

UDK: 631.1

СТАБИЛНОСТ ТРАКТОРА У КРИВИНИ

Вера Церовић

Пољопривредни факултет, Београд

Садржај: У раду је представљен једноставан аналитички модел за тестирање стабилности трактора са плугом при кретању у кривини на нагнутом терену. На основу модела је урађен програм за процену стабилности трактора Fendt Favorit 615. Као резултат компјутерске симулације добијени су гранични услови стабилности трактора који могу послужити као прелиминарни резултати за сложенији модел.

Кључне речи: стабилност, трактор, аналитички модел.

1. УВОД

Како је трактор погонска машина са више функција, чест је случај да га корисник доведе у радне услове који су ван оквира сигурног рада. Ниједан други уређај који се користи у пољопривреди не доводи до толико повреда као трактор од чега око 50% несрећа је узроковано превртањем трактора. Центрифугална сила је главни узрочник бочног превртања трактора. Она тежи да преврне трактор при већим брзинама током окретања или кретања у кривини.

За проверу стабилности трактора Fendt Favorit 615 при кретању у кривини полупречника $R = 60 \text{ m}$ на нагнутом терену коришћен је упрошћен модел на основу кога је написан програм у Fortranu.

2. АНАЛИТИЧКА ОСНОВА МОДЕЛА

Трактор са приколоцом је посматран као систем два чврста тела чије се тежиште рачуна на основу познатих полазних података:

- масе трактора m_T и координата његовог тежишта x_{iT}
- масе приколице m_P и координата њеног тежишта x_{iP}

$$x_{iC} = \frac{x_{iT} \cdot m_T + x_{iP} \cdot m_P}{m_T + m_P} \quad [1]$$

Почетак ортогоналног координатног система се поклапа са тачком ослањања задњег левог точка, x оса пролази кроз тачке ослањања задњих точкова, y оса је у равни ослањања, z оса је нормалана на раван ослањања:

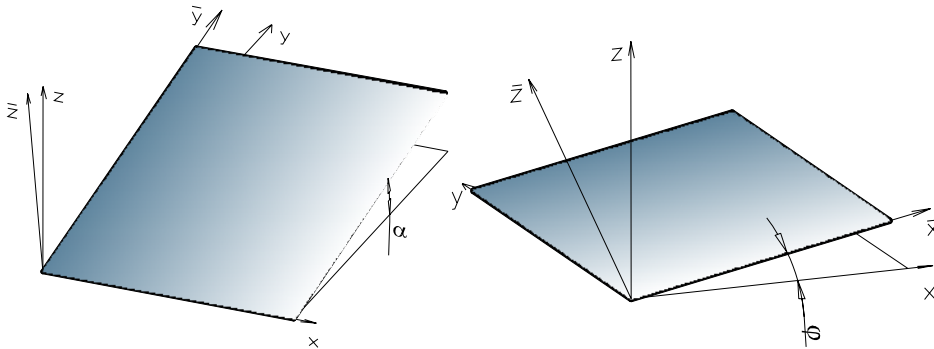


Сл.1. Координатни систем

Таб. 1. Техничке карактеристике трактора са плугом [1]

Трактор Fendt Favorit 615 масе $m=6610$ (kg)			
	координате тежишта (mm)		
	x	y	z
предњи леви точак	5	1845	736
предњи десни точак	1845	2690	736
задњи леви точак	0	0	736
задњи десни точак	1850	0	736
трактор	920	1173	1058
Плуг Vogel Noot Vario 850 MS масе $m=290$ (kg)	1270	-2312	1599

Симулација нагнутог терена је урађена са две узастопне ротације: најпре око x осе, а затим и око y осе:



Сл. 2. Ротирање координатног система

Положај тачке након прве ротације око x осе одређен је вектором положаја:

$$r_{Ti} = [A_T] \cdot [r_i] \quad [2]$$

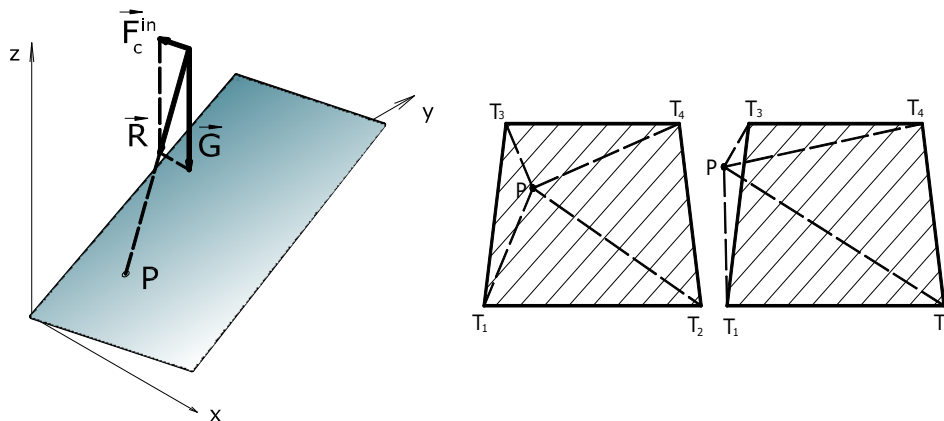
где је тензор трансформације координатног система :

$$A_T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}; \quad A_L = \begin{pmatrix} \cos \varphi & 0 & -\sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{pmatrix} \quad [3]$$

Након друге ротације око y осе вектор положаја тачке је одређен са:

$$r_{TLi} = [A_L] \cdot [r_i] \quad [4]$$

Ротирањем површине ослањања помера се тежиште система који представља нападну тачку главног вектора као збира тежине и центрифугалне силе. Трактор ће бити стабилан све док главни вектор пролази унутар границе стабилности. Границу стабилности чини траpez, добијен спајањем тачака ослањања тачкова.



Сл. 3. Пресек главног вектора и терена

Коришћењем формула из линеарне алгебре одређена је тачка продора P главног вектора R и равни ослањања. За проверу да ли се тачка продора налази у оквиру граница стабилности користи се услов:

$$P(\Delta T_1 T_2 P) + P(\Delta T_1 T_3 P) + P(\Delta T_4 T_2 P) + P(\Delta T_4 T_3 P) = P(T_1 T_2 T_3 T_4) \quad [5]$$

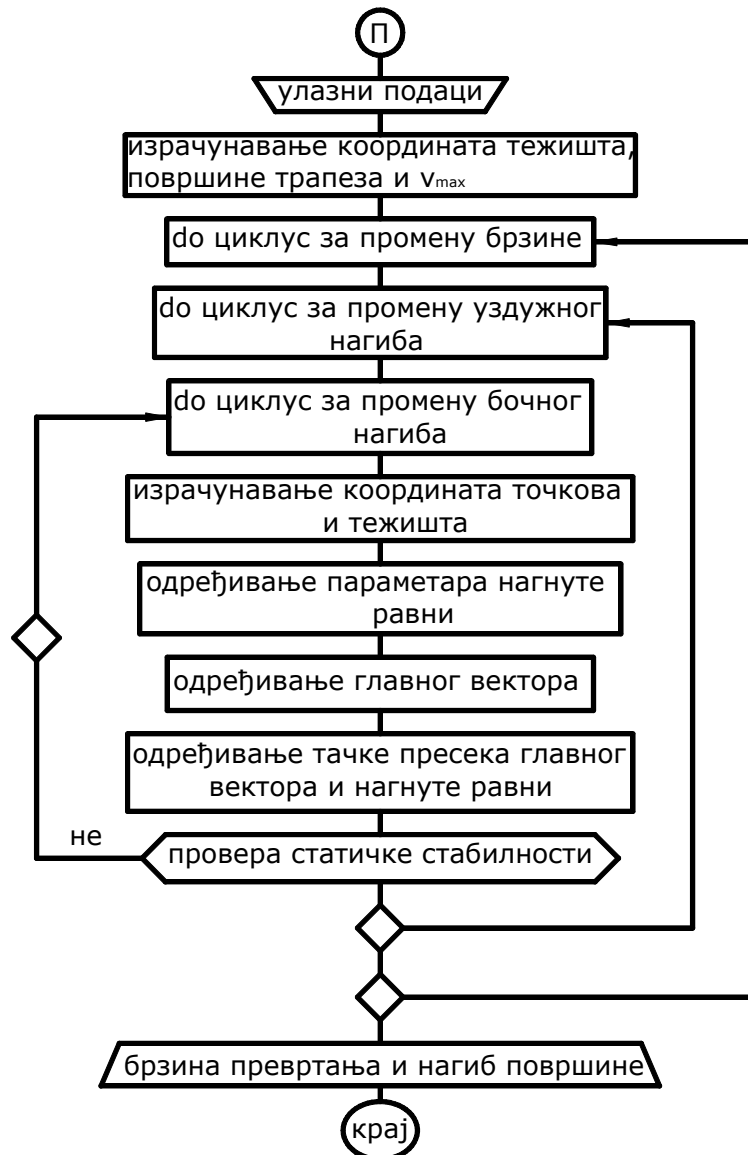
да је збир површина четири троугла једнака површини трапеza. Уколико је збир површина троуглова већи од површине трапеza, трактор ће се преврнути. Сличан приступ користили су Петровић Д., Милеуснић З., Голубовић З. [1].

Коришћењем програма Fortran урађена је симулација превртања трактора. Усвојено је да је полупречник пута 60 m . Кретање се сматра униформним. Почетна вредност брзине је 1 m/s и у сваком кораку циклуса се повећава за 1 m/s док не достигне максималну вредност израчунату по формули:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{g \cdot s \cdot R}{z_c}}$$

[6]

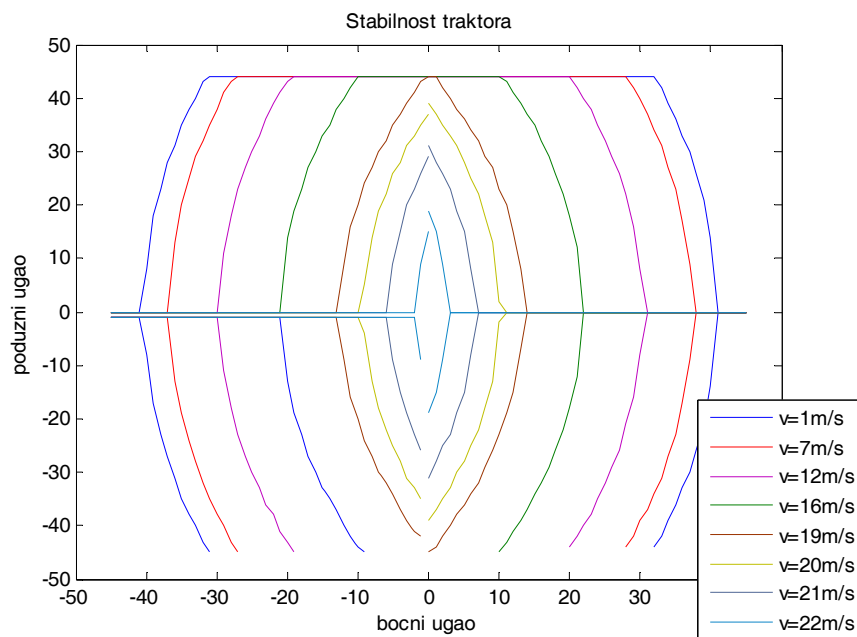
Нагиб терена се повећава у сваком кораку за 1° док се не достигне 45° .



Сл. 4. Алгоритам

3. РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ

Компијутерска симулација је урађена за трактор Fendt Favorit 615 са плугом. Резултати симулације су представљени графички. На слици 5 је приказан дводимензионални дијаграм стабилности трактора у функцији подужног и бочног угла ротације терена за различите брзине кретања трактора. Са повећањем брзине смањује се дозвољени нагиб терена. Наведене вредности углова су граничне вредности без увођења корекције.



Сл. 5. Дијаграм стабилности

4. ЗАКЉУЧАК

У раду је приказан резултат симулационог модела који се може применити код свих трактора.

Програм може бити полазна основа за одређивање критичне брзине превртања трактора приликом окретања, као и за тракторе са различитим прикључцима и теретима.

Према резултатима симулације може се одредити брзина при којој долази до превртања трактора при кретању у кривини, на нагнутом терену.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Петровић Д., Милеуснић З., Голубовић З. (1999): "A Simple Check of Tractor Stability", Bulletin for Appl. And Comp. Mathematics-Proc.from the Panonian Appl. Math. Meetings, Ballaton, Hungary, p. 209-216.
- [2] Ђевић М. (1992): The application of Combines for Tillage and Seeding. Ph.D.Dissertation, University of Belgrade, Faculty of Agriculture.
- [3] Мамузић П. Златко (1991): *Детерминанте-матрице-вектори-аналитичка геометрија*, уџбеник, Београд.
- [4] Ђевић М., Ралевић Н., Новаковић Д., Петровић Д. (1995): Estimation of Component Distribution Influence on Combines Stability. *Agricartular Engineering*, vol. 1, no. 3-4, pp. 67-72.

STABILITY OF TRACTOR IN TURNING

Vera Cerović

Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun

Abstract: The paper presents a simple analytical model for testing the stability of tractor equipped with plough in turning on inclined fields. Based on the model, a computer programme was developed for estimating the stability of tractor Fendt Favorit 615. As a result of computer simulation the stability boundary conditions have been obtained which could be used as preliminary results for a complex model.

Key words: *stability, tractor, analytical model.*