

(127)

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΕΥΣΤΑΘΙΑΣ ΓΙΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

**Θ.Α. Γιαλαμας<sup>1α</sup>, Δ. Κατέρης<sup>1</sup>, Ι. Γράβαλος<sup>1</sup>, Π. Ξυραδάκης<sup>1</sup>**

**Κ.Α. Τσατσαρέλης<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Εργαστήριο Μηχανικής Οχημάτων Ανωμάτων Εδαφών. Τομέας Γεωργικής Μηχανικής  
Τ.Γ.Μ.&Α. ΣΤΕ.Γ. Α.Τ.Ε.Ι. Λάρισα. Τ.Κ.41110 Λάρισα. <sup>a</sup>e-mail. gialamas@teilar.gr

<sup>2</sup>Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας. Σχολή Γεωπονίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο  
Θεσσαλονίκης. 54124 Θεσσαλονίκη.

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η γνώση των καταστάσεων ευσταθούς ισορροπίας επιτρέπει την ασφαλή κίνηση των ελκυστήρων σε επικλινή και ανώμαλα εδάφη και την αποφυγή ανατροπών ή πλάγιων πτώσεων. Το μεγαλύτερο ποσοστό των θανατηφόρων ατυχημάτων προέρχεται από ανατροπές και πλάγιες πτώσεις των γεωργικών ελκυστήρων κυρίως όταν κινούνται εγκάρσια σε εδάφη με κλίση. Ο προσδιορισμός των επιτρεπομένων γωνιών κλίσης πραγματοποιείται με διαδοχικές δοκιμές στην πειραματική τράπεζα δοκιμών η οποία κατασκευάστηκε στο εργαστήριο των Γ.Μ.& Α. του Τ.Ε.Ι./Λ.

## EXPERIMENTAL ANALYSIS OF SLOPE ANGLES FOR CROSS MOVEMENT ON INCLINED PLANE

**Th. A. Gialamas<sup>1a</sup>, D. Kateris<sup>1</sup>, I. Gravalos<sup>1</sup>, P. Xyradakis<sup>1</sup>,**

**K. A. Tsatsarelis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratory for Off-Road Equipment, Section of Agricultural Mechanics, Department of  
Agricultural Engineering and Irrigation, School of Agriculture, Technological  
Educational Institute of Larissa, 41110, Larissa, Greece <sup>a</sup>e-mail. gialamas@teilar.gr

<sup>2</sup>Laboratory for Agricultural Mechanics, Department of Agriculture, Aristotel University  
of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki.

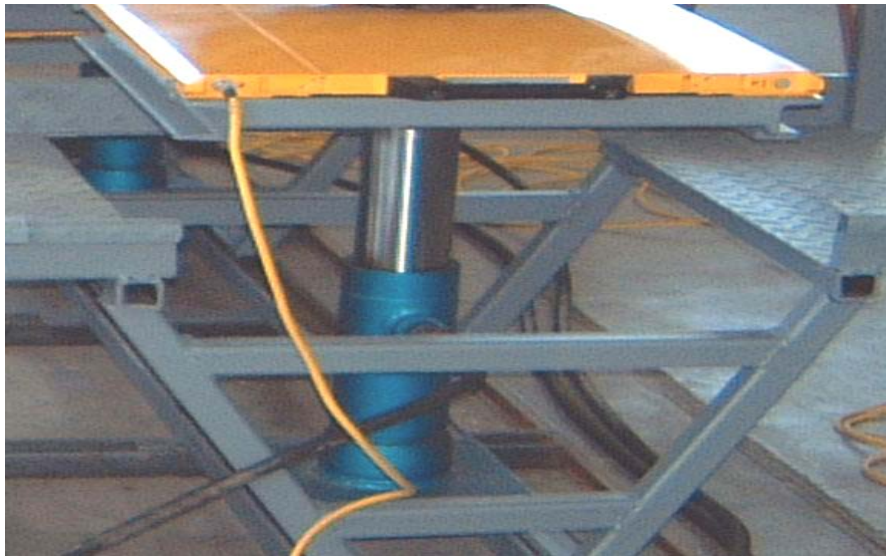
### ABSTRACT

The knowledge of stability situations allows the safe movement of agricultural tractors on sloping and rough grounds and the avoidance of overturning or sloping downfalls. The greater percentage of fatal accidents are caused by the loss of stability of agricultural tractors while working on sloping ground. The determination of accepted grade angles is actualized with sequential tests on the adjustable testing - bench which is manufactured at the laboratory of Agricultural Engineering and Irrigation, School of Agriculture.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η απώλεια της σταθερότητας και του ελέγχου είναι οι δύο κύριοι παράγοντες οι οποίοι συντελούν στην ανατροπή των γεωργικών ελκυστήρων, όταν εργάζονται σε επικλινή εδάφη [1, 2, 4, 5, 7, 11]. Άλλοι παράγοντες, οι οποίοι οδηγούν σε ατυχήματα είναι το είδος του εδάφους στο οποίο εργάζεται ο ελκυστήρας, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται και ο παράγοντας μεταφοράς βάρους [3]. Η απώλεια της σταθερότητας προκύπτει, όταν οι αντιδράσεις των τροχών μεταβάλλονται λόγω της κλίσης ή της αλλαγής πορείας και κυρίως όταν προκαλούν τον μηδενισμό των αντιδράσεών τους, στα ανάντη του εγκάρσιου επιπέδου [7, 8]. Οι απώλειες ελέγχου για πλάγιες πτώσεις, μπορεί να οφείλονται σε ανεπαρκή πρόσφυση, φθαρμένα ελαστικά, των τροχών και φυτικά υπολείμματα του εδάφους, αλλά και μειωμένη πίεση στα ελαστικά επίσωτρα [7, 9]. Οι Crolla και Spenser [1] εφήρμοσαν ένα μαθηματικό μοντέλο για πρόβλεψη της τροχιάς ανατροπής του ελκυστήρα και συνέκριναν τα αποτελέσματα του μοντέλου με τα αποτελέσματα πειραμάτων κατά την κίνηση ενός ελκυστήρα ελεγχόμενο από απόσταση. Οι Kim και άλλοι [6], μελέτησαν την πλευρική σταθερότητα του ελκυστήρα προσομοιώνοντας την κίνηση σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και κατέληξαν σε ασφαλή συμπεράσματα για το χειρισμό του ελκυστήρα σε σχέση με το ανάγλυφο του εδάφους και των λειτουργικών συνθηκών. [6, 10].

Η μεταβολή της κλίσης της τράπεζας και του προς δοκιμή ελκυστήρα, τόσο κατά το διαμήκη όσο και τον εγκάρσιο άξονα, επιτυγχάνεται με την ανεξάρτητη μεταβολή του ύψους των υδραυλικών κυλίνδρων, σχήμα 1.



Σχήμα 1. Υδραυλικός κύλινδρος σε θέση ανύψωσης μαζί με το πλαίσιο τοποθέτησης των αισθητηρίων ηλεκτρονικών ζυγών.

Σε κάθε θέση γίνεται νέα καταγραφή του φορτίου του κάθε τροχού, αλλά και του κάθε άξονα και με ειδικό πρόγραμμα υπολογισμού καθορίζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες γωνίες κλίσης για στατική κατάσταση. Έτσι για κίνηση του ελκυστήρα σε έδαφος με ποικίλη κλίση προς όλες τις κατευθύνσεις είναι δυνατό να προβλέπεται η κατάσταση ευσταθούς ή ασταθούς ισορροπίας.

Η πειραματική ανάλυση για εγκάρσια ευστάθεια, πραγματοποιήθηκε με συνεχείς δοκιμές, λαμβάνοντας κάθε φορά υπόψη τον παράγοντα μεταφοράς βάρους από τη δεξιά προς την αριστερή πλευρά και αντίστροφα.

Από τις πειραματικές δοκιμές διαπιστώθηκε ότι ο παράγοντας μεταφοράς βάρους αρχικά παρουσιάζεται στον οπίσθιο άξονα, και μεταβιβάζεται π.χ. για δεξιά εγκάρσια κίνηση από το δεξιό τροχό προς τον αριστερό και αντίστροφα για αλλαγή πορείας, ανάλογα με την κλίση του εδάφους χωρίς να επηρεάζεται από τη μεταφορά αυτή ο εμπρόσθιος άξονας. Αυτό παρατηρήθηκε λόγω της μη μεταβολής του φορτίου του, γιατί ο εμπρόσθιος άξονας έχει τη δυνατότητα της κατακόρυφης κίνησής του γύρω από το σημείο της άρθρωσής του. Διαπιστώθηκε επίσης ότι ο παράγοντας μεταφοράς βάρους άρχισε να επηρεάζει τον εμπρόσθιο άξονα όταν η γωνία περιστροφής μηδενίστηκε και το πλαίσιο του ελκυστήρα άρχισε να εφάπτεται στον εμπρόσθιο άξονα.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα απαραίτητα στοιχεία για τον προσδιορισμό των γωνιών ευστάθειας για εγκάρσια κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο προέρχονται από μετρήσεις που πραγματοποιούνται στην τράπεζα δοκιμών που κατασκευάστηκε στα εργαστήρια του τμήματος Γεωργικών Μηχανών και Αρδεύσεων του Α.Τ.Ε.Ι. Λάρισας.

Η τράπεζα δοκιμών (Σχήμα 2), μας παρέχει αυτή τη δυνατότητα, να μεταβάλλει την κλίση της, προς όλες τις κατευθύνσεις, όπως για πορεία ανοδική, καθοδική, εγκάρσια δεξιά και αριστερά. Η τράπεζα αποτελείται από μία μεταλλική στιβαρή κατασκευή, επάνω στην οποία ανέρχεται ο προς δοκιμή ελκυστήρας. Η τράπεζα έχει τη δυνατότητα αυξομειώσεως των διαστάσεών της, για δοκιμές γεωργικών ελκυστήρων με εύρος τροχών από 1,10 m μέχρι 1,90 m και απόσταση μεταξύ των αξόνων από 1,90 m μέχρι 2,90 m. Στα σημεία επαφής των τροχών με την τράπεζα τοποθετούνται ειδικές αυτόματες ηλεκτρονικές ζυγιστικές μονάδες οι οποίες συνδέονται με ειδικά καλώδια μεταφοράς δεδομένων στις θύρες εισόδου ειδικής καταγραφικής μονάδας ή σε H/Y. Οι ζυγιστικές μονάδες προσαρμόζονται κατάλληλα σε μεταλλικές βάσεις, στο κάτω μέρος των οποίων είναι τοποθετημένοι υδραυλικοί κύλινδροι μεγάλης αντοχής και ανυψωτικής ικανότητας. Κατά την διάρκεια των δοκιμών καταγράφονται οι μεταβολές των φορτίων των τεσσάρων τροχών. Ο γεωργικός ελκυστήρας με τη βοήθεια κεκλιμένου επιπέδου (ράμπας) ανέρχεται στο επάνω μέρος της τράπεζας δοκιμών, κινείται επάνω στα ειδικά διαμορφωμένα χαλυβδοελάσματα και κατευθύνεται στην κατάλληλη θέση για την εκτέλεση της δοκιμής. Η μεταβολή της κλίσης της τράπεζας και του προς δοκιμή ελκυστήρα, τόσο κατά το διαμήκη όσο και τον εγκάρσιο άξονα, επιτυγχάνεται με την ανεξάρτητη μεταβολή του ύψους των τεσσάρων υδραυλικών κυλίνδρων. Οι υδραυλικοί κύλινδροι είναι απλής ενεργείας, τηλεσκοπικοί, με μέγιστη διαδρομή 75 cm και ανυψωτικής ικανότητας 10.000 kg.



Σχήμα 2. Γενική όψη της ρυθμιζόμενης τράπεζας δοκιμών με τις αυτόματες ηλεκτρονικές μονάδες ζύγισης.

### 3.ΔΟΚΙΜΕΣ - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

#### 3.1. Ανάλυση των δυνάμεων και υπολογισμός των γωνιών για εγκάρσια πορεία δεξιά

Στο Σχήμα 3, αναλύονται οι συνιστώσες δυνάμεις του βάρους  $G$ , της θέσης του κέντρου βάρους. Το κέντρο βάρους του γεωργικού ελκυστήρα με βάση τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν καθορίζεται επάνω στο (Δ.Δ.Ε.)  $C$ , το οποίο βρίσκεται προς τη δεξιά πλευρά από το (Δ.Ε.Σ.). Το (Δ.Δ.Ε.)  $C$  αποκλίνει από το (Δ.Ε.Σ.), προς τη δεξιά πλευρά σε μία απόσταση  $c$ . Αυτό δημιουργεί διαφορετικές επιτρεπόμενες γωνίες για εγκάρσια πορεία δεξιά ή αριστερά. Για τον υπολογισμό της μέγιστης θεωρητικής, για στατική κατάσταση επιτρεπόμενη γωνίας κλίσης για εγκάρσια πορεία προς τη δεξιά πλευρά, χρησιμοποιείται η σχέση 1, των συνθηκών ισορροπίας, λαμβάνοντας ροπές ως προς το σημείο επαφής του οπίσθιου δεξιού τροχού με το έδαφος σχήμα 3.

$$\Sigma M_D = 0 \rightarrow RA \cdot B\Pi - V \cdot [(B\Pi / 2) - c] + H \cdot h = 0 \quad (1)$$

Από το Σχήμα 3, προκύπτει για την οριζόντια συνιστώσα  $H$ , του βάρους  $G$ , η σχέση 2:

$$H = G \cdot \eta \omega \quad (2)$$

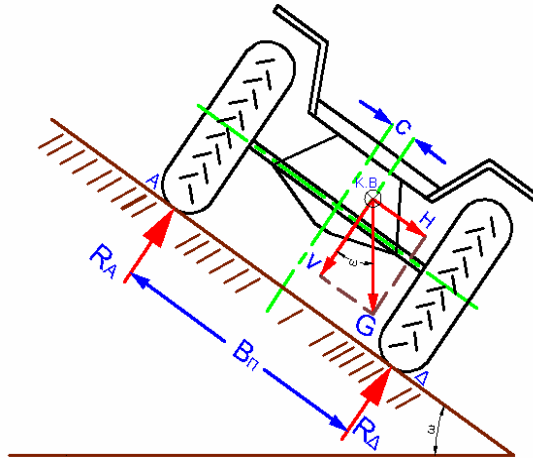
Για την κατακόρυφη συνιστώσα  $V$ , του βάρους  $G$ , προκύπτει η σχέση 3:

$$V = G \cdot \sigma \omega \quad (3)$$

Για να καθοριστεί η μέγιστη επιτρεπόμενη γωνία κλίσης για εγκάρσια δεξιά πορεία θα πρέπει να μηδενιστεί η αντίδραση στην αριστερή πλευρά, δηλαδή να είναι  $R_A = 0$ .

Με συνδυασμό των σχέσεων 1, 2 και 3, προκύπτει η σχέση 4, η οποία καθορίζει τη γωνία για εγκάρσια δεξιά πορεία.

$$\epsilon \phi \omega = [(B\Pi / 2) - c] / h \quad (4)$$



Σχήμα 3. Ανάλυση των αναπτυσσομένων δυνάμεων κατά την εγκάρσια πορεία δεξιά.

Λαμβάνοντας υπόψη τις συντεταγμένες του κέντρου βάρους, το ύψος από το έδαφος,  $h = 0,835 \text{ m}$ , καθώς και την απόκλιση  $c = 0,0127 \text{ m}$ ,

Από τη σχέση 4, προκύπτει:

$$\epsilon\phi\omega = 1,50 / 2 - 0,0127 / 0,835 = 0,882994 \rightarrow \omega = 41,50 \text{ ή ΕΔ.} = 41,50.$$

Άρα η μέγιστη επιτρεπόμενη γωνία για εγκάρσια δεξιά πορεία σε έδαφος με κλίση είναι:  $\text{ΕΔ.} = 41,50$ .



Σχήμα 4. Ο γεωργικός ελκυστήρας επάνω στην τράπεζα δοκιμών για καθορισμό των αντιδράσεων και των γωνιών για δεξιά πορεία.

### 3.2. Πειραματικός προσδιορισμός των αντιδράσεων και των γωνιών λόγω της άρθρωσης στον πρόσθιο άξονα του ελκυστήρα Renault 361

Όπως είναι γνωστό και φαίνεται και στο Σχήμα 5., ο πρόσθιος άξονας έχει τη δυνατότητα της κατακόρυφης ανεξάρτητης μετατόπισής του. Η δοκιμή πραγματοποιείται όταν η γωνία κλίσης του πρόσθιου άξονα ξεπερνά τη μέγιστη δυνατή γωνία και αγγίζει τα σταθερά τμήματα του ελκυστήρα. Η δοκιμή πραγματοποιείται με τον ελκυστήρα επάνω στην πειραματική τράπεζα δοκιμών και οι τροχοί του πρέπει να εφάπτονται στο μέσον των αυτόματων ηλεκτρονικών μονάδων ζύγισης.

#### 3.2.1. Ανύψωση του πρόσθιου αριστερού τροχού

Η κίνηση αυτή επιτυγχάνεται λόγω του αρθρωτού σημείου σύνδεσης, που υπάρχει στο κάτω σημείο του πρόσθιου μέρους του σώματος του ελκυστήρα και συμβάλλει στην

καλύτερη συμπεριφορά του ελκυστήρα όταν κινείται σε εδάφη με ανωμαλίες ή αλλάζει κατεύθυνση πορείας, δηλαδή στις στροφές, από την ανάπτυξη της φυγόκεντρης δύναμης.

Οι ανωμαλίες αυτές συμβάλλουν πάρα πολλές φορές στην απώλεια της ευστάθειας κατά τη διάρκεια της κίνησης του ελκυστήρα. Η ανεξάρτητη κατακόρυφη κίνηση δίνει τη δυνατότητα να περάσει ο αντίστοιχος τροχός από το σημείο της ανωμαλίας του εδάφους χωρίς να προκαλέσει μεταφορά βάρους στον οπίσθιο άξονα και να επιταχύνει μία αστάθεια προκαλώντας έτσι πολλές φορές ακόμη και ανατροπή.

Η ανατροπή προκαλείται εάν το ύψος της ανωμαλίας είναι μεγαλύτερο από την επιτρεπόμενη ανεξάρτητη μετατόπιση του κάθε τροχού.

Στην περίπτωση αυτή, εάν εξαντληθεί η ελεύθερη μετατόπιση των τροχών, δηλαδή το ύψος της ανωμαλίας είναι μεγάλο, η αναπτυσσόμενη αντίδραση μεταφέρεται από την επιφάνεια της επαφής του τροχού με το έδαφος στο ακρόμπαρο του τροχού και στη συνέχεια μέσω αυτού στον πρόσθιο άξονα. Ο πρόσθιος άξονας μεταφέρει την αντίδραση αυτή στο αρθρωτό σημείο σύνδεσης που βρίσκεται στο πρόσθιο κάτω μέρος του σώματος του ελκυστήρα. Το σημείο αυτό πολλές φορές συμπίπτει με το διάμηκες επίπεδο συμμετρίας. Εάν η δύναμη της αντίδρασης αυτής είναι πολύ μεγάλη ανασηκώνεται το πρόσθιο μέρος και στη συνέχεια η ροή αυτής της αντίδρασης μέσω του σώματος του γεωργικού ελκυστήρα καταλήγει στον οπίσθιο άξονα, με αποτέλεσμα να ανασηκώνεται από το έδαφος και ο οπίσθιος τροχός.



Σχήμα 5. Μεταβολή της οριζοντιότητας του πρόσθιου αριστερού τροχού.

Στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να προκληθεί στρέβλωση του πρόσθιου άξονα, αν το βάρος του ελκυστήρα είναι πολύ μεγάλο. Εάν π.χ. ο αριστερός πρόσθιος τροχός συναντήσει μία ανωμαλία (ένα ύψωμα) κατά τη διάρκεια της κίνησής του και η εμφανιζόμενη αντίδραση δεν απορροβηθεί λόγω της κατακόρυφης ελεύθερης μετακίνησης του πρόσθιου άξονα, τότε η αντίδραση αυτή θα μεταφερθεί στο σημείο της άρθρωσης στο πρόσθιο μέρος του σώματος του ελκυστήρα. Στη συνέχεια, επειδή δεν υπάρχει σύστημα απόσβεσης των κραδασμών (αμορτισέρ), καταλήγει στο σημείο επαφής του οπίσθιου αριστερού τροχού με το έδαφος. Τότε αρχίζει να ανασηκώνεται

από το έδαφος και ο οπίσθιος τροχός, με αποτέλεσμα, εάν ο ελκυστήρας τυγχάνει να κινείται σε έδαφος με κλίση, δεξιά, η πλάγια πτώση του είναι αναπόφευκτη. Όμοια ροή δυνάμεων αναπτύσσεται όταν ο πρόσθιος δεξιός τροχός συναντήσει ένα εμπόδιο κατά τη διάρκεια της πορείας του.

Από τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν σε οριζόντια θέση και σε θέση με κλίση του αριστερού πρόσθιου τροχού δημιουργείται ο Πίνακας 1.

Πίνακας. 1. Μεταβολή της κατανομής του βάρους των πρόσθιων τροχών σε συνάρτηση με το ύψος ανύψωσης του αριστερού πρόσθιου τροχού.

Θέση	Ύψος m	Τροχός G <sub>ΔΕ</sub> kg	Τροχός G <sub>ΔΕ</sub> kg	Σύνολο R <sub>E</sub> kg
Οριζόντια	0,0	290	310	600
Με κλίση	0,33	220	380	600

Από τη δοκιμή που πραγματοποιήθηκε στην τράπεζα δοκιμών, όπως φαίνεται στο σχήμα 5 και καταγράφεται στον Πίνακα 1. το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος που επιτρέπει η άρθρωση ν' ανυψωθεί ο πρόσθιος αριστερός τροχός είναι  $Y_{\psi A} = 33 \text{ cm}$  και η δημιουργούμενη γωνία σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο είναι  $\omega = 13,74^{\circ}$ . Πάνω από το ύψος αυτό αρχίζει να εφάπτεται ο πρόσθιος άξονας στο πρόσθιο τμήμα του σώματος του ελκυστήρα, με αποτέλεσμα εάν συνεχιζόταν η ανύψωση του υδραυλικού κυλίνδρου της τράπεζας δοκιμών, (υπάρχει αυτή η δυνατότητα), να υπήρχε κίνδυνος παραμόρφωσης του πρόσθιου άξονα και επιβάρυνση του οπίσθιου αριστερού τροχού.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά τη διάρκεια της ανύψωσης από την οριζόντια θέση του αριστερού πρόσθιου τροχού μέχρι τη μέγιστη, δηλαδή σε ύψος 0,33 m, παρατηρήθηκε μία προοδευτική μεταφορά βάρους από τον πρόσθιο αριστερό τροχό στο δεξιό πρόσθιο τροχό. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, η μεταφορά είναι 160 kg. Επίσης, δεν υπήρξε μεταφορά βάρους από τον πρόσθιο άξονα προς τον οπίσθιο, μέχρι το ανώτατο ύψος των 0,33 m.

Το ίδιο φαινόμενο με τον πρόσθιο άξονα συμβαίνει όταν και ο πίσω τροχός συναντήσει μία ανωμαλία στο έδαφος, ο παράγοντας μεταφοράς βάρους εμφανίζεται στον αντίστοιχο πίσω τροχό. Εάν οι ανωμαλίες του εδάφους ή η διαφορά κλίσης είναι μεγαλύτερη από 33 cm, ή  $13,74^{\circ}$  τότε ο παράγοντας μεταφοράς βάρους μεταφέρεται και στον πρόσθιο άξονα, και αρχίζει η αστάθεια του ελκυστήρα και πολλές φορές επιταχύνεται η ανατροπή.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

1. Γιαλαμάς. Α.Θ., και άλλοι 2003. Τράπεζα δοκιμών για τον καθορισμό της ευστάθειας γεωργικών μηχανημάτων. Πρακτ. 3<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ της Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος. ΕΓΜΕ. Θεσσαλονίκη. 238-245.
2. Crolla. D.A.. Spencer H.B.. 1984. Tractor handling during control loss on sloping ground. Vehicles System Dynamics. 13:1. 1-17.
3. Hunter. AGM.. 1981. Tractor safety on slopes. Agricultural Manpower. (3). 2-3.
4. Hunter. AGM.. 1981. Tractor overturning accidents on slopes. Technical Report. Scottish Institute of Agricultural Engineering. (3) 26.
5. Hunter. AGM.. 1981. Tractor safety on slopes. Agricultural Manpower. 36:4. 95-98.
6. Hunter. AGM.. Owen. GM.. 1983. Tractor overturning accidents on slopes. Journal of occupational Accidents. 5:353. 195-210.

7. Kim. K.U., Salokhe V.M.(ed.), Ilangantileke S.G.(ed.). 1990. Lateral stability of agricultural tractors on slopes. Proc. Of the international agricultural engineering conference and exhibition, Bangkok, Thailand. 19-28.
8. Spencer. H.B.. 1982. Tractor accidents on slopes-review-progress-solutions. Agricultural Manpower. (5) 12–14.
9. Spencer. H.B.. 1982. Tractor accidents on slopes-review-progress-solutions. Proc. Of the 21<sup>st</sup> CIOSTA-CIGR(V) Congress (Ed. Agricultural development and Advisory Service and Institute of Management Services). London. U.K.. 128-138.
10. Spencer. H.B., Crolla D.A.. 1984. Control of tractors on sloping ground. Proc. Of 8<sup>th</sup> Int. conference of International Society for Terrain Vehicle Systems. Cambridge. U.K.. Vol.2. 635-653.
11. Τσατσαρέλης. Α. Κ.. 1997. Γεωργικοί Ελκυστήρες. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούδη. Θεσσαλονίκη.