

## VETŐTENGELY SZAKASZOS FORGÓ MOZGÁSÁT ÉS FORDULATSZÁMÁNAK ÁLLÍTÁSÁT MEGVALÓSÍTÓ MECHANIZMUS MATEMATIKAI ÉS SZERELÉSI MODELLEZÉSE

### MATHEMATICAL AND ASSEMBLY MODELING OF THE MECHANISM FOR IMPLEMENTING INTERMITTENT ROTATIONAL MOTION AND SPEED SETTING OF THE METERING SHAFT FOR SEED DRILL

Forgó Zoltán<sup>1</sup>, Tolvaly-Roşca Ferenc<sup>2</sup>, Pásztor Judit<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar / Sapientia University, Faculty of Technical and Humanities Science / Marosvásárhely / Târgu Mureş, 540485, O.p. 9, C.p. 4, Şoseaua Sighişoarei 1C., Tel.: +40 265 208 170, Fax: +4026520621, zforgo@ms.sapientia.ro*

<sup>2</sup>*Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar / Sapientia University, Faculty of Technical and Humanities Science / Marosvásárhely / Târgu Mureş, 540485, O.p. 9, C.p. 4, Şoseaua Sighişoarei 1C., Tel.: +40 265 208 170, Fax: +4026520621, tferi@ms.sapientia.ro*

<sup>3</sup>*Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar / Sapientia University, Faculty of Technical and Humanities Science / Marosvásárhely / Târgu Mureş, 540485, O.p. 9, C.p. 4, Şoseaua Sighişoarei 1C., Tel.: +40 265 208 170, Fax: +4026520621, pjudit@ms.sapientia.ro*

#### Abstract

The metering shaft of the drilling machines is driven from the impeller. The standard, traditional gearbox, the Norton gearbox, provides a constant rotating motion between the impeller and the metering shaft. Manufacturers have started to replace this gearbox with a intermittent rotating movement. Using the stepless variable speed gearbox, the speed of the metering shaft and thus the seed rate is set steplessly. The aim of the thesis is the mathematical modeling of the intermittent rotating motion of the seed drill of a particular drilling machine, and the creation of a striping model.

**Keywords:** *intermittent rotating movement, oscillating swing arm cam mechanism, continuous seed drill drive.*

#### Összefoglalás

Sorvetőgépek vetőtengelyének hajtása járókerékről történik. A szokványos, hagyományosnak mondható, fogaskerekes sebességváltómű, a Norton-szekrény, állandó forgó mozgást valósít meg a járókerék és vetőtengely között. A gyártók ezt a sebességváltóművet szakaszos forgó mozgást megvalósító hajtóművel kezdik felváltani. A dolgozat célja egy adott sorvetőgép vetőtengelyének szakaszos forgó mozgását megvalósító mechanizmus matematikai modellezése és a szerelési modell megalkotása.

**Kulcsszavak:** *szakaszos forgó mozgás, lengőkaros bütykös mechanizmus, fokozatmentes vetőtengely-hajtás.*

## 1. Bevezetés

Sorvetőgép a magot párhuzamos sorokba, soron belül változó tőtávolságban helyezi a talajba, [2].

Sorvetőgép általános felépítésében tartály, vetőszerkezet, magvezető cső, csoroszllya, magtakaró, nyomjelző, járókerekek, hajtószerkezet található, [2].

A vetőszerkezet a magok adagolását és kijuttatását végzi. A vetőszerkezetek egy közös tengelyre, a vetőtengelyre vannak felszerelve. A vetőtengely hajtása járókérről történik. A vetőtengely hajtása lehet:

- folyamatos forgó mozgású: csere fogaskerekekkel, fogaskerék áttétellel, lánchajtással, Norton-szekrényvel;
- szakaszos forgó mozgású: bütykös-lengőkaros mechanizmussal vagy kuliszszás hajtóművel, [4], [5].

A korábbi sorvetőgépek hagyományosnak mondható sebességváltója a Norton-szekrény. Ez a hajtómű akár 72 sebességfokozatot is megvalósít, biztonságos a működése, azonban nagy a mérete, nagy a tömege, drága a fogaskerekek miatt, ugyanakkor porosodik, korrrodálódik, [8].

Mindenkori cél a vetőmag adagolás tág határok közti beállítása, vagyis minél több kijuttatási fokozat megvalósítása. A neves nemzetközi mezőgépgyártók néhány éve sorvetőgépeiket lengőkaros bütykös sebességváltóval kezdik felszerelni. Ez egy zárt térben, olajfürdőben működő, szemléltető számára nem követhető sebességváltó,

### 1. ábra.

A lengőkaros bütykös sebességváltó felépítésében a következő elemek vesznek részt: 1-es a hajtó tengely; 2-es hajtott tengely, amely a vetőtengely is egyben, rajta egy van egy egyenirányító és jelképesen megjelenítve egy toló rendszerű vetőszerkezet; 3-as lengőkar; 4-es a himba; 5-ös bütyök; 6-os görgő; 7-es a támasztó ív; 8-as a támasztó ív elfordítását megvalósító állító kar; 9-es előfeszített rugó, amely az íven tartja a himbát.



1. ábra. Egy lengőkaros bütykös sebességváltó felépítése

Kis mérete ellenére akár 100 vagy ennél több sebességfokozat beállítására alkalmas. Működése csendes, a magmennyiségre való beállítás gyors, fokozatmentes és automatizálási lehetőséget nyújt [5], [6], [9].

A dolgozatban tanulmányozunk egy szakaszos forgó mozgást megvalósító vetőtengely hajtást. A tárgyalásmód analitikus, már meglévő szerkezetet vizsgál, [1], [10]. Ugyanakkor szintetikusnak is mondható, hiszen adott feladatot ellátó mechanizmus építése is megtörténik, ugyanis a bütykös hajtást excenteresre cseréljük.

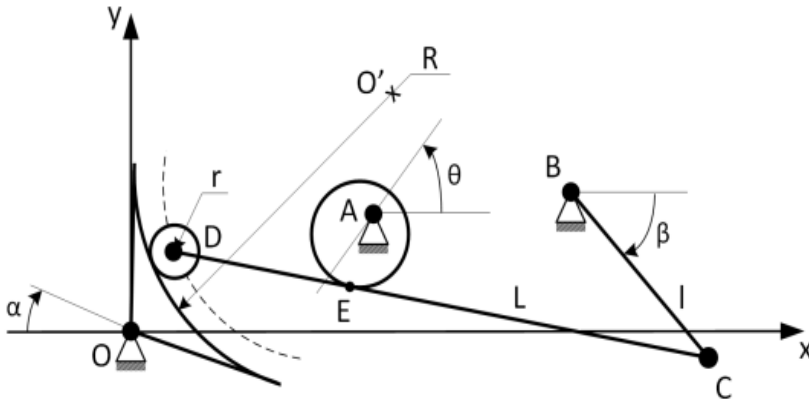
A dolgozatban mozgásegyenletek meghatározása és tanulmányozása alapján szerelési modellt tervezünk. A szerelési modell a vetőtengely kivetett magmennyiségre való beállításának szemléltetését segíti elő.

### 1.1. Szakaszos forgó mozgást megvalósító sebességváltó felépítése

A tanulmányozott szakaszos forgó mozgást megvalósító vetőtengely-sebességváltó egy lengőkaros excenteres mechanizmus.

A kinematikai vázlat az **2. ábrán** követhető: A-hajtó tengely, B-hajtott tengely, BC-lengőkar, DC-himba, E-excenter, D-görgő, O'-támasztó ív középpontja.

A támasztó ív a hajtott tengely  $\beta$  lengőszögének változtatására ad lehetőséget.



2. ábra. Lengőkaros mechanizmus kinematikai vázlatja

### 1.2. Szakaszos forgó mozgást megvalósító sebességváltó működése

A szakaszos forgó mozgást megvalósító sebességváltó hajtó A tengelye a járókerék-ről kapja a folyamatos hajtását. A tengelyre szerelt excenter lengésben tartja a DC himbát és általa a BC lengőkart, amely egy szabadonfutó közbeiktatásával szakaszos mozgást közvetít a B kimenő tengely felé. A kimenő tengely a hajtott tengely, amely a tulajdonképpeni vetőtengely. A himba támasztóíven való tartását a valóságban előfeszített rugók végzik, de a kinematikai ábrán ez nem tüntetődik fel.

A kimenő tengely maximális elfordulási szöge, lengése befolyásolja a vetőtengely fordulatszámát, közvetve a kivetett magmennyiséget. A lengés mértéke a támasztólap elfordításával változtatható. Ezáltal változik a himba aktív hossza. A lap elfordítása egy skála előtt elmozdítható kar segítségével történik. A skála eligazítást ad a kivetett magmennyiségről. Ez táblázatban van rögzítve és a felhasználók számára könnyen elérhetővé teszik a gyártók.

### 2. A szakaszos forgó mozgást megvalósító vetőtengely sebességváltó matematikai modellezése

A cél  $\beta$  lengőszög kifejezése a hajtó tengely pillanatnyi szögelfordulásának, a  $\theta$  szögnek a segítségével, 2. ábra.

A mechanizmust geometriai módszerrel tanulmányoztuk, [7].

Meghatároztuk a D pont, a C pont, az E pont geometriai helyét.

A D pont geometriai helyét az (1) összefüggés írja le:

$$(x_D - x_{O'}^\alpha)^2 + (y_D - y_{O'}^\alpha)^2 = (R - r)^2, \quad (1)$$

ahol:  $R$  a támasztóív sugara,  $r$  a görgő sugara,  $D$  a görgő középpontja,  $O'$  a támasztóív középpontja.

A C pont geometriai helye:

$$(x_C - x_B)^2 + (y_C - y_B)^2 = l^2 \quad (2)$$

ahol:  $l$  a lengőkar hossza.

Az E pont geometriai helye:

$$(x_E - x_A - e \cos \theta)^2 + (y_E - y_A - e \sin \theta)^2 = r_A^2, \quad (3)$$

ahol:  $A$  a hajtótengely középpontja,  $E$  az excenter és a himba érintkezési pontja,  $r_A$  az

excenter sugara,  $e$  az excentricitás,  $\theta$  a hajtótengely pillanatnyi helyzetét jellemző forgásszög.

A  $C$ ,  $D$  és  $E$  pontok kolleárisak, ennek a feltételét a (4)-es összefüggés értelmezi:

$$(x_C - x_D)(y_E - y_D) - (y_C - y_D)(x_E - x_D) = 0 \quad (4)$$

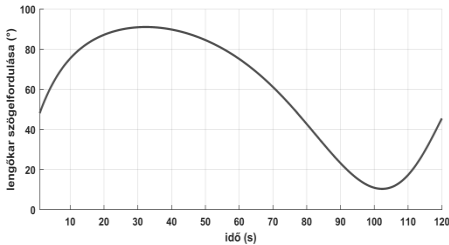
A  $C$  és  $D$  pontok mindenkor, relatív távolsága állandó, jelölése  $L$ :

$$(x_C - x_D)^2 + (y_C - y_D)^2 = L^2 \quad (5)$$

A  $DC$  és  $EA$  szakaszok merőlegességének feltétele az alábbi egyenlettel fejezhető ki:

$$(y_D - y_C)(y_E - y_A) - (x_D - x_C)(x_E - x_A) = 0 \quad (6)$$

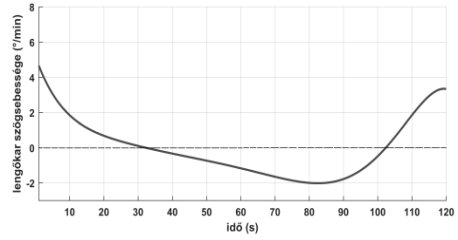
A modellek alkalmasak a vetőtengelyt elfordító lengőkar helyzetének a megjelenítésére. A geometriai egyenletek alapján szerkesztett pályagörbe a hajtó tag mozgásidejének függvényében történik, **3. ábra**.



**3. ábra.** *Lengőkar helyzete*

A pályagörbe emelkedő része a vetőtengely elfordítását eredményezi. A görbe ereszkedő részén a szabadonfutó nem közvetíti a mozgást, így a kimenő tengely, vagyis vetőtengely nem forog.

A sebesség meghatározása szintén grafikus módszerrel történt, grafikus deriválással, **4. ábra**.

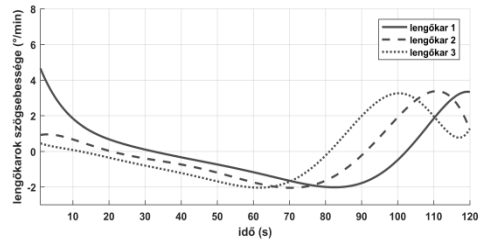
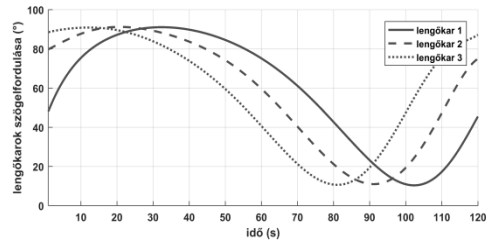


**4. ábra.** *Lengőkar szögsebességének változása*

A pozitív sebesség a vetőtengely elfordulását jelenti, a negatív sebesség alatt a vetőtengely nem forog.

A sebességgörbe elemzésekor megfigyelhető, hogy a vetőtengely sebessége változó. A forgatás kezdetén egy lökészerű szakasz jelenik meg.

A gyártók több lengőkaros bütykös mechanizmust kötnek-építenek sorba, a vetőtengely folyamatos forgatásának megvalósítása érdekében. Tanulmányoztuk három, egymáshoz képest eltolt excenter hatását a lengőkar helyzetére, közvetve a hajtott tengely szögelfordulására. A közös pályagörbét és a sebességgörbét **5. ábra** jeleníti meg.

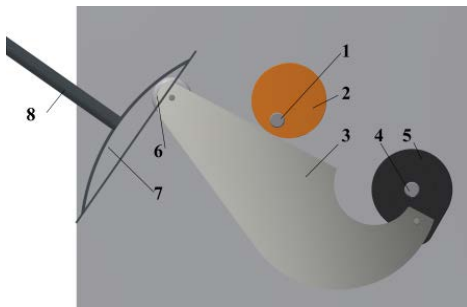


**5. ábra.** *Három lengőkar együttes mozgása és sebességeik*

A sebességgörbék együttesének elemzése során megfigyelhető a forgatás kezdetén jelentkező sebességnövekedés, és az egymás után induló forgatás hatására, annak elhúzódása, állandó szinten tartása. Ez a magkihordás egyenletességét kedvezően befolyásolhatja.

### 3. A szakaszos forgó mozgást megvalósító sebesség-váltó szerelési modellje

A mozgásegyenletek alapján megalkotott szerelési modell a **6. ábrán** látható.



**6. ábra** Szerelési modell

A szerelési modell valós méreteken alapul, ennek érdekében a *Bomet m 2,7x21* sorvetőgép sebességváltójának mérvadó méreteit mértük le.

A lengőkaros excenteres sebességváltó működése a következő: az 1-essel jelzett, a járókerékről működtetett hajtó tengely a 2-es excenter segítségével hajtja a 3-as himbát. A himba elmozdítja az 5-ös lengőkart, amely egy szabadonfutó segítségével egyirányú szakaszos forgó mozgást valósít meg a 4-es hajtott tengelyen. A himba másik vége a 6-os görgővel támaszkodik a 7-es ívelt lapra. Az ív a 8-as kar segítségével elmozdítható-elfordítható, ezáltal változik a himba helyzete, közvetve a lengőkar lengésszöge és a hajtott tengely fordulatszáma. Így változik a kivetett mag mennyisége. A görgő és lap közti folytonos kapcsolatot megvalósító kényszer az előfeszített rugót helyettesíti.

A modell figyelembe veszi a mozgásegyenleteket. A kimeneti tengely forgásszöge függ a mechanizmus kinematikai paramétereitől, az excentricitás méretétől, a himba aktív hosszától, a támasztólap helyzetétől, amelyek befolyásolják a kimenet átlagos szögsebességét.

### 4. Következtetések

A bütykös sebességváltók egyszerűsítik a gép felépítését, üzemeltetését, csökkentik az előállítás költségeit. A beállítások egyszerűen, a skálát és a táblázatot követve, fokozatmentesen történhetnek. Emiatt kerülnek egyre gyakrabban beépítésre a vetőgépekbe.

A megalkotott matematikai modellek segítségével tanulmányozható a paraméterek hatása a vetőtengely fordulatszámára. A matematikai modellek alkalmasak az összehasonlításra, új megoldások megvalósítására.

A szakaszos forgó mozgás egyenlethez több bütyköt szerelnek a gyártók. A megvalósított matematikai modellek alkalmazhatóak több excenter együttes hatásának tanulmányozására a vetőtengely optimális működtetése érdekében.

Érdemes lenne tanulmányozni annak a lehetőségét, hogy a vetőtengely forgása a lengőkar, közel vízszintessel megközelített, állandósult sebességtartományában legyen.

A lengőkaros bütykös vetőtengely-sebességváltó mozgását jól szemlélteti a megvalósított szerelési modell. Megkönnyíti a vetőtengely-sebességváltó mechanizmusának megértését.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Erdman, A., Sandor, G., Mechanism design: analysis and synthesis, Prentice-Hall, New Jersey, 1984, p. 49-64;
- [2] Láng, Z.: A zöldség-, dísznövény- és szaporítóanyag – termesztés berendezései és gépei, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1999;
- [3] Loghin, Fl., Acționarea intermitentă a aparatelor de distribuție ale mașinilor de semănat universale, INMATEH III, București, 2006, p.231-237;

- [4] Loghin, Fl., Rus, Fl.: Theoretical modeling through virtual prototyping of transmission of sowing machines, Research People And Actual Tasks On Multidisciplinary Sciences 8 – 10 June 2011, Lozenec, Bulgaria, p.52-57;
- [5] Loghin, Fl.: Contribuţii privind cinematica şi dinamica transmisiilor cu mişcare intermitentă ale maşinilor de semănat universale, Contributions regarding the kinematics and the dynamics of transmissions with intermitent motion of universal seed drills, Summary of PhD Thesis, Universitatea Transilvania Brasov, 2010, p.35-58;
- [6] Manea, D., Voicu, Gh., Paraschiv, G., Marin, E.: Theoretical researches on kinematics of cam - rocker mechanisms from seed drills transmission, U.P.B. Sci. Bull., Series D, Vol. 78, Iss. 2, 2016, p.199-210;
- [7] Máté, M.: Műszaki mechanika – kinematika, EME Kiadó, Kolozsvár, 2010;
- [8] Naghiu, Al.: Maşini şi instalaţii agricole, vol. I, Risoprint Kiadó, Kolozsvár, 2004, p. 369-371;
- [9] Marin, E., Cherciu, D., Păun, A., et.a. Parametric modeling of the impulse gearbox in oil bath from the grasslands regeneration machine / Modelarea parametrică a cutiei de viteze cu impulsuri în baie de ulei de la maşina de regenerat pajişti, INMATEH, Bucuresti, 2015, p.67-72;
- [10] Pelecudi, Chr, Maros, D., e.a.: Mecanisme, Ed.Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1985, p. 71-109.