MŰEGYETEM 1782

Modellezés és mérésadatgyűjtés szoftverei (BMEGEMIBMMM)

LabView

Házi feladat

Rakéta gyorsulásának szimulálása

Kovács Hunor Ádám

P953MO

Kurzus: L05

2022 december

Feladat

Határozzuk meg egy rakéta fellövése során a gyorsulás változását, az üzemanyag mennyiségének és a tartályok számának függvényében.

A matematikai modell

A megoldást az eredő erőből számítottam, az aktuális tömeggel való leosztással.

Az eredő erő számítása:

$$F_E = F_{toló} - F_{gravitációs} - F_{légellenállás} \tag{1}$$

Ahol a tolóerő:

$$F_{toló} = q \cdot v_{kiáramlás} = q \cdot g_0 \cdot I_{sp} \tag{2}$$

ahol q a hajtóanyag fogyasztási sebessége [kg/s], g_0 = 9.80665 [m/s^2], I_{sp} a specifikus impulzus, jelen esetünkben 300 [s], azt mondja meg 1N súlyú hatóanyaggal mennyi ideig tart fenn 1N erőt a hatjómű.

A gravitációs erő:

$$F_{gravitációs} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \tag{3}$$

ahol $G = 6{,}674 \cdot 10^{-11}$ [m^3·kg^{-1}·s^{-2}] a gravitációs együttható, d a Föld középpontjától való távolság, m_1 a Föld tömege, m_2 a rakéta aktuális tömege.

A légellenállás ereje:

$$F_{légellenállás} = \frac{\rho(y)}{2} \cdot C_W \cdot A \cdot v^2 \tag{4}$$

ahol $\rho(y) = e^{0{,}2-0.00012 \cdot y}$ a légsűrűség magasságtól függően, C_W = 0,45 az alaktényező, A a keresztmetszet [m^2], v az aktuális sebesség.

Az aktuális tömeg, az üzemanyag megadott mennyiségétől, a tartályok számától, és az üreströmegtől függ.

$$m_{össz} = m_{üzemanyag} + i_{tartály} \cdot m_{tartály} + m_{üres} \tag{5}$$

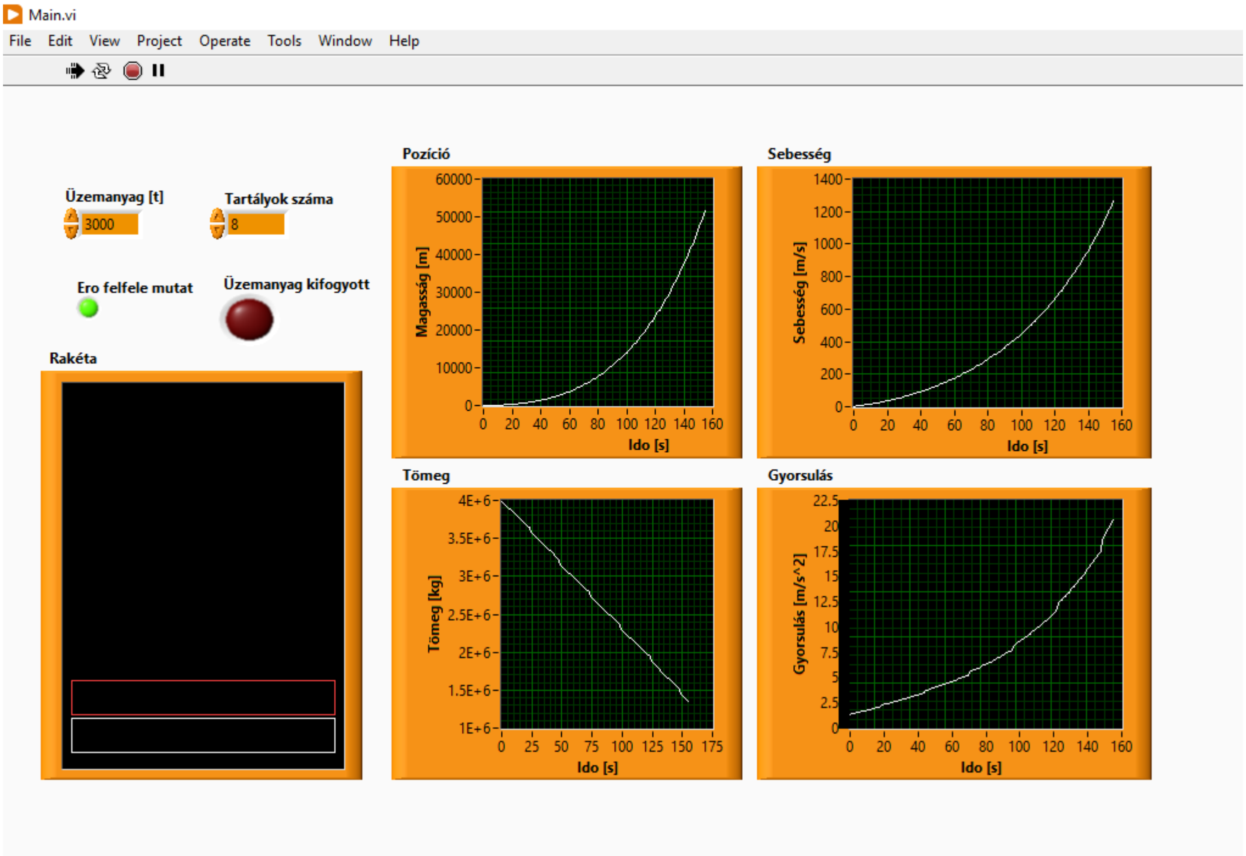
ahol i a tartályok száma, bemenő érték.

Ezáltal az aktuális gyorsulás:

$$a = \frac{F_E}{m_{össz}} \tag{6}$$

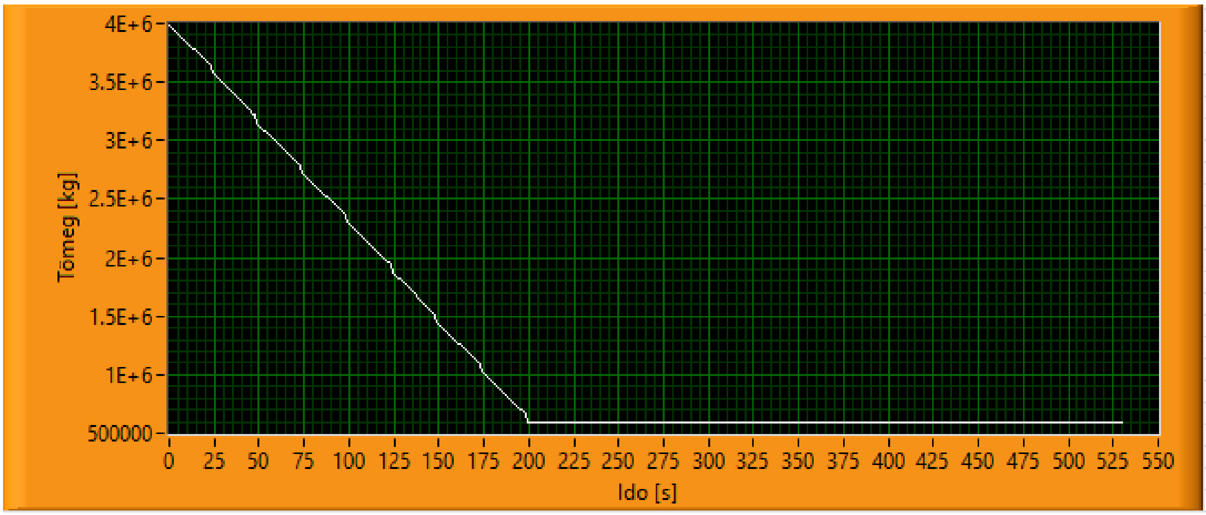
Az aktuális gyorsulást, sebességet és magasságot téglány módszerrel, és futóváltozókkal oldottam meg, és ezeket is ábrázoltam gráfokon.

A Front Panel képe



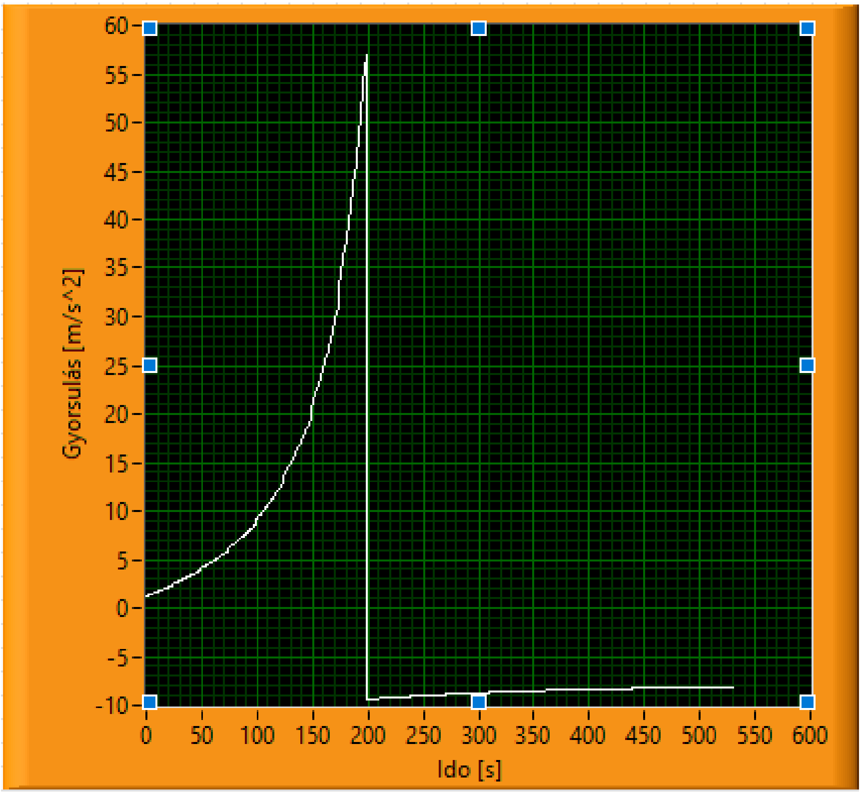
Eredmények

A tömeg:



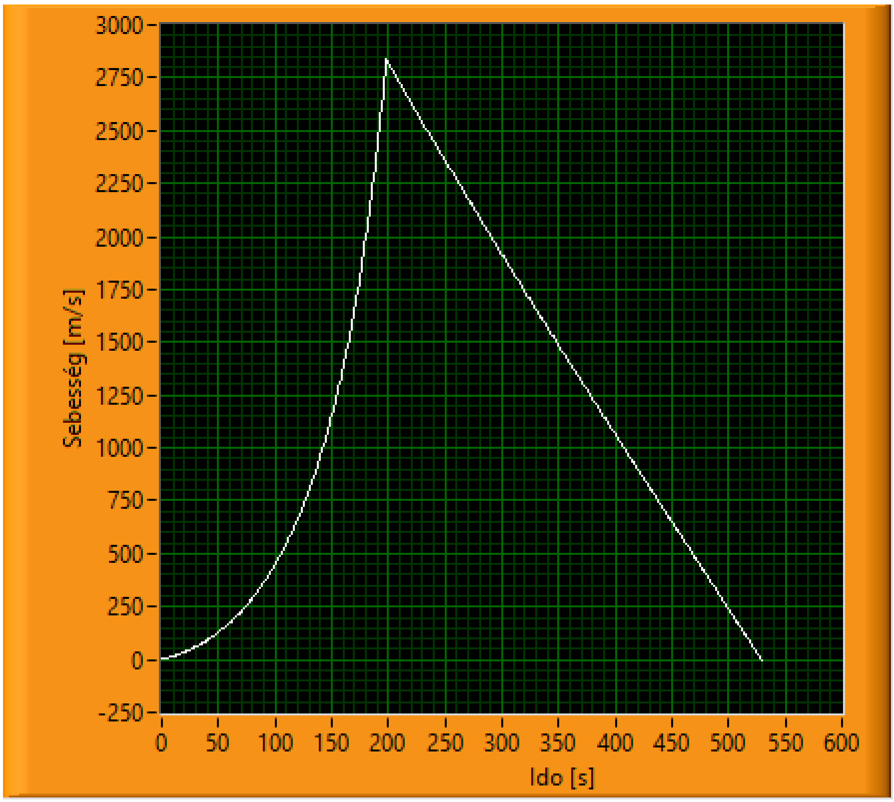
Az üzemanyag fogyásával folyamatosan csökken a tömeg, az egyes tartályok kiürülésével, és azok leválásával apró ugrást vehetünk észre a gráfon. Az üzemanyag elfogyása után az üreströmeg lesz a tömeg értéke, a 200. másodperc körül.

A gyorsulás:



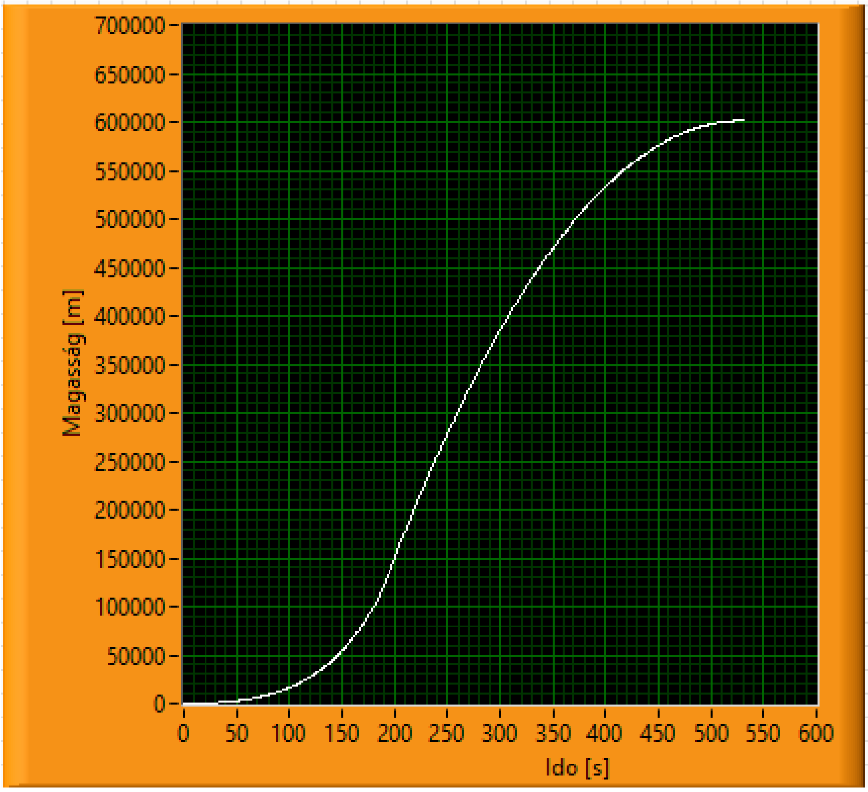
A gyorsulás az indulás pillanatában a legkisebb, majd a tömeg csökkenésével arányosan elkezd nőni. A hajtóanyag kifogyása után a tolóerő megszűnik, és negatív gyorsulása lesz a rakétának, azaz lassulni fog. Ezután a gyorsulás értékének növekedésének oka, a gravitációs erő és a légellenállás csökkenése lesz.

A sebesség:



A nullából indulva, gyorsulás növekedésével exponenciálisan kezd nőni, majd a tolóerő megszűnésével közel lineárisan csökken vissza nullára, ami a szimulációnk végének a feltétele.

A magasság:



A magasság növekedése exponenciális, majd a sebesség csökkenésével logaritmikus alakot vesz fel. A szimulációnk végét a legmagasabb pont elérése adja, ilyenkor nagyjából 600 km magasságban jár az űrhajó, ami a Föld légkörének elhagyását, a Holdig lévő út majdnem felét jelenti.

Az eredmények értékelése

Az eredmények a várakozásainknak megfelelnek. Az ábrázolások során az 1 [s]-es pontosság tükrözi a folyamatokat, az pontosság rovására nem megy.

Továbbfejlesztési ötletek

Változtatások a rendszeren:

- Változó hajtóanyag fogyasztás,
- Változó speciális impulzus,
- Változó ürestömeg,
- Változó rakéta keresztmetszet,
- A változók alapján optimális értékek számolása, és azokkal való szimuláció a legnagyobb magasságérték eléréséhez.

Változtatások a programon:

- Tartályok csökkenésének modelljének fejlesztése,
- Rakéta ábrázolása térben a Földfelszínhez képest,
- Tartályok kiüresedési magasságának megjelölése,
- Hangeffektus.

Tartalomjegyzék

Feladat 2
A matematikai modell 2
A Front Panel képe 3
Eredmények 4
Az eredmények értékelése 6
Továbbfejlesztési ötletek 7