

## TEMAT 1

### Strzelec wyborowy

#### CEL ZADANIA:

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z zasadami tworzenia modeli przy wykorzystaniu oprogramowania typu MATLAB moduł SIMULINK.

#### ZAKRES ZADANIA:

Należy wyznaczyć

- $L_{\max}$  – gdy lufa skierowana jest równoległe do podłoża,
- $L_{\min}$  – gdy lufa skierowana równoległe do krawędzi stoku,
- tor lotu pocisku,
- wpływ prędkości wiatru bocznego na celność strzału o przebiegu  $4\cos(3\pi t)+5\sin(4\pi t)$  [m/s] w tarczę leżącą w odległości  $0,8 L_{\max}$
- *Wersja A:*  
wpływ masy kulki na powyższe – wybrać wartość  $0,2$  g i  $0,3$  g  
oraz 2 szt. z zestawu:  $0,12$ ;  $0,23$ ;  $0,25$ ;  $0,28$ ;  $0,36$   
*Wersja B:*  
wpływ przyjętego równania opóru ruchu w ośrodku:  
a)  $P_p = 0,0048c_xAv$  oraz b)  $P_p = 0,0048c_xAv^2$  na powyższe parametry,  
wyznaczyć analitycznie  $x(t)$  i  $y(t)$  dla przypadku a), narysować przebiegi i porównać z wynikami symulacji w Simulinku,  
przeprowadzić symulacje tylko dla jednej wartości masy (z powyższej listy),

#### OPIS ZADANIA:

Analizujemy ruch pocisku wystrzelonego z repliki broni Airsoft Gun (ASG). Do tarczy leżącej na poziomie gruntu, strzela snajper znajdujący się na przewyższeniu na wysokości  $H$  powyżej centrum tarczy. Róg zbocza pochylony jest o kąt  $\alpha_{zb}$  do poziomu. Na początek poszukiwana jest największa i najmniejsza odległość od wylotu lufy, na której może znajdować się tarcza strzelecka, przy założeniu, że strzelec trafia

w sam jej środek. Następnie należy wyznaczyć tor lotu pocisku oraz prędkość wiatru bocznego przy której możliwe jest trafienie w tarczę o średnicy 20 cm.

**DANE:**

$$H = 10 \text{ m}$$

$$V_0 = 443 \text{ fps} = \dots\dots\dots [\text{m/s}]$$

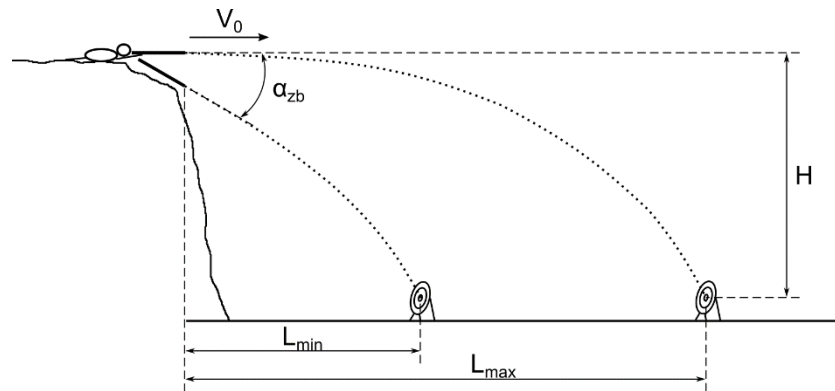
$$\alpha_{zb} = 30^\circ$$

$$m = 0,2 \text{ g} = \dots\dots\dots [\text{kg}]$$

$$d = 5,96 \text{ mm} = \dots\dots\dots [\text{m}]$$

$$c_x = 0,47$$

$$c_y = c_x = c$$



Rys. 1 Opis zagadnienia

Założmy że podczas strzału pod kątem  $\alpha_{zb}$  koniec lufy znajduje się 0,5 m niżej niż przy poziomym strzale. Położenie końca lufy względem osi x jest takie samo jak dla strzału poziomego.

### Zagadnienie wiatru bocznego.

Gdy rozpatrujemy oddziaływanie powietrza na obiekt, obowiązuje cały czas ta sama zasada, niezależnie od rozpatrywanej osi.

Trzeba mieć „tylko” na uwadze istotny szczegół. Podczas uwzględniania siły oddziaływania wiatru należy wyznaczyć prędkość względną obiekt-powietrze oraz znak siły w zależności od relacji prędkości.

Gdy powietrze jest nieruchome, o sile i zwrocie decyduje tylko prędkość ciała (oś X, Y), dlatego dla uproszczenia mówi się o sile oporu powietrza.

Natomiast, gdy jedziemy na rowerze w tym samym kierunku co wiejący wiatr, to gdy poruszamy się wolniej niż wiejący wiatr to pcha on nas w plecy, jeśli poruszamy się z tą samą prędkością to wiatr ani nam pomaga ani przeszkadza, natomiast jeśli jedziemy szybciej od wiatru to musimy przewyciężyć opór wynikający z różnicy prędkości (czujemy się jak gdyby wiało z przodu a nie w plecy).

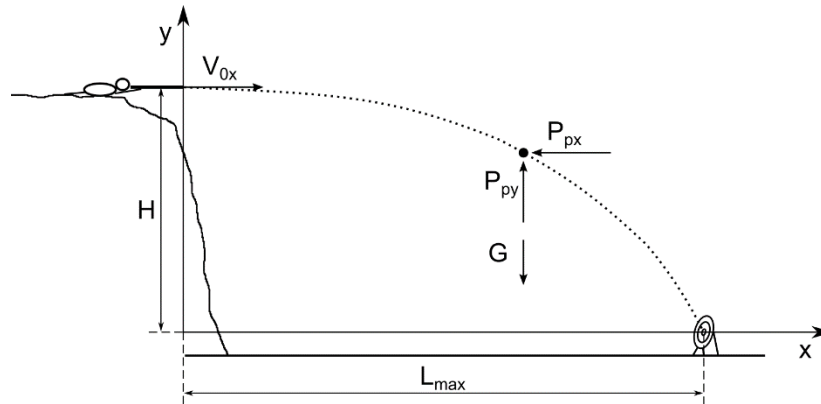
Reasumując:

- a) należy wyznaczyć wartość siły wynikającej z różnicy prędkości ciała i wiatru/powietrza (prędkość względna)
- b) uwzględnić tą siłę z odpowiednim znakiem, czyli powyższe mnożymy przez 1 lub -1 w zależności od prędkości względnej
- c) w punkcie b) pomocny będzie blok *Signum*

### METODOLOGIA ROZWIĄZANIA:

- a) Przyjąć rozsądny układ współrzędnych, tj. taki który pozwoli na sprawne, możliwie łatwe prowadzenie analizy i wyprowadzanie wzorów (kwestia doświadczenia i tzw. *pomyślunku*).
- b) Zapisać równania dynamiki względem wybranych osi układu, z uwzględnieniem niezbędnych oddziaływań na analizowany obiekt.
- c) Przekształcić równania tak aby po lewej stronie znaku równości pozostała pochodna najwyższego rzędu wybranej współrzędnej, a pozostałe współczynniki i zmienne znalazły się po prawej stronie znaku równości.
- d) Wykonać model w SIMULINK’u na podstawie równań z punktu c):
  - wstawić  $n$  połączonych ze sobą bloków całkujących, gdzie  $n$  to rząd pochodnej z lewej strony równania,
  - do pierwszego bloku całkującego doprowadzić wynik działań na współczynnikach i zmiennych z prawej strony równania (z punktu c)) – w tym celu należy wstawić i połączyć ze sobą odpowiedni zestaw bloków dostępnych w SIMULINK’u (*Library Browser*).
- e) Nadać odpowiednie wartości współczynnikom równania w odpowiadającym im blokach modelu.
- f) Wewnątrz bloków całkujących ustawić właściwe warunki początkowe.
- g) Dodać i podpiąć, do linii reprezentujących interesujące nas dane, bloki typu Display, Scope, XY Graph lub inne (*Sinks*) aby obserwować/zapisać wyniki symulacji.
- h) U uruchomić symulację (przycisk *Run*).

Ad a)



Rys. 2. Analiza zagadnienia

Na rysunku oznaczono siły działające na pocisk podczas lotu oraz składowe prędkości początkowej. Na pocisk działa siła grawitacji  $G$  oraz opory ruchu związane z siłą oporu powietrza  $P_p$ .

Wzór na siłę oporu powietrza przyjęto jak następuje:

$$P_p = 0,0048c_x A v^2$$

Gdzie:

$c_x$  – współczynnik siły oporu,

$A$  – rzut poruszającego się obiektu na płaszczyznę prostopadłą do wektora prędkości,

$v$  – prędkość poruszającego się obiektu.

Ad b)

Mając na uwadze poniższy wzór oraz przyjęte założenia jak na Rys. 2

$$ma = \sum_i F_i$$

możemy zapisać równania dynamiki dla poszczególnych osi przyjętego układu współrzędnych jak następuje:

$$m\ddot{x} = -P_{px}$$

$$m\ddot{y} = -G + P_{py}$$

Podstawiając wzór na siłę oporu powietrza otrzymujemy

$$m\ddot{x} = -0,0048c_x A v_x^2$$

$$m\ddot{y} = -mg + 0,0048c_y A v_y^2$$

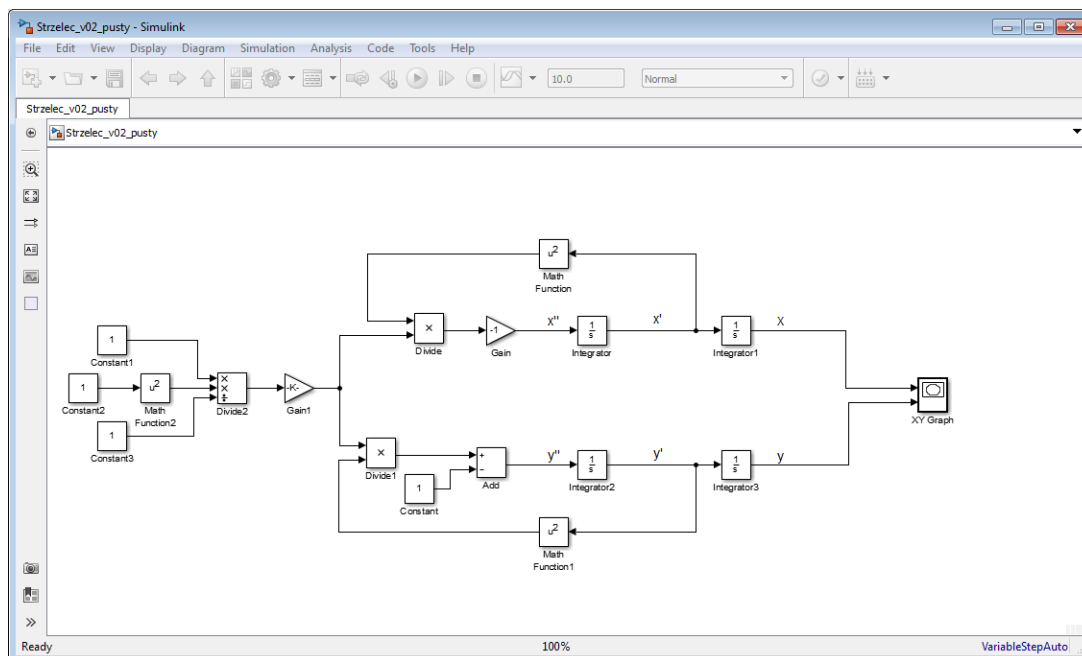
Ad c)

Porządkując równania i pamiętając, że dla kuli  $A_x=A_y=A=\pi d^2/4$  równe polu okręgu o średnicy równej średnicy kuli, możemy zapisać równania końcowe:

$$\ddot{x} = -\frac{0,0048c\pi d^2 v_x^2}{4m}$$
$$\ddot{y} = -g + \frac{0,0048c\pi d^2 v_y^2}{4m}$$

Ad d)

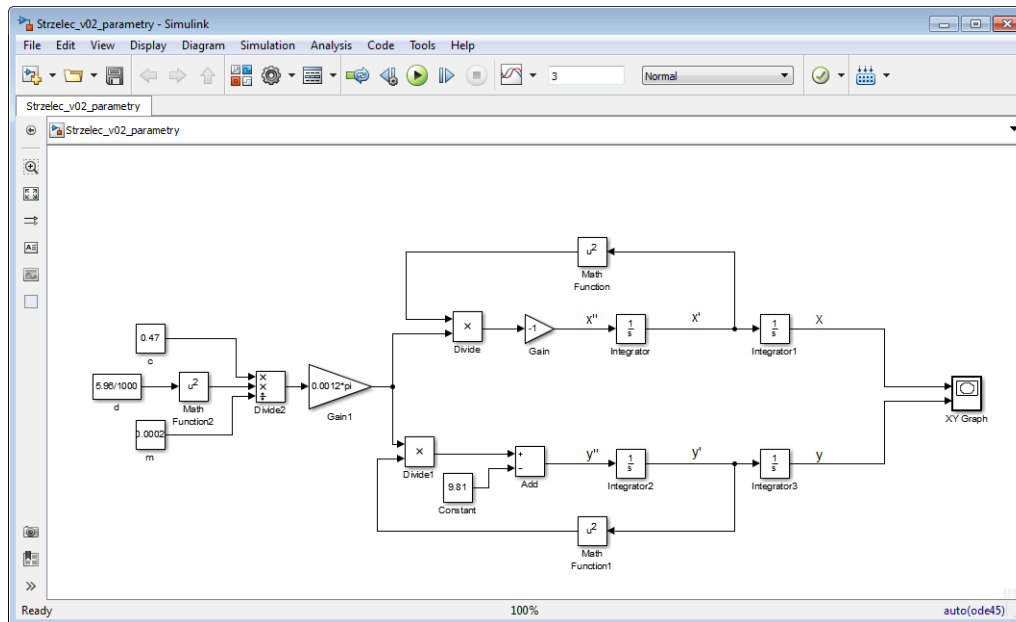
Mając przygotowane równania we właściwej postaci można przystąpić do budowy modelu jak na Rys. 3.



Rys. 3. Model przygotowany w Simulinku

Ad e)

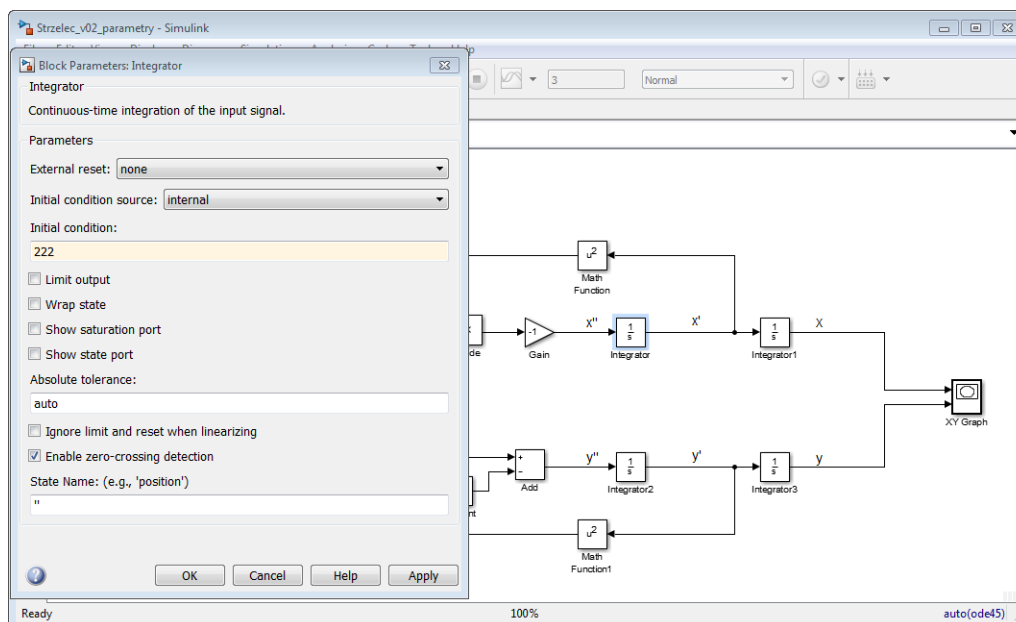
Po wybraniu i połączeniu odpowiednich bloków należy wprowadzić niezbędne stałe i parametry (Rys. 4)



Rys. 4. Model w Simulinku z wprowadzonymi stałymi

Ad f)

Następnie należy, do bloków całkujących, wprowadzić stałe całkowania. W tym przypadku w postaci odpowiednich wartości składowych prędkości początkowej  $V_{x0}$  i  $V_{y0}$  i współrzędnych początkowych  $x_0$  i  $y_0$ .



Rys. 5. Wprowadzanie stałych całkowania

Na tym etapie można uruchomić symulację i obserwować wyniki np. w postaci przebiegów zmian wybranych przez siebie zmiennych (ad g) i h)).

Jak odczytać  $L_{\max}$ ?

- Z wykresu? (można ale czy jest to wygodne?)
- Dobrać odpowiedni czas symulacji? Można, ale trzeba go najpierw wyznaczyć/obliczyć. Tylko czy jest to wygodne, w szczególności biorąc pod uwagę np. zmianę parametrów modelu które wpłyną na czas lotu kulki, wartość  $L_{\max}$  itp. Itd.
- Proponuję tak zmodyfikować model aby symulacja zatrzymywała się gdy pocisk uderza w tarczę.

Czyli w tym przypadku gdy y spadnie do wartości równej 0.

Proponuję użyć do tego bloku *Stop Simulation* wyzwalanego w naszym przypadku przez blok *Compare To Constant* lub *Compare To Zero*, na którego wejście podłączyć należy wartość y.

Na tak przygotowanym modelu można prowadzić symulacje mające na celu wyznaczenie poszukiwanych wielkości, zbadanie cech zjawiska itd.

#### DLA AMBITNYCH i/lub CIEKAWSKICH:

Jak wyznaczone wartości zmienią się gdy strzelec będzie używał w tzw. markerów snajperskich do paintball'a?

Jak będzie wyglądać sytuacja gdy rozważymy broń palną?

- a) dla uproszczenia strzelającą pociskami o kształcie kuli,
- b) strzelającą prawdziwymi pociskami.

#### POMOCE:

[http://gknor.keep.pl/kurs\\_S.html](http://gknor.keep.pl/kurs_S.html)