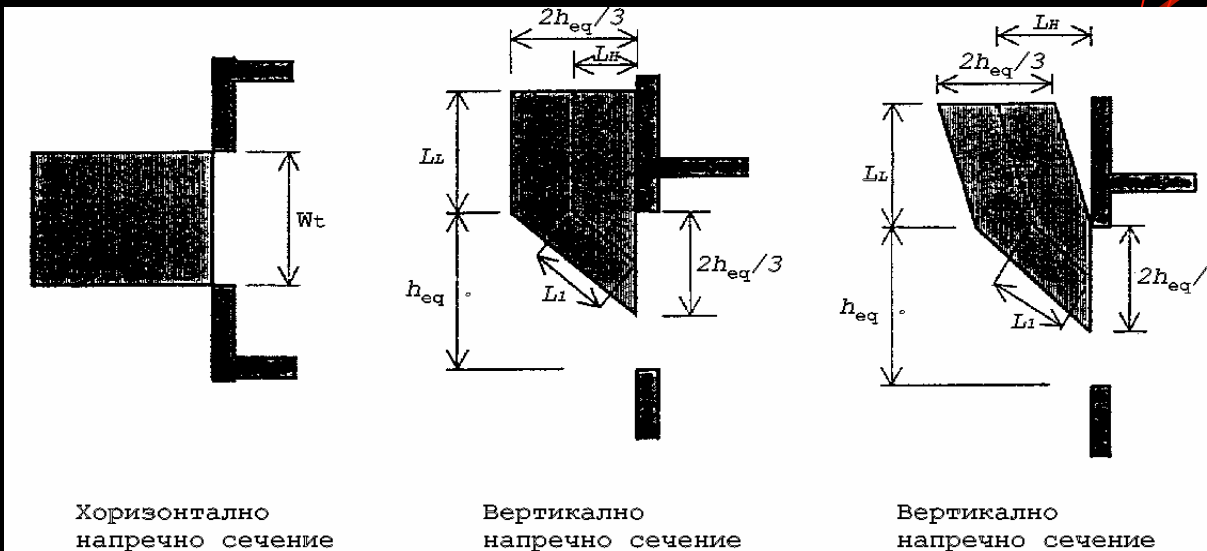
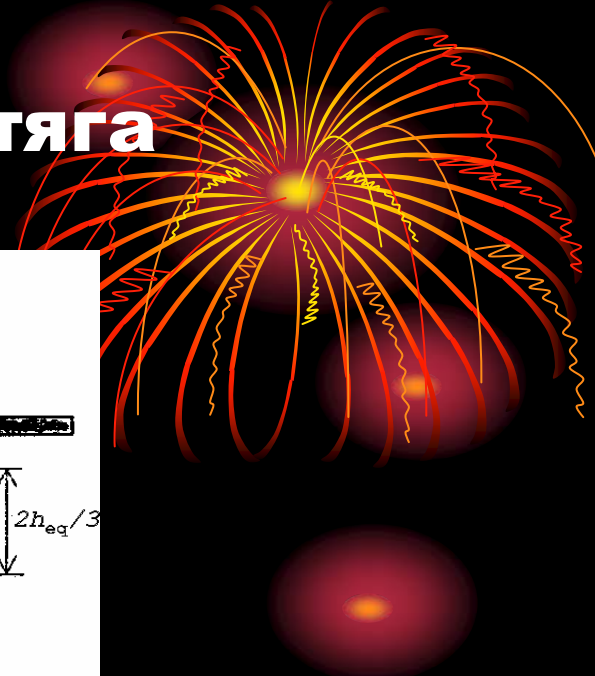
Температура на пламъка по оста :

$$T_z = (T_w - T_o) \cdot [1 - 0.3325 \cdot (L_x \cdot A_v^{1/2} / Q)] + T_o$$

$\varepsilon = 1 - e^{-0.3d_f}$ – емисия на пламъка d_f -дебелина на пламъка; коефициентът при конвективен топлообмен:

$$\alpha_c = 9,8(1/d_{eq})^{0,4}(Q/17,5A_v + u/1.6), \text{ при } u = 6\text{m/s}, L = 0,628Q/A_v^{1/2} - h_{eq};$$

Размери на пламъка - без тяга



$$L = h_{eq} / 3$$

$$L = \sqrt{L_H^2 + \frac{h_{eq}^2}{9}} = \frac{h_{eq}}{2}$$

$$h_{eq} < 1,25w_t$$

$$L_f = \sqrt{L_L^2 + \left(L_H - \frac{h_{eq}}{3}\right)^2} + L_L$$

$$L_f = L_L + L_1$$

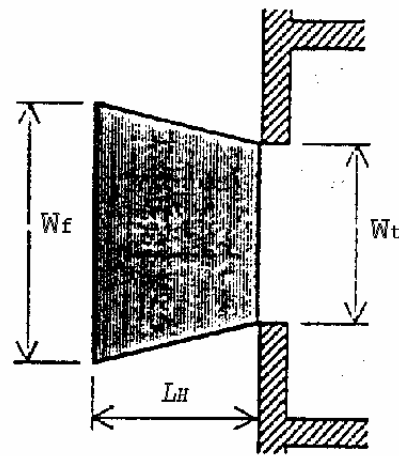
Отгоре със стена

$$L_f = h_{eq} / 2$$

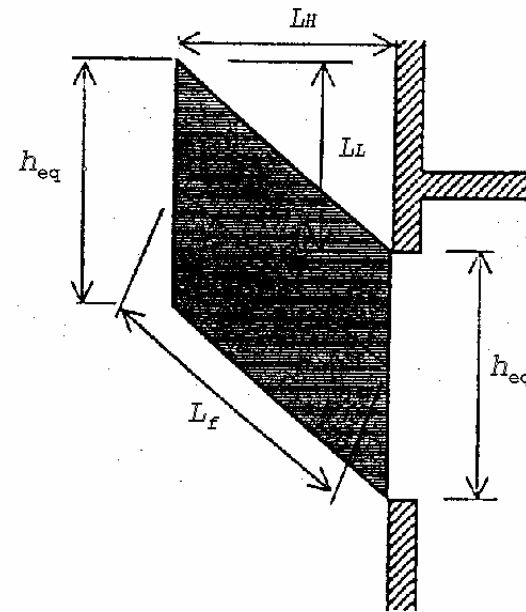
$$L_1 = \sqrt{L_H^2 + \frac{h_{eq}^2}{9}} \approx \frac{h_{eq}}{2}$$

Без стена или $h_{eq} < 1,25w_t$

Размери на пламъка при усилена тяга



Хоризонтално
напречно сечение

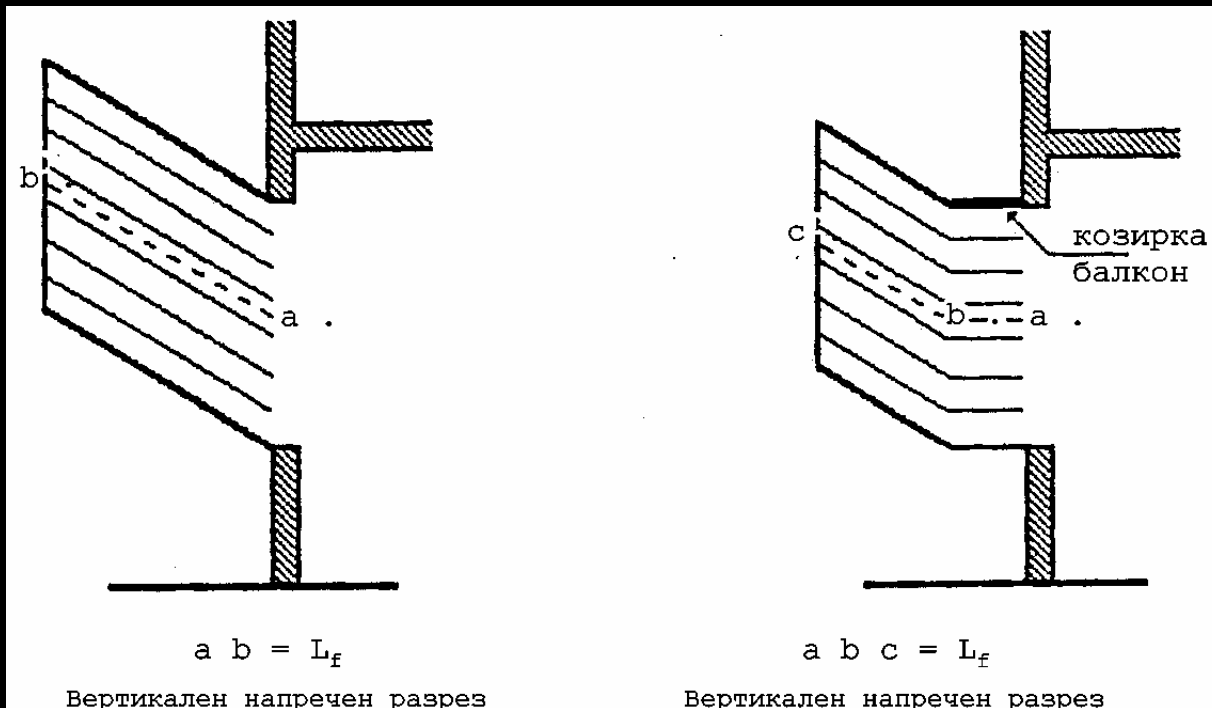


Вертикално
напречно сечение

Размери на пламъка при козирки - корекции

ако козирка или балкон са по цялата ширина на прозореца със стена над прозореца :

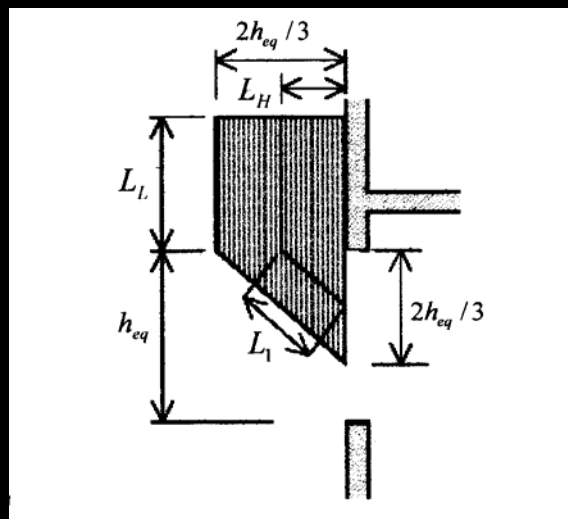
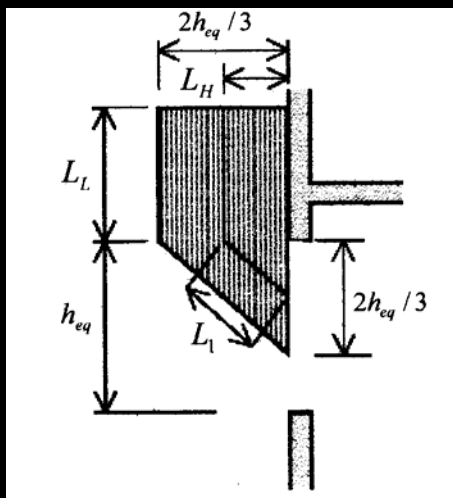
L_L намалява с $W_a(1+2^{1/2})$; L_H нараства с W_a при $h_{eq} \leq 1,25w_t$



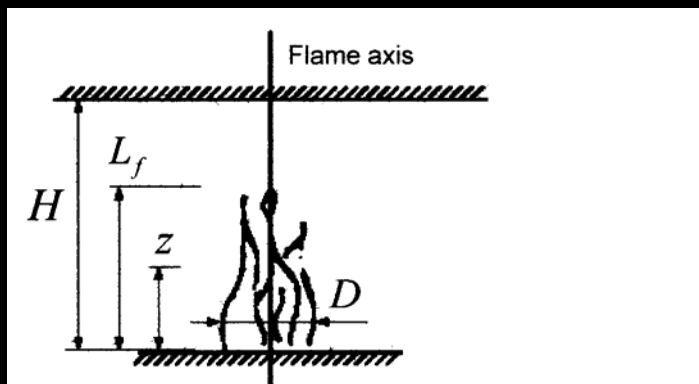
Допълнителни схеми:



Размери на пламък по оста и дебелина



Приложение “С”-БДС EN- 1991-1-2



**Локални пожари:
Относителна височина на пламъка
по отношение на тавана**

Топлинен поток към конструктивния елемент



- Дължината на пламъка:

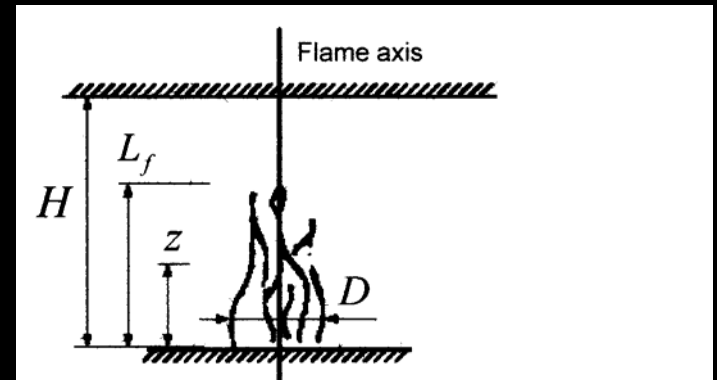
$$L_f = -1.02D + 0.0148Q^{2/5} \text{ (RHR - "прил.Е")}$$

- За пламъци с височина z по оста :

$$\Theta_{(z)} = 20 + 0.25Q_c^{2/3} (z - z_o)^{-5/2} \leq 900$$

z_o - виртуално начало

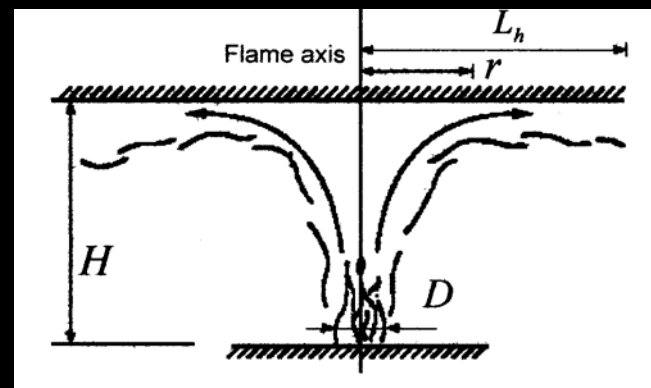
$$z_o = -1.02D + 5.24 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{2/5}$$



Пламяк до тавана ($L_f \geq H$)



- Топлинният поток, върху единица площ от тавана се определя за:
- $y \leq 0.3$ $h' = 100\,000$,
- $0.3 < y < 1.0$ $h' = 136,300 - 121,000y$
- $y \geq 1.0$ $h' = 15,000y^{-3.7}$
- $Y = (r + H + z') / (L_h + H + z')$



БДС EN 1991-1-2 Приложение D

Предварителни модели за огнево въздействие



Еднозонов модел в помещение.

Приема :

- **хомогенни температури,**
- **плътност,**
- **вътрешна енергия и**
- **налягане на газа.**

Изчисление на температурите



Прилагане на уравненията за:

- Съхранение на маса и енергия;
- Обмен на маса между вътрешен и външен газ (през прозорците);
- Обмен на енергия между горимата маса, вътрешния газ, стените и отворите.

Законът за идеалния газ



- $P_{int} = \rho_g RT_g$ [N/m²] (D.1)
- Уравнението за баланса на газовете е:
- $dm/dt = m'_{in} - m'_{out} + m'_{fi}$ [kg/s] (D.2)

Където:

dm/dt — скорост на изменение на маса

m'_{in} — скорост на изходящите газове през отворите

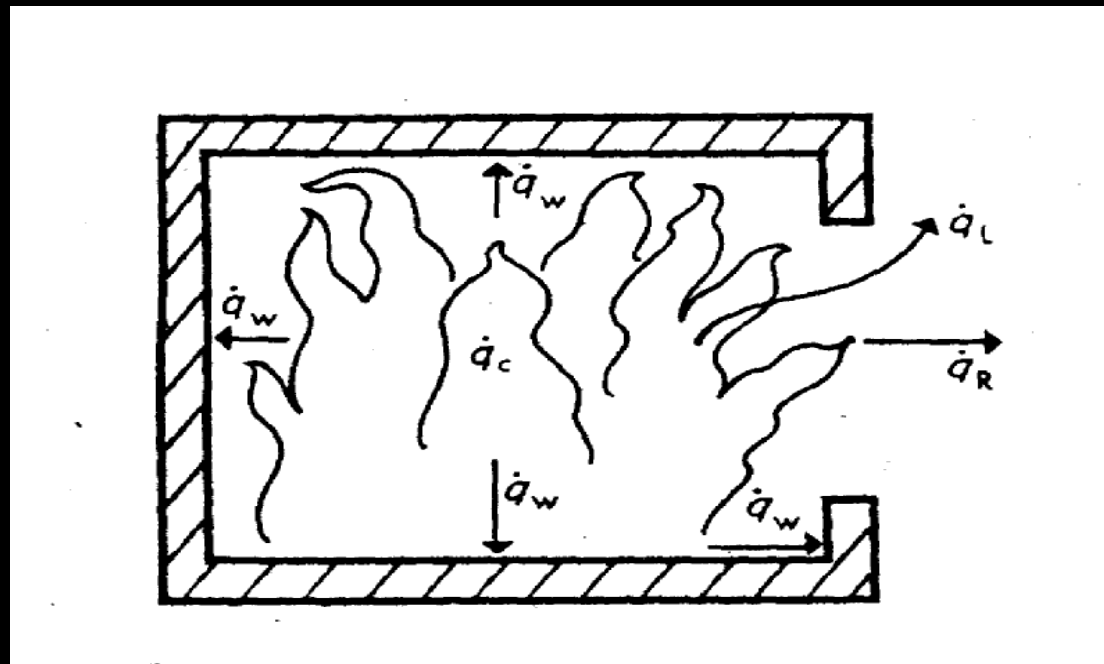
m'_{out} — скорост на входящи газове

m'_{fi} - скорост на генериране на продукти от пиролиза

СХЕМА:



- dm/dt и m'_{fi} -могат да се пренебрегнат, тогава :
- $m'_{fi} = m'_{out}$



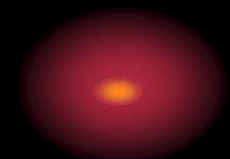
Енергиен баланс в помещение с пожар



$$dE_g/dt = Q - Q_{out} + Q_{in} - Q_{wall} - Q_{rad},$$

Където:

- E_g - вътрешна енергия на газа [J]
- Q - скорост на отделената топлина [W]
- $Q_{out} = m'_{out} c T_f$ [Jsec]
- $Q_{in} = m'_{in} c T_{amb}$
- $Q_{wall} = (A_t - A_{h,v}) h'_{net}$, енергийни загуби от огражденията
- $Q_{rad} = A_{h,v} \sigma T_f^4$ – енергийни загуби от радиация през отворите



Двузонов модел



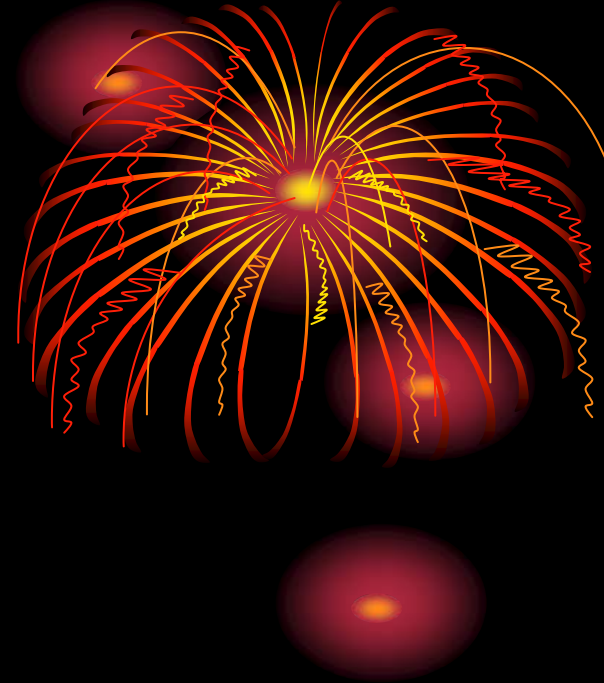
- Приема се, че продуктите от горене се акумулират в слой под тавана(горен слой), долен слой, огън, външен газ, стени;
- Характеристиките на горния слой са еднакви;
- Преобразуването на маса → енергия и химически субстанции е между трите зони;
- При равномерно разпределено горимо атоварване, двузновият модел преминава в еднозонов, ако горният слой е с температура по-висока от 500°C и обхваща 80% от височината на помещението.

Усъвършенствани модели на основата на динамика на флуиди



- **Основат се на числено решаване на частни диференциални уравнения във всички точки на помещението с термодинамични и аеродинамични променливи;**
- **Включва компютърни модели за анализ на флуиди, топлопредаване и свързаните явления чрез решаване на фундаментални уравнения;**
- **Уравненията са математически запис на физически закони:**
 - съхранение на масата на флуида,**
 - втори закон на Нютон,**
 - първи закон на термодинамиката и др.**

БДС EN 1991-1-2 ПРИЛОЖЕНИЕ “Е”



ПЛЪТНОСТ НА ОГНЕВОТО ВЪЗДЕЙСТВИЕ

**За изчисленията се прилагат конкретни данни
с оглед изискванията за огнеустойчивост**

Проектна стойност на $q_{f,d}$



- $q_{f,d} = q_{f,k} * m * \delta_{q1} * \delta_{q2} * \delta_n$ [MJ/m²]

където: m - коефициент, свързан с горене,

δ_{q1} - коефициент, отчита риска от размера на помещението за активиране на пожара;

δ_{q2} - отчита риска от вид обитаване (табл.Е.1);

$\delta_n = \prod \delta_{ni}$ ($i=1$ до 10) - коефициент отчитащ различни мерки за активна защита;*

$q_{f,k}$ – плътност на огнево натоварване [MJ/m²].

Коефициенти : δ_{q1} δ_{q2}

Според подовата площ A_f [m²], опасността от активиране на пожара

δ_{q1} и δ_{q2} приемат стойностите:

A_f [m ²]	δ_{q1}	δ_{q2}	
25	1,10	0,78	галерии музеи
250	1,50	1,00	Офиси, хотели
2500	1,90	1,22	произв. машини
5000	2,00	1,44	хим.лаб, боядж.
10000	2,13	1,66	Огневи работи,лакове



Коефициенти δ_{ni}



- Автоматично потушаване с вода, пожарогасителна система и независим източник
- Автоматично откриване: с аларма (топлина- δ_{n3}), дим (δ_{n4}) и със сигнализиране на пожарна

δ_{n1}	δ_{n2}
0,61	0 1 2 1 0,87 0,7

δ_{n3}	δ_{n4}	δ_{n5}
0,87 или 0,73	0,87 или 0,73	0,87

Коефициенти δ_{ni}



Ръчно потушаване

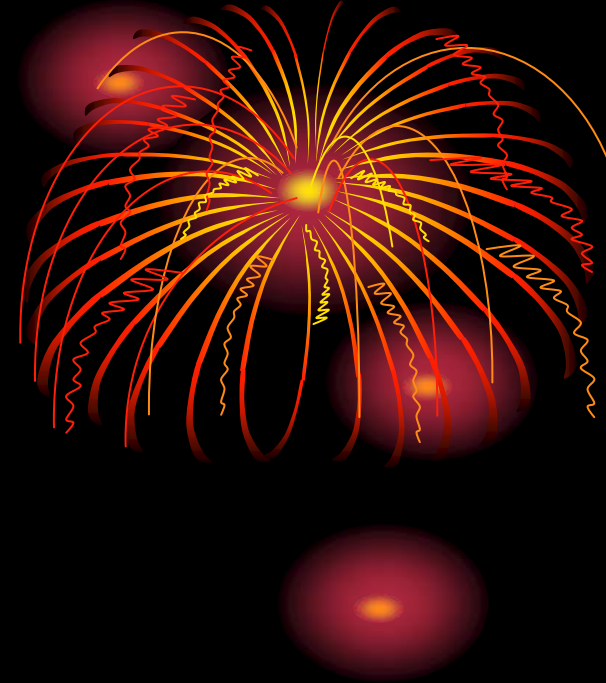
Ръчно потушаване	външна	пътища	Техника за гасене	С-ма за димоотвеждане
δ_{n6}	δ_{n7}	δ_{n8}	δ_{n9}	δ_{n10}
0,61	0,61*	0,9;1,0,78	1, 1.5	1, 1,5

Плътност на огневото натоварване



- **Огневото натоварване съдържа цялото горимо в сградата, както и съответните горими конструктивни части, вкл. облицовки и обработки. Части, които не се овъгляват не се вземат под внимание;**
- **Определя се от : вид обитаване (таблица Е.4) и/или индивидуално за конкретен проект, с възможните очаквания за промени.**

БДС-EN1991-1-2 **ПРИЛОЖЕНИЕ F**



ЕКВИВАЛЕНТНО ВРЕМЕ ЗА **ОГНЕВОТО ВЪЗДЕЙСТВИЕ**

Област на приложение :



- **Методът се прилага при проектиране на елементи по опростени правила или табулирани данни, за да бъдат съпоставими с стандартното въздействие.**
- **Методът не се прилага за дървени и комбинирани (стомано-стоманобетонни) елементи.**
- **Ако плътността на огневото натоварване не е обвързана със специфично поведение при горене, тогава този подход се ограничава до целулозни материали.**

Определяне на еквивалентното време при стандартно въздействие



- $t_{e,d} = (q_{fi,d} * k_b * w_i) * k_c$ - времетраене при стандартен пожар
- Трябва да се провери : $t_{e,d} < t_{fi,d}$
- $q_{fi,d}$ – проектна стойност на огнево натоварване по приложение E
- k_b - коефициент за оценка на термични свойства на ограждащите елементи(по приложение A); ако няма конкретни данни - $k_b = 0,7$
- w_f – коефициент за вентилация
- k_c - корекционен коефициент във функция от конструктивния материал на напречното сечение (таблица F.1)

Таблица F.1- коефициент k_c



Материал на напречното сечение	Корекционен коефициент - k_c
Стоманобетон	1,0
Защитена стомана	1,0
Незащитена стомана	13,7 *O
O-фактор(коефициент) за отвори - по приложение A	

Таблица F.2- b – топлофизически свойства на ограждения



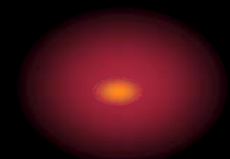
$b = (\rho c \lambda)^{1/2}$ [J//m ² s ^{1/2} K]	k_b [min.m ² /MJ]
$b > 2\ 500$	0,04
$720 \leq b \leq 2\ 500$	0,055
$b < 720$	0,07

Определяне на коефициентът за вентилация w_f



- $w_f = (6,0/H)^{0,3} [0,62 + 90(0,4 - \alpha_v)^4 / (1 + b_v \alpha_h)] \geq 5$
- Означения :
- $\alpha_v = A_v / A_f$ A_v – площ на вертикалните отвори по фасадата;
- A_f -подова площ ; ограничение $0,025 \leq \alpha_v \leq 0,25$
- $\alpha_h = A_h / A_f$
- A_h – площ на хоризонталните отвори в покрива,
- A_f -подовата площ на помещението
- $b_v = 12,5(1 + 10\alpha_v - \alpha_v^2) \geq 10,0$
- H -височина на помещението
- При $A_f < 100m^2$, без отвори в покрива, w_f се определя от:
- $w_f = 0,1/2 * A_f / A_t$;
- ИЗВЪРШВА СЕ ПРОВЕРКА ЗА УДОВЛЕТВОРЯВАНЕ НА $t_{e,d} < t_{fi,d}$
- $t_{fi,d}$ – проектна стойност на стандартна огнеустойчивост на елемент, според вторите части на Конструктивните Еврокодове

Приложение G-БДС EN1991-1-2



КОЕФИЦИЕНТ НА КОНФИГУРАЦИЯ

КОЕФИЦИЕНТ НА КОНФИГУРАЦИЯ



КОЕФИЦИЕНТЪТ (фактор) НА КОНФИГУРАЦИЯ - измерва частта от радиационния поток, която получава ориентираната към него повърхност от конструктивния елемент.

Стойността му зависи от:

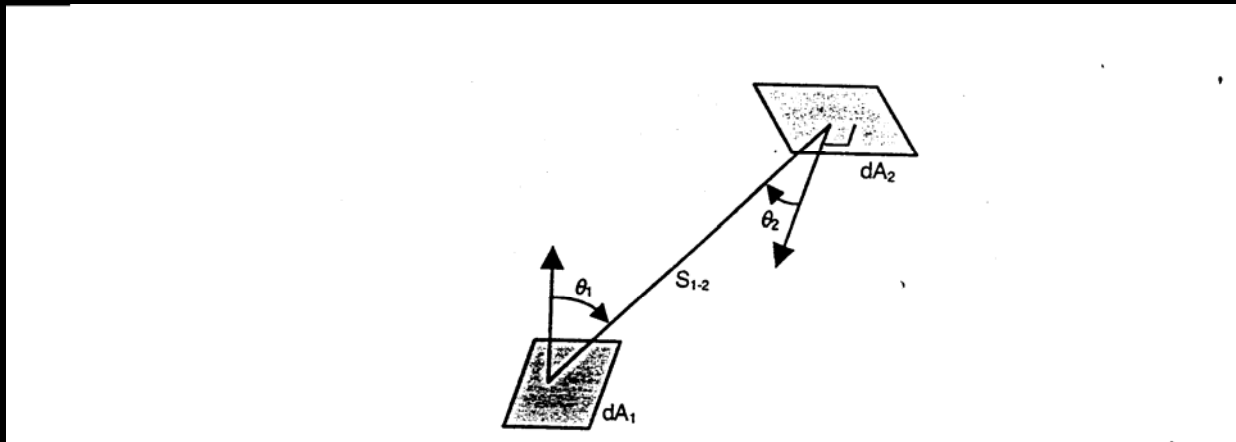
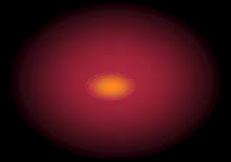
- **размера на излъчващата повърхност,**
- **разстоянието между двете повърхнини**
- **взаимната ориентацията (“позициониран” и “засенчване”)**

Прилага се при изчисляване на температурите на външни елементи.

Математически израз



$$dF_{d1-d2} = (\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2) dA_2 / \pi S_{1-2}^2$$



Коефициент на облъчване



- Горната граница на коефициента на облъчване: $\Phi=1$ при напълно развит пожар.
- Облъчване на конструктивен елемент от радиационен поток през прозорец се определя от:

$$\Phi = \frac{(C_1\Phi_1 + C_2\Phi_{f,2})d_1 + (C_3\Phi_{f,3} + C_4\Phi_{f,4})d_2}{(C_1 + C_2)d_1 + (C_3 + C_4)d_2}$$

граници за Φ

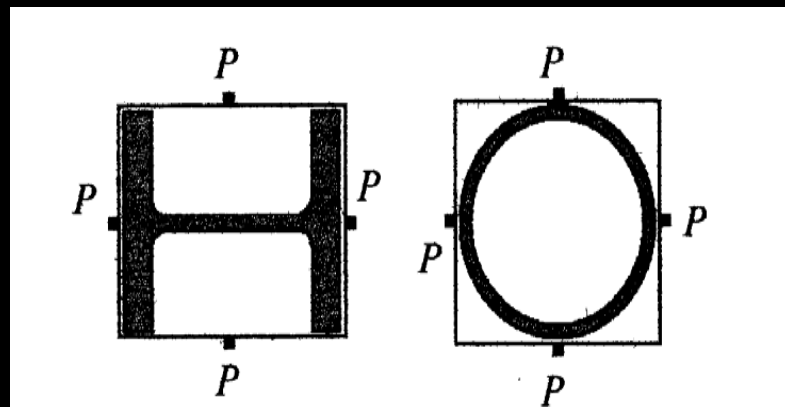


	Локализиран пожар	Напълно развит
Положение:	$\Phi \leq 1$	$\Phi = 1$
Засенчване: изпъкнал	$\Phi = 1$	$\Phi = 1$
Засенчване: вдлъбнат	$\Phi \leq 1$	$\Phi \leq 1$

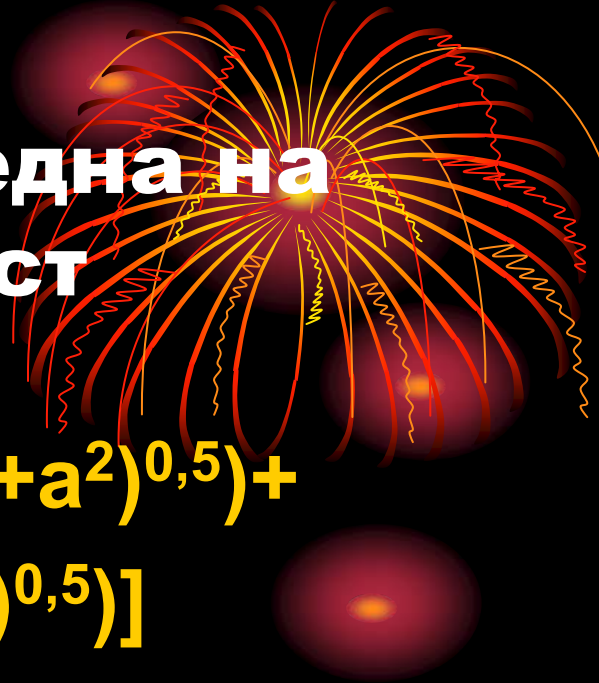
При външни елементи



- Около напречното сечение се изчертава правоъгълна обвивка;
- Фактор (коефициент) конфигурация се определя за средната точка P от всяка страна на правоъгълника.



При повърхнина успоредна на излъчващата повърхност



- $\Phi = 1/2\pi [a/(1+a^2)^{0,5} \tan^{-1}(b/(1+a^2)^{0,5}) +$
- $+ b/(1+b^2)^{0,5} \tan^{-1}(a/(1+b^2)^{0,5})]$
- $a = h/s$ h - височина на зона от излъчващата повърхнина,
- S - разстояние от P до x
- $b = w/s$, w - ширина на зона от излъчващата повърхнина

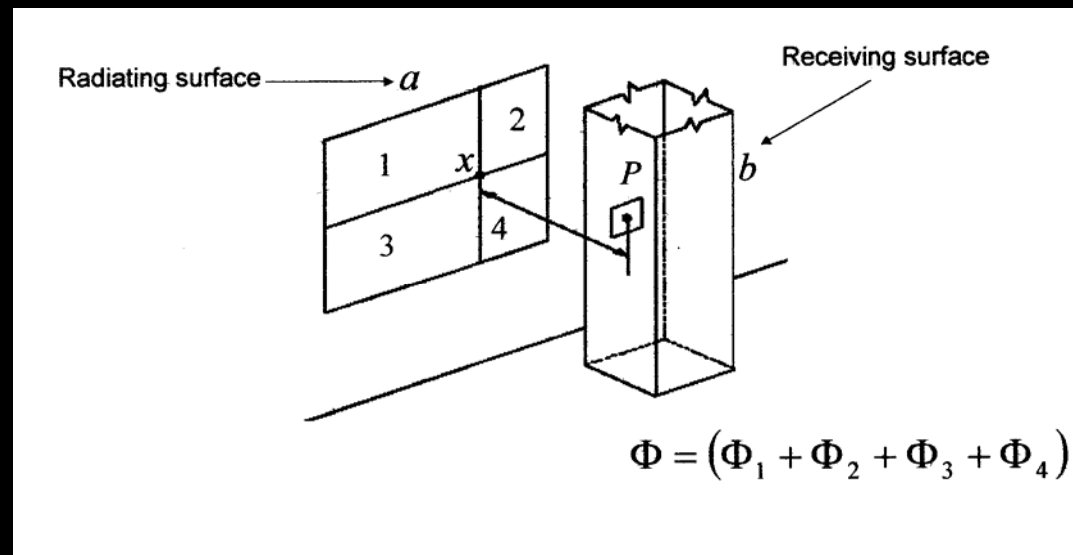
При повърхнина перпендикулярна на излъчващата



- $\Phi = 1/2\pi [\tan^{-1}(a) - 1/(1+b^2)^{0,5} \tan^{-1}(a/(1+b^2)^{0,5})]$
- $a = h/s$, h - височина на зона от излъчващата повърхнина; s - разстоянието от т.Р до x ;
- Този процес се повтаря за всички видими зони от излъчващата повърхнина;
- От т.Р се виждат четири зони.

продължение

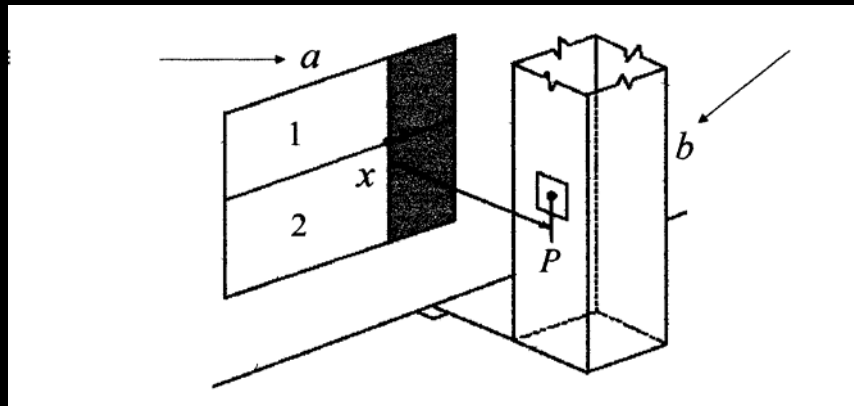
$$\Phi = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4)$$



При засенчване



- **Фактор конфигурация е: $\Phi=(\Phi_1+\Phi_2)$**
- **Някои зони не са видими от т.Р**



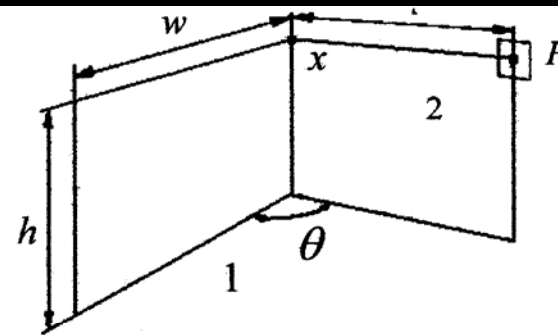
Ако двете равнини (излъчваща и облъчвана) са под ъгъл



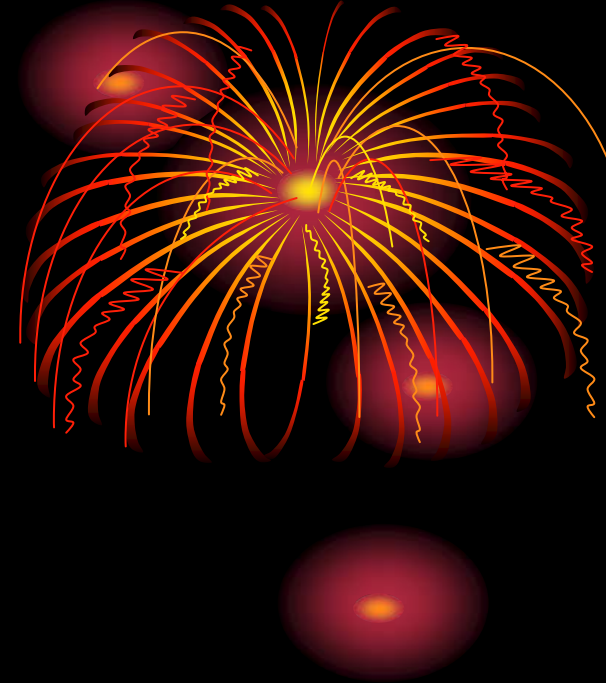
$$\Phi = \frac{1}{2\pi} [\tan^{-1}(a) - \frac{(1 - b \cos \theta)}{(1 + b^2 - 2b \cos \theta)^{0.5}}]^{0.5} *$$

$$* \left[\frac{a}{(1 + b^2 - 2b \cos \theta)^{0.5}} + \frac{a \cos \theta}{(a^2 + \sin^2 \theta)^{0.5}} \right] *$$

$$* \left[\tan^{-1} \left(\frac{b - \cos \theta}{(a^2 + \sin^2 \theta)^{0.5}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\cos \theta}{(a^2 + \sin^2 \theta)^{0.5}} \right) \right]$$



$$\Phi = \frac{1}{2\pi} \left[\tan^{-1}(a) - \frac{(1 - b \cos \theta)}{(1 + b^2 - 2b \cos \theta)^{0.5}} \tan^{-1} \left(\frac{a}{(1 + b^2 - 2b \cos \theta)^{0.5}} \right) + \frac{a \cos \theta}{(a^2 + \sin^2 \theta)^{0.5}} \left[\tan^{-1} \left(\frac{b - \cos \theta}{(a^2 + \sin^2 \theta)^{0.5}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\cos \theta}{(a^2 + \sin^2 \theta)^{0.5}} \right) \right] \right]$$



Благодаря за вниманието !