

Teoria pożarów

Ćwiczenie nr 1 – wstęp, moc pożaru

st. kpt. mgr inż. Mateusz Fliszkiewicz

Moc pożaru - definicja

$$\dot{Q} = \dot{m} \Delta H_{eff}$$

Moc pożaru (kW)

Ubytek masy w jednostce czasu (kg/s)

Efektywne ciepło spalania (kJ/kg)

$$\chi = \frac{\Delta H_{eff}}{\Delta H_c}$$

Całkowite ciepło spalania (kJ/kg)

Efektywność spalania

$$\dot{Q} = A_f \dot{m}'' \Delta H_{eff}$$

Ubytek masy na jednostkę powierzchni w jednostce czasu (kg/(s m²))

Powierzchnia pożaru

- Moc pożaru jest jednym z najważniejszych parametrów opisujących zjawisko pożaru [1]
- Moc pożaru definiowana jest jako zmiana entalpii w jednostce czasu wywołana przez przemianę energii chemicznej paliwa na ciepło, w wyniku procesu spalania [2]
- Najczęściej jednostką mocy pożaru jest kW = kJ/s

[1] Babrauskas, V., and Peacock, R. D., Heat Release Rate: The Single Most Important Variable in Fire Hazard, Fire Safety J. 18, 255-272 (1992)

[2] Karlsson, B. and Quintiere, J. G., Enclosure Fire Dynamics, CRC Press LLC (2000)

Zadania:

Zadanie 1:

Założmy, że spalaniu ulega szkło akrylowe (PMMA). Podczas trwania pożaru przez cały czas mierzono ubytek masy. Średnia prędkość ubytku masy wyniosła 3 g/s. Całkowite ciepło spalania dla PMMA wynosi 25 000 kJ/kg. Oszacuj ilość energii uwalnianej w jednostce czasu z pożaru pleksi przy założeniu efektywności spalania równej 70%. Oszacuj powierzchnię pożaru zakładając średnią prędkość ubytku masy na jednostkę powierzchni równą 25 g/(m²s).

Zadanie 2:

Oszacuj moc pożaru palącego się PMMA zakładając średnią prędkość ubytku masy równą 4 g/s. Określ powierzchnię pożaru zakładając średnią prędkość ubytku masy na jednostkę powierzchni równą 25 g/(m²s). Pozostałe parametry przyjmij jak w zadaniu nr 1.

Zadanie 3:

Spalaniu uległo 0,3 kg pianki poliuretanowej. Całkowity czas trwania pożaru wyniósł 60 sekund. Oszacuj powierzchnię pożaru zakładając średnią prędkość ubytku masy na jednostkę powierzchni równą 0,023 kg/(m²s). Oszacuj efektywne ciepło spalania, jeżeli średnia prędkość uwalniania ciepła równa była 43,38 kW.

Moc pożaru – kalorymetr stożkowy

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}T}{\rho_0 T_0}$$

Przepływ objętościowy

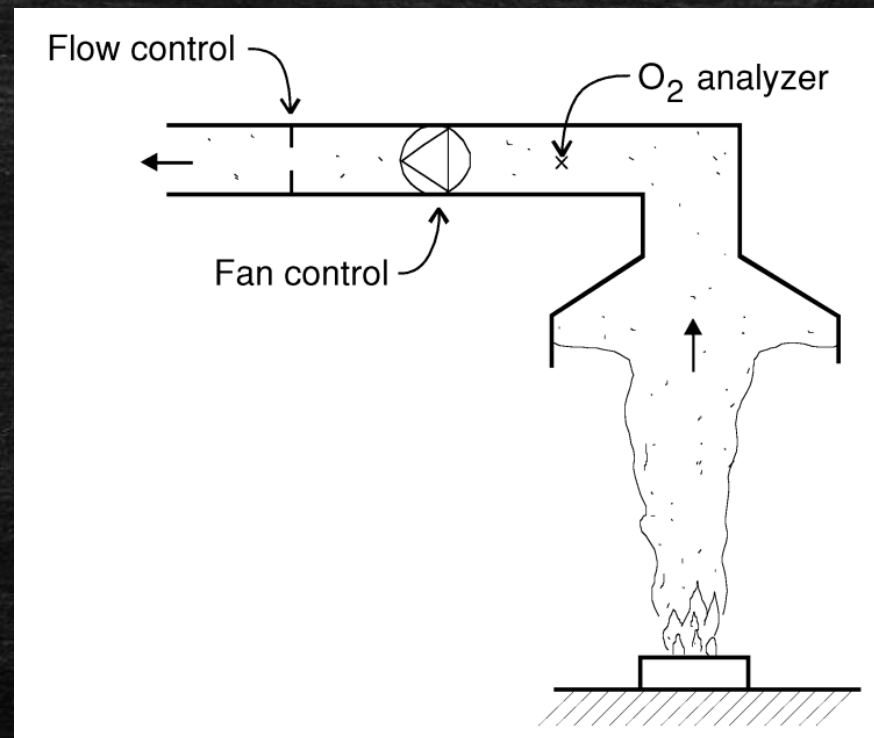
Przepływ masowy

Temperatura gazów pożarowych

Gęstość powietrza

Temperatura otoczenia

- 13 100 kJ/kg zużytego tlenu



Zadania:

Zadanie 4:

Dym z palącej się sztabki szkła akrylowego (PMMA) gromadzony jest pod okapem kalorymetru, a następnie usuwany przez kanał wyciągowy. Podczas badania mierzona była wydajność z jaką usuwane były gazy pożarowe oraz temperatura produktów spalania. Dzięki tym parametrom oszacowany został średni przepływ masy dymu przez wentylator wyciągowy równy $0,05 \text{ kg/s}$. Ułamek masowy tlenu, który zmierzono podczas badania równy był około 15% . Oszacuj średnią moc pożaru.

Zadanie 5:

W kalorymetrze meblowym zmierzono temperaturę usuwanego dymu równą 623 K . Temperatura otoczenia równa była 293 K . Wydajność wentylatora po ustaleniu warunków pożarowych wyniosła $18\,000 \text{ m}^3/\text{h}$, natomiast średni ułamek masowy tlenu równy był 16% . Oszacuj moc pożaru zakładając gęstość powietrza równą $1,2 \text{ kg/m}^3$.

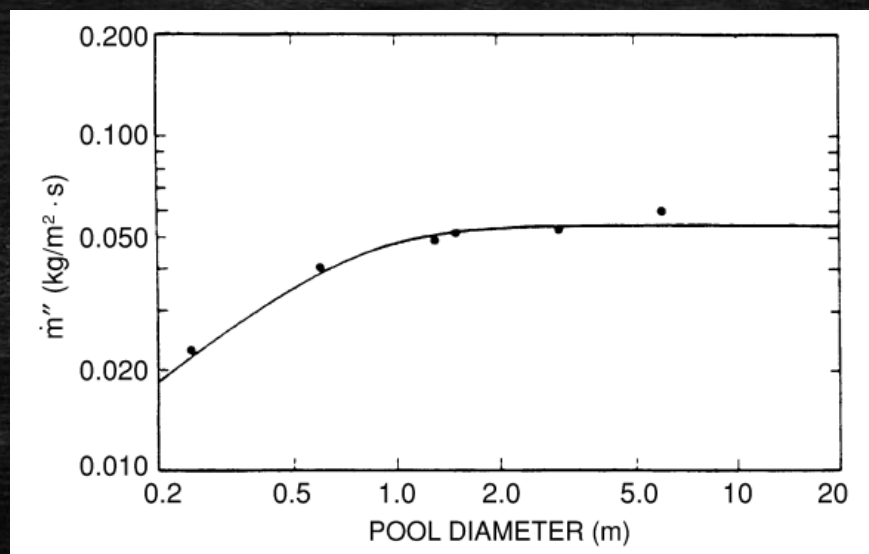
Moc pożaru – ciecze palne

$$\dot{m}'' = \dot{m}''_{\infty} (1 - e^{-k\beta D})$$

Ubytek masy cieczy palnej dla dużych średnic pożaru ($\text{kg}/(\text{s m}^2)$)

Stała empiryczna dla paliw palnych (m^{-1})

- Dla pożarów o średnicy większej niż 0,2 m ubytek masy na metr kwadratowy wzrasta wraz ze wzrostem średnicy pożaru, aż do osiągnięcia stałej wartości



Zadania:

Zadanie 6:

Agregat prądotwórczy ulega uszkodzeniu powodując rozlanie 20 litrów oleju transformatorowego na okrągłą tacę o powierzchni 2 m^2 . Rozgrzany olej ulega zapaleniu. Oszacuj wartość mocy pożaru oraz czas trwania pożaru przy założeniu, że prędkość ubytku masy na jednostkę powierzchni oleju dla pożarów o dużych średnicach równa jest $0,039 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{s})$, całkowite ciepło spalania $46,4 \text{ MJ/kg}$, a gęstość 760 kg/m^3 . Stała empiryczna $k\beta$ równa jest $-0,7 \text{ m}^{-1}$. Przyjmij efektywność spalania na poziomie 70%.

Zadanie 7:

Oszacuj wartość mocy pożaru oraz czas trwania pożaru dla rozlanego oleju transformatorowego na tacach o wymiarach:

- a) $2,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$
- b) $2,5 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$

Zadania:

Zadanie 8:

Oszacuj wartość mocy pożaru dla pożaru heptanu na tacy o średnicy 1,2 m. Gęstość heptanu: 675 kg/m^3 , prędkość ubytku masy na jednostkę powierzchni: $0,101 \text{ kg/m}^2\text{s}$, całkowite ciepło spalania: $44,6 \text{ MJ/kg}$, stała empiryczna $k\beta$: $-1,1 \text{ m}^{-1}$, efektywność spalania: 80%.

Zadanie 9:

W pomieszczeniu o wymiarach $3 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$ wysokości umieszczono pożar heptanu na tacy o średnicy 1,2 m. Świeże powietrze dostarczane jest przez drzwi wejściowe o wymiarach $1 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ wysokości. Masa wpływającego powietrza może zostać oszacowana przy użyciu następującej zależności: $\dot{m}_a = 0,5A_0\sqrt{H_0}$ gdzie A_0 to powierzchnia otworu, a H_0 wysokość otworu. Oblicz maksymalną moc pożaru jaka może zostać osiągnięta w pomieszczeniu.

Moc pożaru – pożary t^2

$$\dot{Q} = \alpha t^2$$

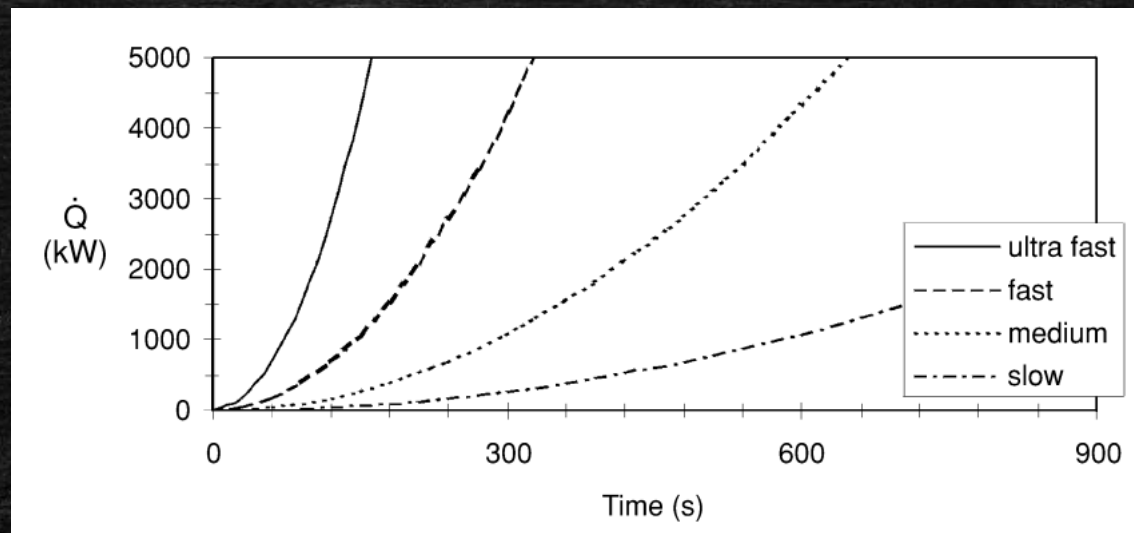
Współczynnik szybkości rozwoju pożaru [kW/s²]

Czas trwania pożaru [s]

$$\dot{Q} = \dot{q}\pi r^2$$

Gęstość mocy pożaru [kW/m²]

- W większości przypadków pożarów naturalnych moc pożaru rośnie proporcjonalnie z kwadratem czasu



Zadania:

Zadanie 10:

W pokoju hotelowym wybuchł pożar. Współczynnik α dla tego typu pomieszczenia równy jest $0,047 \text{ kW/s}^2$, co odpowiada szybkiemu rozwojowi pożaru. Po około 180 sekundach uruchamia się instalacja tryskaczowa, która powoduje ograniczenie rozwoju pożaru i ustabilizowanie się mocy pożaru. Oszacuj wartość mocy pożaru po czasie zadziałania instalacji tryskaczowej.

Zadanie 11:

Pożar wybuchła w sklepie z ubraniami w galerii handlowej. Lokal wyposażony jest w tryskacze standardowego reagowania. Do momentu zadziałania instalacji tryskaczowej, tj. 310 sekundy pożar rozwija się szybko. Po zadziałaniu tryskacza pożar rozwija się wolno ($\alpha = 0,003$) przez kolejne 480 sekund, a następnie stabilizuje swoją moc. Oblicz maksymalną moc pożaru.

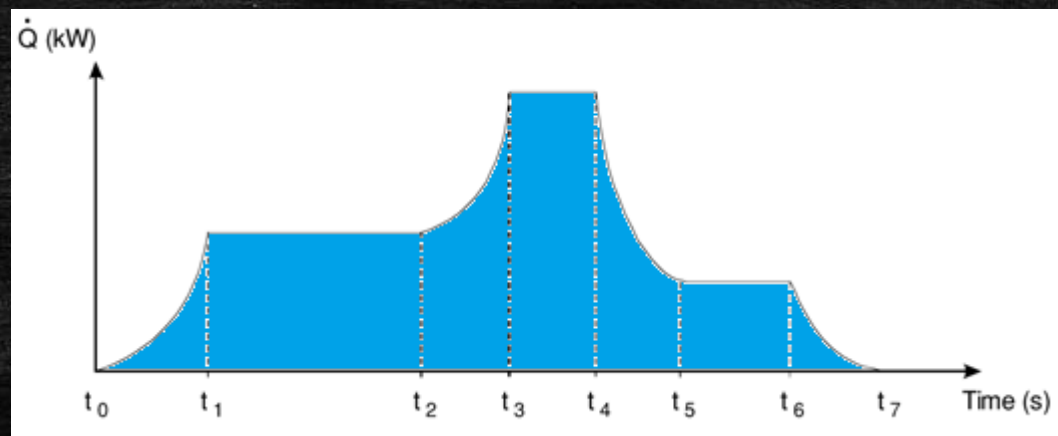
Zadanie 12:

Pożar wybuchła w galerii handlowej niewyposażonej w instalację tryskaczową (rozwój szybki). Gęstość mocy pożaru równa jest 625 kW/m^2 . Oszacuj liniową prędkość rozwoju pożaru w m/s , zakładając zwiększającą się powierzchnię pożaru osiowo symetryczną (koło).

Moc pożaru – obciążenie ogniowe

$$Q_d = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(Q_{ci} G_i)}{F}$$

- W wielu przypadkach możemy spotkać się z gęstością obciążenia ogniowego wyrażonego w jednostce MJ/m²
- W jaki sposób odnieść się do mocy pożaru wyrażonej w MW?



Zadania:

Zadanie 13:

W pomieszczeniu magazynowym o powierzchni 40 m^2 wyznaczono gęstość obciążenia ogniowego równą 650 MJ/m^2 . Zakładając pożar o stałej mocy i łącznym czasie trwania pożaru równym $1,5$ godziny wyznacz maksymalną moc pożaru oraz gęstość mocy pożaru.

Zadanie 14*:

Dla poprzedniego zadania określ masę spalonego materiału po czasie 15 minut zakładając, że pożar przez ten czas rozwijał się ze średnią prędkością ($\alpha = 0,012$). Dla uproszczenia przyjmij, że w magazynie znajduje się jedynie pianka poliuretanowa, której ciepło spalania równe jest 26 MJ/kg .

Zadanie 15*:

Ile czasu trwałby pożar dla poprzedniego przypadku, gdyby cały czas rozwijał się bardzo szybko ($\alpha = 0,19$)?