

Informatyka, studia dzienne, I st.

Semestr VII

Technologie symulacji komputerowych

2019/2020

Prowadzący: dr inż. Jan Rogowski

Środa, 16:15

Tomasz Szylkiewicz 210338 210338@edu.p.lodz.pl

Marcin Kacprowicz 210211 210211@edu.p.lodz.pl

Zadanie 1

**Symulacja rozprzestrzeniania się czadu w
zamkniętym pomieszczeniu**

1. Cel

Zadanie polega na przeprowadzeniu symulacji rozprzestrzeniania się tlenku węgla (czadu) w zamkniętym pomieszczeniu i zbadaniu jaki wpływ na rozprzestrzenianie się gazu mają otwarte okna, drzwi i kratki wentylacyjne zainstalowane w pomieszczeniu.

2. Wprowadzenie

Tlenek węgla, potocznie zwany czadem, jest gazem silnie trującym, bezbarwnym i bezwonny, nieco lżejszym od powietrza, co powoduje, że łatwo się z nim miesza i w nim rozprzestrzenia. W zamkniętych pomieszczeniach najczęściej powstaje w wyniku niepełnego spalania paliw np. gazu, węgla lub drewna. Potencjalnymi źródłami tlenku węgla w pomieszczeniach są kominki, gazowe podgrzewacze wody, piece węglowe i kuchnie gazowe. Na rozprzestrzenianie się CO ma wpływ drożność przewodu kominowego, dopływ świeżego powietrza (otwarte lub zamknięte okno), kratka wentylacyjna, otwory wentylacyjne w drzwiach.

Piec z otwartą komorą spalania (posłuży nam jako przykładowe urządzenie grzewcze), w którym następuje spalanie paliwa, po włączeniu ogrzewa cząsteczki powietrze wewnątrz pieca, które zwiększają swoją prędkość i przemieszczają się ku górze zasysając jednocześnie zimne cząsteczki powietrze od spodu urządzenia.

Średnią prędkość cząsteczek powietrza obliczamy wykorzystując wzory na średnią energię kinetyczną cząsteczek:

$$Ek = \frac{3}{2}kT \quad (1)$$

$$Ek = \frac{mv^2}{2} \quad (2)$$

Przyrównując do siebie równania (3) i (4) oraz dokonując odpowiednich przekształceń otrzymujemy wzór na średnią wartość kwadratu prędkości pojedynczej cząsteczki:

$$v^2 = \frac{3kT}{m} \quad (3)$$

Pierwiastek kwadratowy z tak obliczonej wartości w niewielkim stopniu różni się od szukanej prędkości średniej (jest większy o około 8%).

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \quad (4)$$

gdzie:

v - średnia prędkość

m - masa jednej cząsteczki powietrza (przyjmujemy, że wynosi $1,0126 \cdot 10^{-25}$ kg),

E_k - średnia energia kinetyczna cząsteczki,

T - temperatura gazu (podana w kelwinach),

k - stała Boltzmanna, której wartość wynosi $1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K.

Na potrzeby symulacji przyjmujemy następujący model gazu:

- Molekuły oddziałują ze sobą tylko w momentach zderzeń, a poza zderzeniami poruszają się ruchem jednostajnym prostoliniowym
- Zderzenia molekuł i molekuł ze ściankami naczynia są całkowicie sprężyste, to znaczy, że energia kinetyczna zostaje zachowana
- Rozmiary molekuł są tak małe, że na potrzeby obliczeń traktujemy je jak punkty materialne, to znaczy, że nie mają objętości, ale wizualizujemy je w powiększeniu.

Proces generowania cząsteczek czadu jest uzależniony od ilości świeżego powietrza dostarczanego do komory, w której następuje spalanie. Nie są dostępne żadne publikacje określające próg “mało świeżego powietrza”, dlatego w naszym programie w celu jak najlepszego odwzorowania rzeczywistych reakcji do generowania cząsteczek wykorzystaliśmy następującą funkcję, która określa prawdopodobieństwo wytworzenia się czadu.

$$f(x) = \left(1 - \frac{1}{0.01x^2 + 1}\right) \cdot 100 \quad (5)$$

Stężenie czadu w pomieszczeniu najczęściej przedstawia się przy użyciu jednostki *ppm* (*part per million*), jednakże z powodu ograniczeń technologicznych w naszym programie będzie ono wyświetlane w skali procentowej z uwzględnieniem następujących progów ostrzegawczych:

- ~0,01% (~100 ppm) - Lekki ból głowy
- 0,02%-0,03% (200-300 ppm) - Ból głowy
- 0,04%-0,06% (400-600 ppm) - Silny ból głowy, zawroty głowy, nudności, wymioty
- 0,11%-0,15% (1100-1500 ppm) - Przyspieszone tętno i oddech, omdlenie (zasłabnięcie), śpiączka, przerywane ataki drgawek
- 0,5%-1,0% (5000-10000 ppm) - Słabe tętno, płytki oddech/zatrzymanie oddychania, śmierć

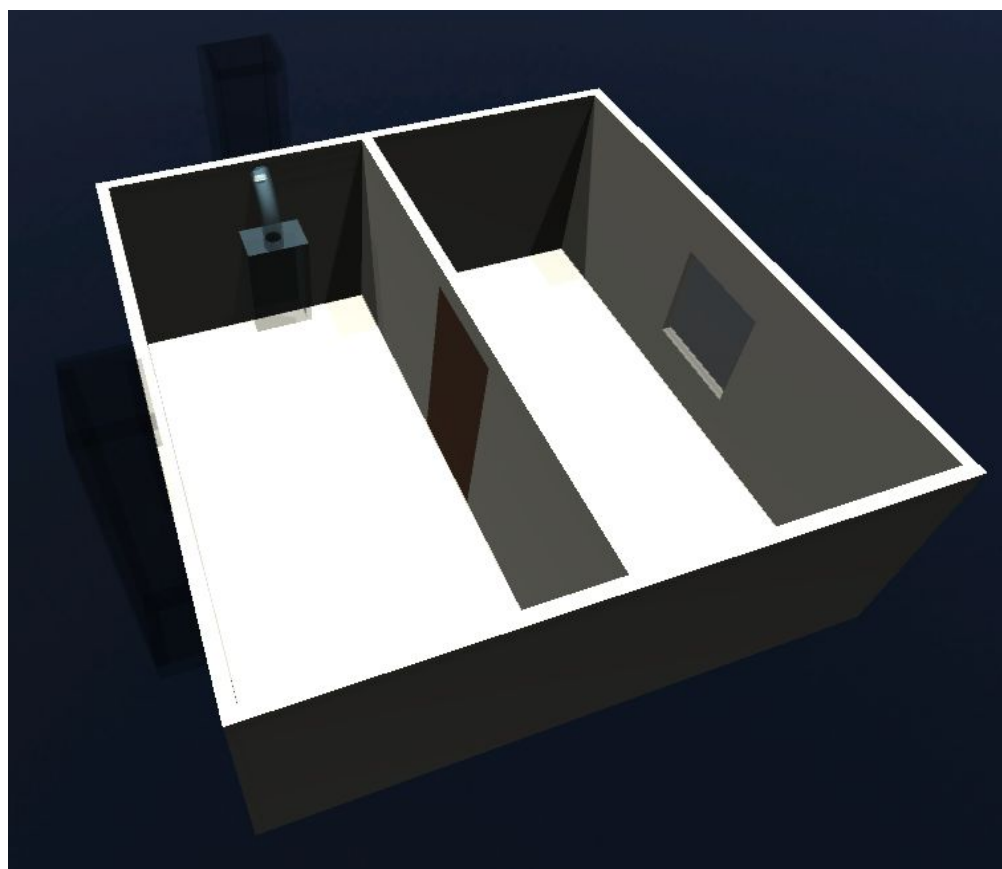
3. Opis implementacji

W przeprowadzonej przez nas symulacji jako źródła emisji tlenku węgla użyjemy gazowego podgrzewacza wody. Dla uproszczenia przyjmiemy, że podgrzewacz jest szczelnie podłączony do przewodu kominowego.

Do przedstawienia symulacji zostanie wykorzystany silnik graficzny Unity, natomiast kod programu będzie napisany w języku C#.

4. Materiały i metody

Symulacja będzie polegać na stworzeniu modeli dwóch oddzielnych pomieszczeń połączonych drzwiami i umieszczeniu w jednym z nich źródła emisji tlenku węgla - w naszym przypadku będzie to gazowy podgrzewacz wody. Podgrzewacz będzie szczelnie podłączony do przewodu kominowego, którego wylot jest zablokowany. W tym samym pomieszczeniu znajduje się również drugi (drożny) komin posiadający kratkę wentylacyjną. W drugim pomieszczeniu znajduje się okno, które jest traktowane jako główne źródło świeżego powietrza. W dolnej części drzwi dodatkowo znajduje się wywietrznik.



Rys. 1. Model pomieszczenia.

Cząsteczki powietrza reprezentowane są jako kule o średnicy 3cm, których kolor określa konkretny stan:

- niebieski - czyste, świeże powietrze
- czerwony - dwutlenek węgla
- czarny - tlenek węgla

Cząsteczki generowane są w dwóch punktach (po jednym w każdym pomieszczeniu) w losowych kierunkach i prędkości wyliczanej na podstawie początkowej temperatury. Cząsteczki poruszają się odbijając się od ścian oraz kolidując ze sobą. W momencie dotarcia cząsteczki do podgrzewacza wody w zależności od stosunku ilości dwutlenku węgla do świeżego powietrza obliczane jest prawdopodobieństwo (5) wytworzenia tlenku węgla. W zależności od wyniku cząsteczki świeżego powietrza zmieniają swój kolor z niebieskiego na czerwony bądź czarny. Dodatkowo ich temperatura, a zarazem ich prędkość zwiększa się. Cząsteczki dwutlenku węgla lub czadu w momencie kontaktu z otwartym oknem lub drożnym kominem zmieniają się z powrotem w świeże powietrze. W celu dokonywania precyzyjnych obliczeń ilość cząstek w pomieszczeniach nie ulega zmianie.

Użytkownikowi dostarczona jest możliwość wprowadzenia początkowej temperatury powietrza w Kelwinach oraz całkowitej ilości wyświetlanych cząsteczek. Wartości domyślne zostały przyjęte na poziomie 200K oraz 1000 cząsteczek (po 500 na każde pomieszczenie). Po włączeniu symulacji użytkownik ma możliwość otwierania/zamykania drzwi, okna, kratki wentylacyjnej w drugim kominie oraz wywietrznika w drzwiach. Możliwa jest również manipulacja prawdopodobieństwem wytworzenia czadu w celu przyspieszenia procesu ich wytwarzania.

Stężenie czadu obliczane jest dla każdego z pomieszczeń osobno, a wyliczone wartości są dostarczane użytkownikowi w postaci procentowej w lewym górnym rogu ekranu. W zależności od wartości stężenia kolor czcionki informuje jaki jest stopień zagrożenia zatruciem tlenkiem węgla.



Rys. 2. Przykładowe wartości stężenia tlenku węgla w obu pomieszczeniach.

5. Literatura

- <http://ilf.fizyka.pw.edu.pl/podrecznik/2/6/8>
- <https://fizyka.uniedu.pl/5-kinetyczna-teoria-gazow/>
- <http://cmf.p.lodz.pl/iowczarek/materialy/termodynamika/teoria.html>
- <http://www.if.pw.edu.pl/~pluta/pl/dyd/lekcje/index/stalefiz/stalefiz.htm>
- <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/complete-combustion>
- https://www.engineeringtoolbox.com/convective-heat-transfer-d_430.html
- <https://www.czadowedomy.pl/detektory-tlenku-wegla/zagrozenia-zatruciem-tlenkiem-wegla/>