

(126)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΘΑΛΑΜΟ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ

**Θ.Α. Γιαλαμάς^{1α}, Ι. Γράβαλος¹, Δ. Κατέρης¹, Π. Ξυραδάκης¹,
Κ.Α.Τσατσαρέλης², Θ.Α. Γέμτος³**

¹Εργ. Μηχανικής Οχημάτων Ανωμάτων Εδαφών. Τομέας Γεωργικής Μηχανικής Τμήμα Γεωργικών Μηχανών και Αρδεύσεων. Σ.Τ.Ε.Γ Α.Τ.Ε.Ι. Λάρισας. Τ.Κ.41110 Λάρισα.

^ae-mail: gialamas@teilar.gr

²Εργαστήριο Γ. Μηχανολογίας. Σχολή Γεωπονίας. Α.Π.Θ. 54124 Θεσσαλονίκη.

³Εργαστήριο Γ. Μηχανολογίας Π.Θ. Τ.Γ.Φυτ. Παρ/γης και Αγρ. Περιβάλλοντος, Οδός Φυτόκου, Ν. Ιωνία Μαγνησίας, Τ.Κ.38446.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή είναι μια ερευνητική μελέτη προσδιορισμού και καταγραφής των μηχανικών δονήσεων στο χειρομοχλό διεύθυνσης και στο κάθισμα του χειριστή που προέρχονται: α) από την πηγής ισχύος, β) από τα ελαστικά επίσωτρα, γ) τις ανωμαλίες και την τραχύτητα των εδαφών και δ) από τις ταλαντώσεις των παρελκομένων μηχανημάτων. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν με διαφορετικές πιέσεις στα ελαστικά επίσωτρα, εμπρόσθια και οπίσθια, με διαφορετικό αριθμό στροφών της πηγής ισχύος και με διαφορετικές σχέσεις μετάδοσης.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF MECHANICAL VIBRATIONS ON SAFETY CAB OF AGRICULTURAL TRACTORS

**Th.A. Gialamas^{1a}, I. Gravalos, D. Kateris, P. Xyradakis¹, K.A.
Tsatsarelis², Th. A. Gemtos³**

¹Laboratory 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. ^ae-mail: gialamas@teilar.gr

²Lab. of Agr. Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki.

³Lab. of Farm Mechanization, Dept. of Agr., Crop Pr. & Rural Env., Univ. of Thessaly.

ABSTRACT

This paper presents an experimental study of mechanical vibrations on steering wheel and driving seat of agricultural tractors resulting from: a) engine, b) tyres, c) surface irregularity and d) implement oscillation. Tests were performed with different pressure rates to the front and rear tyres, different engine rpm and different gear changes.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να προσδιοριστούν και να καταγραφούν οι πάσης φύσεως δημιουργούμενες δονήσεις και θόρυβοι κατά τη διάρκεια της εργασίας των αγροτών και κυρίως των χειριστών των γεωργικών ελκυστήρων, οι οποίοι είναι από τις πλέον επικίνδυνες ομάδες εργαζομένων, από την ένταση του θορύβου στη δημιουργούμενη πηγή [1,3,8]. Οι χειριστές πρέπει να λαμβάνουν ατομικά μέσα ακουοπροστασίας για να προστατεύσουν την υγεία τους η οποία απειλείται σοβαρά τόσο από τις δονήσεις, όσο και από το δημιουργούμενο θόρυβο.

Οι περισσότερες γεωργικές εργασίες εκτελούνται με τη βοήθεια των γεωργικών ελκυστήρων, όπως είναι η άροση, οι εργασίες περιποίησης των φυτών, οι μεταφορές, σε πολλές περιπτώσεις η μετάδοση της κίνησης από τον ελκυστήρα σε αρδευτικό συγκρότημα για την άρδευση των καλλιεργειών, οι ψεκασμοί, οι λιπάνσεις κ.λ.π.

Η διάρκεια σε όλες τις παραπάνω εργασίες κυμαίνεται από 12 μέχρι και 18 ώρες ημερησίως [2,4,9]. Η χρονική διάρκεια αυτή είναι πάρα πολύ μεγάλη αν θεωρηθεί ότι και τα επίπεδα θορύβου στις περισσότερες περιπτώσεις είναι πάνω από τα επιτρεπτά όρια. Στις περιπτώσεις αυτές εάν τα όρια των δονήσεων και του θορύβου δεν κυμαίνονται στα επιτρεπτά επίπεδα που έχουν καθοριστεί από τη Ε.Ε. καθώς και από άλλους οργανισμούς και πρόσφατα έχουν εφαρμοστεί και στην Ελλάδα, οι επιπτώσεις στην υγεία των χειριστών θα είναι πολύ σοβαρές. Οι βλάβες και οι διαταραχές που προέρχονται από τις δονήσεις και εμφανίζονται στον ανθρώπινο οργανισμό είναι πάρα πολλές, όπως Αναπνευστικές, Καρδιοαγγειακές, Νευρολογικές κ.α.

Το ερέθισμα για την εργασία αυτή δόθηκε από συγκεκριμένους χειριστές γεωργικών ελκυστήρων, οι οποίοι μετά την εργασία των παραπονιόνταν ότι είχαν ημικρανίες, ένα συνεχή βουητό στα αυτιά τους καθώς και πόνους στη μέση και τη σπονδυλική στήλη και φυσικά μούδιασμα στα χέρια. Οι εργαζόμενοι στην αγροτική παραγωγή κυρίως στους θερινούς μήνες εργάζονται είτε με ελκυστήρες χωρίς θάλαμο ασφαλείας είτε με θάλαμο χωρίς ρύθμιση της θερμοκρασίας, έχοντας τα παράθυρα και τις πόρτες ανοιχτές, λόγω ζέστης, αλλά και για καλλίτερο έλεγχο της λειτουργίας των παρελκομένων γεωργικών μηχανημάτων [5,6,7]. Αυτές οι συνθήκες όμως προκαλούν μόνιμες βλάβες στο μηχανισμό της ακοής και κυρίως τη θορυβοεξαρτώμενη κώφωση. Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να ληφθούν ορισμένα μέτρα ασφαλείας για μείωση τόσο των δονήσεων όσο και του θορύβου.

Μερικά μέτρα που αναφέρονται στην προστασία των χειριστών είναι η τοποθέτηση στους σύγχρονους ελκυστήρες θαλάμων ασφαλείας οι οποίοι να εδράζονται σε αποσβεστήρες κραδασμών, τα καθίσματα των χειριστών να έχουν τη δυνατότητα ρύθμισης της ταλάντωσης που δέχονται από τις ανωμαλίες του εδάφους σε συνάρτηση με το βάρος του χειριστή. Η θέση του καθίσματος καθώς και στάση που κάθεται ο χειριστής θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, ώστε να επιτυγχάνεται η ελάχιστη κόπωση. Επίσης οι κατασκευάστριες εταιρίες πρέπει να τοποθετούν στο εσωτερικό των θαλάμων ειδικά μονωτικά υλικά επένδυσης τα οποία να αποσβένουν τους θορύβους ώστε να μειώνεται η ημερήσια δόση δόνησης και θορύβου και τέλος οι χειριστές να χρησιμοποιούν όπως αναφέρθηκε τα ατομικά μέσα ακουοπροστασίας [10,11]. Υπάρχει επίσης δυνατότητα στους σύγχρονους θαλάμους να τοποθετηθούν συστήματα ρύθμισης της θερμοκρασίας, (κλιματισμός) ώστε οι χειριστές να εργάζονται με άνεση, σε όλες τις καιρικές συνθήκες και να μην κουράζονται από τις δυσμενείς συνθήκες του περιβάλλοντος.

Οι έρευνες αναδεικνύουν ότι οι αγρότες έχουν αυξημένο κίνδυνο για απώλεια ακοής σε ποσοστό 92% που συμμετείχαν στην έρευνα. Ο θόρυβος λοιπόν αποτελεί μέγιστη προτεραιότητα στην υγεία των αγροτών.

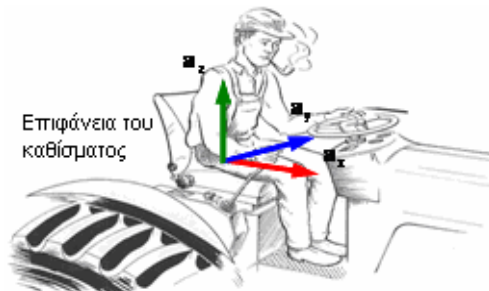
Ένας πολύ μεγάλος αριθμός αγροτών εκτίθενται στο θόρυβο. Μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το National Institute for Occupational Safety and Health εκτιμά ότι το 84% των ατόμων που εργάζονται σε γεωργικές εργασίες εκτίθενται στο θόρυβο σε επίπεδο υψηλότερο από το όριο των 85 dB(A), ένα επίπεδο στο οποίο η παρατεταμένη έκθεση προκαλεί απώλεια ακοής και άλλα προβλήματα υγείας .

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ο πειραματικός προσδιορισμός των δονήσεων στο θάλαμο χειρισμού των γεωργικών ελκυστήρων, πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Μηχανικής Οχημάτων Ανωμάτων Εδαφών, του Τ.Ε.Ι. / Λάρισας. Χρησιμοποιήθηκαν οι ελκυστήρες του εργαστηρίου, καθώς και μία ηλεκτρονική συσκευή μέτρησης και καταγραφής των δονήσεων του εργοστασίου BRUEL & KJAER, VIBROTEST 60, Γερμανικής κατασκευής.

Η συσκευή με τη βοήθεια αισθητήρων που διαθέτει, μας παρέχει τη δυνατότητα της λήψης και αποθήκευσης των επαναλαμβανόμενων δονήσεων σε συγκεκριμένες θέσεις που επιλέγονται κατά τη δοκιμή. Οι αισθητήρες έχουν τη δυνατότητα να τοποθετούνται σε επίπεδες μεταλλικές επιφάνειες και να σταθεροποιούνται στα επιλεγμένα σημεία με τη βοήθεια ισχυρών μαγνητών που διαθέτουν. Η καταγραφή των μετρήσεων πραγματοποιείται στο λογισμικό της συσκευής, είναι συνεχής με χρονικό διάστημα 1s. Η συσκευή μέσω των αισθητήρων έχει τη δυνατότητα λήψης των δονήσεων του συγκεκριμένου σημείου σε τρεις άξονες (X,Y,Z), έτσι ώστε να είναι εύκολη η ανάλυση και η αξιολόγησή τους και να λαμβάνονται μέτρα για τη μείωση του εύρους των δονήσεων και φυσικά τη μείωση της κόπωσης των χειριστών. Από διάφορες εργασίες που έχουν δημοσιευτεί σχετικά με το παραπάνω θέμα διαπιστώνεται ότι η δυσμενέστερη περίπτωση κόπωσης των χειριστών προέρχεται από τις κατακόρυφες δονήσεις, όπως φαίνεται στην *Σχήμα 1*. και εφαρμόζονται στο κάθισμα του χειριστή ενός γεωργικού ελκυστήρα..

Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στον ελκυστήρα του εργαστηρίου όπου τα βασικά του χαρακτηριστικά φαίνονται στον *Πίνακα 1*.



Σχήμα 1. Καθορισμός των δονήσεων στο κάθισμα του χειριστή.

3. ΔΟΚΙΜΕΣ - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

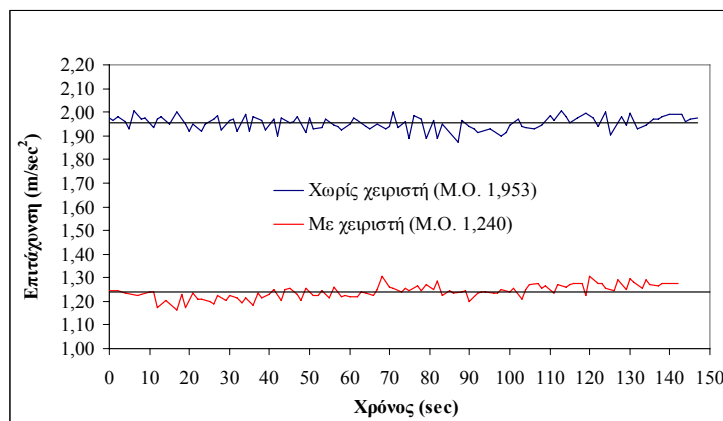
Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε καθορισμένη διαδρομή με ασφαλτοτάπητα στο αγρόκτημα του Τ.Ε.Ι. Στο *Σχήμα 2*, εμφανίζεται ο μέσος όρος των κατακόρυφων επιταχύνσεων των δονήσεων στον κεντρικό άξονα του χειρομοχλού διεύθυνσης του ελκυστήρα σε στάση με 600 rpm, (ρελαντί) στην πηγή ισχύος, με χειριστή και χωρίς χειριστή, για την ίδια πίεση ελαστικών πίσω 0,90 bar και μπροστά 1,30 bar.

Στο *Σχήμα 3*, εμφανίζεται ο μέσος όρος των κατακόρυφων επιταχύνσεων των δονήσεων στο κάθισμα του ελκυστήρα σε στάση με 600 rpm στην πηγή ισχύος, με

χειριστή και χωρίς χειριστή, για την ίδια πίεση ελαστικών πίσω 0,90 bar και μπροστά 1,30 bar.

Πίνακας 1. Στοιχεία ελκυστήρα για δοκιμή σε δονήσεις.

Εργοστάσιο κατασκευής / Μοντέλο	RENAULT 461
Έτος κατασκευής	1973
Ώρες λειτουργίας μηχανής	1490
Ισχύς μηχανής [KW]	35 KW
Κινητήριοι άξονες	ΟΠΙΣΘΙΟΣ
Πίεση ελαστικών εμπρός [bar]	A=1,0 , B=1.30 , Γ= 2,0
Πίεση ελαστικών πίσω [bar]	A= 0,50 , B= 0,90 , Γ=1,0
Καμπίνα εργοστασίου	ΝΑΙ
Ανάρτηση Καμπίνας	ΟΧΙ
Μόνωση Καμπίνας	ΟΧΙ
Παράθυρα Καμπίνας Ανοιχτά /Κλειστά	ΚΛΕΙΣΤΑ
Πόρτες Καμπίνας Ανοιχτές /Κλειστές	ΑΝΟΙΧΤΕΣ
Κλιματισμός Καμπίνας	ΟΧΙ
Ρύθμιση Καθίσματος	ΟΧΙ
Αλλαγή Καθίσματος	ΟΧΙ
Ανάρτηση Καθίσματος	ΟΧΙ
Θερμοκρασία Περιβάλλοντος [0C]	32
Δοκιμή σε Ασφαλτοτάπητα	ΝΑΙ
Ανάρτηση πρόσθιου άξονα	ΟΧΙ
Ανάρτηση οπίσθιου άξονα.	ΟΧΙ
Διάρκεια δοκιμής [h]	3
Ζώνες ασφαλείας	ΟΧΙ
Είδος καυσίμου diesel/βιοκαύσιμο	diesel
Στροφές Μηχανής RPM	600, 1000, 1500, 2000, 2150
Επιλογή σχέσεων μετάδοσης	5 ^η και 6 ^η

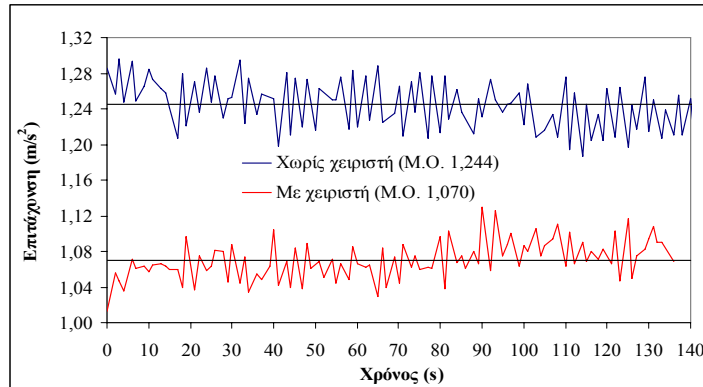


Σχήμα 2. Κατακόρυφες δονήσεις στο χειρομοχλό διεύθυνσης με χειριστή και χωρίς χειριστή.

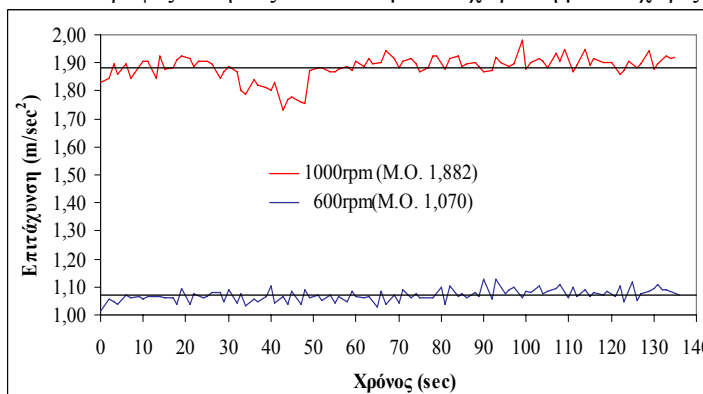
Στο Σχήμα 4, εμφανίζεται ο μέσος όρος των κατακόρυφων επιταχύνσεων των δονήσεων στο κάθισμα του ελκυστήρα σε στάση για 600 και 1000 rpm στην πηγή

ισχύος, με χειριστή και συνοδηγό, για την ίδια πίεση ελαστικών πίσω 0,90 bar και μπροστά 1,30 bar.

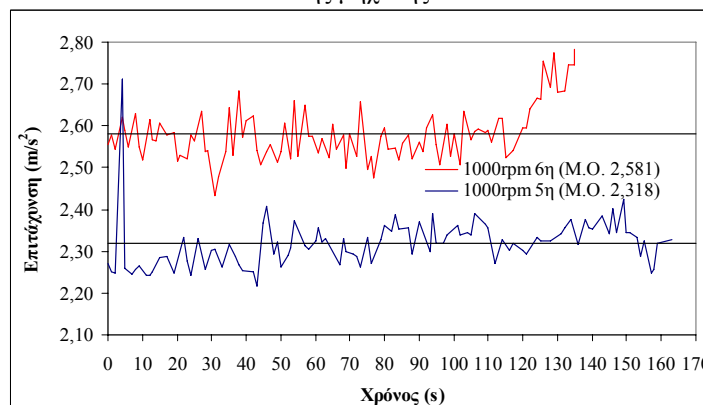
Στο Σχήμα 5, εμφανίζεται ο μέσος όρος των κατακόρυφων επιταχύνσεων των δονήσεων στο κάθισμα του ελκυστήρα σε κίνηση για τις ίδιες στροφές της πηγής ισχύος 1000 rpm αλλά με διαφορετικές σχέσεις μετάδοσης της κίνησης με την 5^η και 6^η, με χειριστή και συνοδηγό, για την ίδια πίεση ελαστικών πίσω 0,90 bar και μπροστά 1,30 bar.



Σχήμα 3 Κατακόρυφες δονήσεις στο κάθισμα του χειριστή με και χωρίς χειριστή.

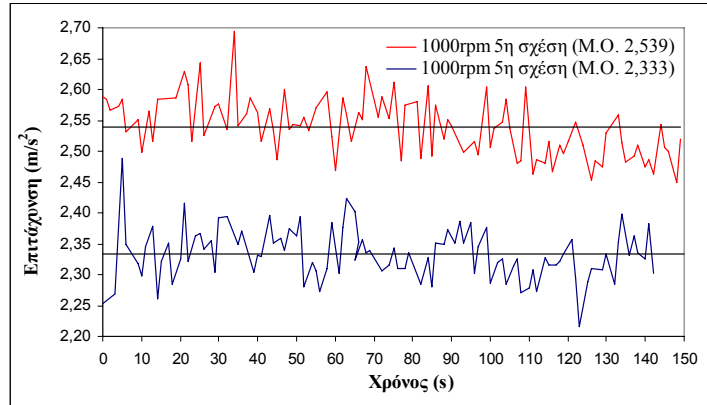


Σχήμα 4. Κατακόρυφες δονήσεις στο κάθισμα του χειριστή για διαφορετικές στροφές της μηχανής



Σχήμα 5. Κατακόρυφες δονήσεις στο κάθισμα του χειριστή για διαφορετικές ταχύτητες.

Στο Σχήμα 6, εμφανίζεται ο μέσος όρος των κατακόρυφων επιταχύνσεων των δονήσεων στο κάθισμα του ελκυστήρα σε κίνηση για τις ίδιες στροφές της πηγής ισχύος 1000 rpm με την 5^η σχέση μετάδοσης της κίνησης με χειριστή και συνοδηγό, για διαφορετικές πιέσεις στα ελαστικά επίσωτρα α) πίσω 0,50 bar και μπροστά 1,0 bar και β) πίσω 1,0 bar και μπροστά 2,0 bar.



Σχήμα 6. Κατακόρυφες δονήσεις στο κάθισμα του χειριστή με τις ίδιες στροφές αλλά με διαφορετικές πιέσεις στα ελαστικά επίσωτρα.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

1. Διαπιστώνεται από το Σχήμα 2, ότι ο μέσος όρος των κατακόρυφων δονήσεων στο χειρομοχλό διεύθυνσης είναι μεγαλύτερος στην περίπτωση που δεν υπάρχει χειριστής με M.O. 1,953 m/s², σε σχέση με το M.O. 1,240 m/s² όταν υπάρχει χειριστής σε στάση οδήγησης, η διαφορά οφείλεται στην απόσβεση των δονήσεων, μέσω των χεριών του χειριστή.

2. Διαπιστώνεται από το Σχήμα 3, το ίδιο φαινόμενο όπως και στο Σχήμα 2, με τη διαφορά των δονήσεων να οφείλεται στην απόσβεση των δονήσεων, μέσω του σώματος του χειριστή.

3. Διαπιστώνεται από το Σχήμα 4, ότι με την αύξηση των στροφών της πηγής ισχύος από 600 σε 1000 rpm, έχουμε και αύξηση των M.O. των δονήσεων από 1,070 σε 1,882 m/s²

4. Διαπιστώνεται από το Σχήμα 4, ότι διατηρώντας τις ίδιες στροφές στην πηγή ισχύος, 1000 rpm, αλλά με διαφορετικές σχέσεις μετάδοσης, εμφανίζεται αύξηση των δονήσεων στις μεγαλύτερες σχέσεις μετάδοσης, για την 5^η σχέση M.O. 2,318 m/s², για την 6^η σχέση M.O. 2,581 m/s²

5. Διατηρώντας σταθερές τις στροφές της πηγής ισχύος 1000 rpm, και την ίδια σχέση μετάδοσης 5^η, στο Σχήμα 6, διαπιστώνεται ότι εμφανίζεται αύξηση του μέσου όρου των κατακόρυφων δονήσεων σε σχέση με το διπλασιασμό της πίεσης στα ελαστικά επίσωτρα.

6. Έχει διαπιστωθεί ότι οι δονήσεις στον ανθρώπινο οργανισμό δημιουργούν: α) βλάβες όπως: ● Αναπνευστικές, ● Καρδιοαγγειακές, ● Νευρολογικές ● Πεπτικές και ● Αδενικές. β) Διαταραχές όπως είναι: ● Μείωση της ατομικής προσοχής και αντίληψης με κίνδυνο πρόκλησης τροχαίου ή εργατικού ατυχήματος, ● μείωση πνευματικών ικανοτήτων, ● μείωση ακουστικών ικανοτήτων, ● μείωση της διάρκειας του ύπνου (αϋπνίες), ● ψυχολογικές, γ) Το σύνδρομο των δονήσεων χεριού – βραχίονα, δημιουργεί την ασθένεια των "Λευκών Δακτύλων", η οποία προέρχεται από τη μη καλή κυκλοφορία του αίματος στα άκρα των δακτύλων, με αποτέλεσμα αισθητηριακές

διαταραχές, έλλειψη ανοχής στο ψύχος, μυϊκές κράμπες, μειωμένη επιδεξιότητα σύσφιξης των αντικειμένων.

Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ελκυστήρες με ανενεργά (αδρανή), ή ενεργά συστήματα ανάρτησης της θέσης του χειριστή τα οποία μειώνουν τους κραδασμούς. Στις περιπτώσεις αυτές η θέση του οδηγού στηρίζεται επάνω σε μία υδροπνευματική ανάρτηση, η οποία προσαρμόζεται αυτόματα ανάλογα με τη μάζα του οδηγού και η οποία είναι συνδεδεμένη με ένα υδραυλικό κινητό διάφραγμα ρύθμισης της έντασης της δόνησής της. Σκοπός αυτής της κατασκευής είναι να εξασφαλίζονται κατά τη διάρκεια της οδήγησης, οι δυναμικές δονήσεις, η μέγιστη ασφάλεια καθώς και η προσφερόμενη άνεση της θέσης του οδηγού, για μείωση της κόπωσής του.

Οι χειριστές θα πρέπει να χρησιμοποιούν αντι-κραδασμικά γάντια τα οποία να ανταποκρίνονται στα βιοδυναμικά χαρακτηριστικών του ανθρώπινου συστήματος χεριού – βραχίονα σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων (40-200 Hz).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Marsili, A., Ragni, L., Santoro, G., Servadio, P., Vassalini, G. 2002. Innovative Systems to reduce Vibrations on Agricultural Tractors. Comparative Analysis of acceleration transmitted through the driving Seat. Biosystems Engineering Silsoe Research Institute 81 (1), 35-47
2. Lines, J. A., Stayner, R. M. 1989. Improved operator performance from reduced vibration. In: Proceedings of the Institute of Acoustic conference Oxford.
3. Potecchi, S. 1986. Determination of the characteristic of the tractor –seat-system by means of a relief track. Study of accidents and comfort of agricultural and forestry mechanization and building in service. Firenze, December 2-3, 239-244.
4. Rakheja, S., Sankar, S.1984a. Suspension design to improve tractor ride: I passive seat suspension. S.A.E. Transactions, 4, 1096- 1104.
5. Rakheja, S., Sankar, S.1984b. Suspension design to improve tractor ride: II passive cab suspension. S.A.E. Transactions, 4, 1005- 1112.
6. Sankar, S., Afonso, M. 1993. Design and testing of lateral seat suspension for all road vehicles. Journal of Terramechanics, 30(5), 371-393.
7. Pessina, D. 1986. Assessment of the vibration at the drive place of an agricultural tractor during transport. Rivista di Ingegneria Agraria 17(4) 227 – 241.
8. Lines, J., Stiles, M., Whyte, R. 1995. Whole body vibration during tractor driving. Journal of low Frequency Noise and Vibration, 14(2), 87- 104
9. Göhlich, H., Von Holst Chr. 1997. Fahrdynamik – Fahrsicherheit – Fahreplatz.[Ride dynamics – Ride safety – Drivers plate] In Yearbook Agricultural Engineering Matthies Munster, 78-84.
10. Neely, G., Burstrom, L. 2006. Gender differences in subjective responses to hand-arm vibration. International Journal of Industrial Ergonomics 36 (2006) 135-140.
11. Dong, R.G., McDowell, T.W., Welcome, D.E., Smutz, W.P. 2004. Correlations between biodynamic Characteristics of human hand – arm system and the isolation effectiveness of anti-vibration gloves. International Journal of Industrial Ergonomics 35 (2005)205 -216