

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	7140
----------------------	------

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΕΛΙΔΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ	1
1.1.	ΑΝΑΓΚΗ ΥΠΑΡΞΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΣ	2
1.2.	ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΜΙΑΣ ΚΑΛΗΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ	3
1.3.	ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΣ	4
1.4.	ΕΙΔΗ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	5
1.5.	ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΟΠΙΣΘΙΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΙΩΝ ΤΡΟΧΩΝ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ	12
2.1.	Η ΣΥΝΑΡΜΟΓΗ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ ΚΑΙ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	12
2.2.	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ ΦΥΛΛΑ	14
2.3.	ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΙΚΗ ΡΑΒΔΟΣ	15
2.4.	ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ	17
2.5.	ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΦΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΙΩΡΗΣΗ ΤΟΥΣ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΙΩΝ ΤΡΟΧΩΝ	22
3.1.	ΑΝΤΙΚΛΥΔΩΝΙΣΤΙΚΗ ΡΑΒΔΟΣ	22
3.2.	ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΙΩΝ ΤΡΟΧΩΝ	23
3.3.	ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΣΤΡΕΠΤΙΚΗ ΡΑΒΔΟ	26
3.4.	ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΩΝ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ	36
4.1.	ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΑ	36
4.2.	ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΔΙΠΛΩΝ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ	37
4.3.	ΑΝΑΡΤΗΣΗ MacPherson	38
4.4.	ΕΛΑΤΗΡΙΑ-ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟ	41
4.5.	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΕΙΔΗ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΣ	43
5.1.	ΤΡΙΒΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΛΙΠΑΝΣΗ	43
5.2.	ΟΠΙΣΘΙΑ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΑΝΑΡΤΗΣΗ	44
5.3.	ΥΔΡΟΠΝΕΥΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΡΤΗΣΗ CITROEN	48
5.4.	ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΜΕ ΕΛΑΤΗΡΙΟ ΑΠΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟ	52
5.5.	ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΣΤΡΕΨΗΣ ΑΠΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΛΛΑ ΣΕ ΜΕΤΑΛΛΟ	56
5.6.	ΣΥΜΠΑΓΗ ΚΑΙ ΚΟΙΛΑ ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΑΠΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟ	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	ΕΙΔΗ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΩΝ	59
6.1.	ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΣ	59
6.2.	ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ ΞΗΡΑΣ ΤΡΙΒΗΣ	60
6.3.	ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ	63
6.4.	ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ 'GRILING'	65
6.5.	ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΚΟΙ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ	66
6.6.	ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΝΑΡΤΗΣΗ	72
6.7.	ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΦΥΛΛΑ ΣΟΥΣΤΑΣ	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	ΠΛΕΟΝ/ΤΑ – ΜΕΙΟΝ/ΤΑ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ	73
7.1.	ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΗΜΙΕΛ/ΚΕΣ ΣΟΥΣΤΕΣ ΚΑΙ ΑΚΑΜΠΤΟΣ ΑΞΟΝΑΣ	73
7.2.	ΔΙΠΛΑ ΑΝΙΣΟΜΕΓΕΘΗ ΨΑΛΙΔΙΑ ΜΕ ΑΜΟΡΤΙΣΕΡ	73
7.3.	ΓΟΝΑΤΑ MACPHERSON ΜΕ ΡΑΒΔΟΥΣ ΣΤΡΕΨΗΣ	73
7.4.	ΨΑΛΙΔΙΑ-ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ ΚΑΙ ΡΑΒΔΟΙ ΣΤΡΕΨΗΣ	74
7.5.	ΑΚΑΜΠΤΟΣ ΑΞΟΝΑΣ ΜΕ ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΑ	74
7.6.	ΗΜΙΑΙΩΡΟΥΜΕΝΗ ΑΝΑΡΤΗΣΗ	75
7.7.	ΥΔΡΟΠΝΕΥΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΡΤΗΣΗ	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	ΗΜΙΕΛΛΕΙΠΤΙΚΑ ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΑ	76
8.1.	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΗΜΙΕΛ/ΚΩΝ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ	76
8.2.	ΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΗΜΙΕΛ/ΚΩΝ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ	77
8.3.	ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΗΜΙΕΛΛΕΙΠΤΙΚΑ ΕΛΑΤΗΡΙΑ	77
8.4.	ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ	78
8.5.	ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΜΕ ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΑ	78
8.6.	ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΛΙΠΑΙΝΩΜΕΝΕΣ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ	79
8.7.	ΦΘΟΡΕΣ-ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΑ	80

8.8. ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ ΚΑΙ ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΣΤΡΕΨΗΣ	80
8.9. ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΡΕΠΤΙΚΩΝ ΡΑΒΔΩΝ	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 Η ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΩΝ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ	82
9.1. ΓΩΝΙΑ ΚΑΜΠΕΡ	82
9.2. ΓΩΝΙΑ ΚΑΣΤΕΡ	82
9.3. ΓΩΝΙΑ ΣΥΓΚΛΙΣΗΣ	83
9.4. ΚΕΝΤΡΑ ΚΑΙ ΑΞΟΝΕΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ	85
10.1. ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ	85
10.2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ	86
10.3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΗΝ ΑΠΑΛΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	91
10.4. ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΜΗΧΑΝΟΚΙΝΗΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	99
10.5. ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ	108
10.6. ΤΥΧΑΙΕΣ ΔΙΕΓΕΡΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ	117

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ

1.1. ΑΝΑΓΚΗ ΥΠΑΡΞΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ

Αν οι εμπρός και οι πίσω τροχοί ενός οχήματος ήταν σταθερά στερεωμένοι στο πλαίσιο του η παραμονή των επιβατών μέσα στο αμάξωμα δεν θα ήταν καθόλου ευχάριστη γιατί ακόμα και στους πιο καλά κατασκευασμένους δρόμους υπάρχουν ανωμαλίες οι οποίες στη γρήγορη κίνηση των τροχών δημιουργούν επάνω τους κραδασμούς που αν μεταδοθούν αμείωτοι στο πλαίσιο και στο αμάξωμα γίνονται όχι μόνο ανυπόφοροι για τους επιβάτες αλλά και πολύ γρήγορα θα διέλυαν και ολόκληρο το αυτοκίνητο.

Όταν άρχισε η κατασκευή αυτοκινήτων υιοθετήθηκαν αμέσως τα διάφορα συστήματα ανάρτησης που είχαν τα ιππήλατα οχήματα αλλά και τα σιδηροδρομικά οχήματα την εποχή εκείνη. Η αύξηση της ταχύτητας μεγάλωσε τόσο τους κραδασμούς από τις ανωμαλίες του εδάφους ώστε και τα φορτηγά ακόμα οχήματα είναι εφοδιασμένα με σύστημα ελαστικής ανάρτησης.

Σήμερα όλα τα οχήματα που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά είτε ανθρώπων είτε εμπορευμάτων έχουν συστήματα ελαστικής ανάρτησης. Στα σιδηροδρομικά οχήματα οι άξονες κινούνται μέσα στα κιβώτια των εδράνων τους (λιποκιβώτια) τα οποία είναι ελεύθερα να κινηθούν κατακόρυφα πάνω σε ειδικούς οδηγούς και μεταξύ των κιβωτίων αυτών και των πλαισίων υπάρχουν ισχυρά

ελατήρια που απορροφούν το μέγιστο μέρος των κραδασμών που δημιουργούν οι έστω και μικρές ανωμαλίες των σιδηροτροχιών.

Στα ποδήλατα την ελαστικότητα μεταξύ των τροχών και αναβατή εξασφαλίζουν τα ελατήρια που είναι κάτω από τη σελά και ως ένα βαθμό και τα ελαστικά επίστρωτα των τροχών. Έπειτα από αυτά μπορούμε να συνοψίσουμε ότι ο προορισμός του συστήματος ανάρτησης είναι :

- 1) η προστασία των επιβαινόντων από τους κραδασμούς των τροχών
- 2) η μείωση των καταπονήσεων των μηχανισμών του αυτοκινήτου και του φορτίου του από τους κραδασμούς αυτούς
- 3) να κρατά σε ισορροπία το αμάξωμα όταν το αυτοκίνητο κινείται σε ανώμαλο δρόμο ή όταν παίρνει στροφές και μειώνει όσο το δυνατό τους κλυδωνισμούς του από την πορεία
- 4) να μεταδίδει στο πλαίσιο την ώθηση προς τα εμπρός από την ροπή στρέψης των τροχών και τις δυνάμεις ανάσχεσης από την πέδηση και γενικά από κάθε δράση και αντίδραση που προέρχεται από την κίνηση ή την πέδηση.

Το ιδανικό σύστημα ανάρτησης θα έπρεπε να είναι σε θέση να κρατά το αμάξωμα τέλεια οριζόντιο ανεξάρτητα από το ανεβοκατέβασμα των τροχών οι οποίοι ακολουθούν τη διαμόρφωση του δρόμου. Στην ιδανική αυτή μορφή πλησιάζει το σύστημα ανάρτησης με ανεξάρτητους να ανεβοκατεβαίνουν και τους τέσσερις τροχούς.

Πρέπει να σημειωθεί ότι πριν τελειοποιηθούν τα σημερινά συστήματα ανάρτησης ήταν πολύ συχνή η δημιουργία ρωγμών ή ακόμα και θραύσεων στο πλαίσιο και στα στηρίγματα των διάφορων μηχανισμών όπως του κινητήρα του κιβώτιου ταχυτήτων κτλ. από υπερβολική κόπωση του υλικού που δημιουργούσαν οι συνεχείς κραδασμοί του εδάφους.

1.2. ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΜΙΑΣ ΚΑΛΗΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ

Από την θεωρία και την πράξη αποδεικνύεται πως βασική σημασία για την ανάρτηση έχει ο λόγος των μη αναρτηνόμενων μαζών ως προς τις αναρτημένες. Όσο μικρότερος είναι ο λόγος αυτός τόσο ανετότερη είναι η ανάρτηση. Αυτός είναι ο λόγος που επέβαλε την κατάργηση των ολόσωμων αξόνων για τους εμπρόσθιους τροχούς και την εισαγωγή των διάφορων συστημάτων ανάρτησης του διαφορικού από το πλαίσιο και την κίνηση των τροχών με αρθρωτά ημιαξόνια.

Αναρτημένες μάζες ονομάσαμε τις μάζες όλων των κομματιών του αυτοκινήτου που στηρίζονται πάνω στα ελατήρια ανάρτησης και μη αναρτημένες εκείνες που μέσω των τροχών στηρίζονται κατευθείαν στο έδαφος χωρίς να έχουν καμία σχέση με τα ελατήρια.

Δεύτερη προϋπόθεση μιας καλής ανάρτησης είναι η μείωση του διαμήκη και του εγκάρσιου κλυδωνισμού με την καλή επιλογή των ελατηρίων, των εξαρτημάτων τους και του σημείου στήριξης του αμαξώματος πάνω σε αυτά. Συνήθως το αμάξωμα στηρίζεται πάνω στα ελατήρια σε τέσσερα σημεία που αντιστοιχούν στις τέσσερις γωνίες ενός ορθογωνίου πλαισίου.

Έχει αναγνωριστεί επίσης πως δεν είναι δυνατό ένα σύστημα ανάρτησης να μπορεί να εξουδετερώνει εξίσου αποτελεσματικά και τις μικρές αλλά και τις μεγάλες ταλαντώσεις που προκαλεί ο δρόμος. Γι'αυτό χρησιμοποιούνται βοηθητικά εξαρτήματα για να εξουδετερώνουν τις μικρές ταλαντώσεις. Τέτοια εξαρτήματα είναι οι διάφοροι αποσβεστήρες ταλαντώσεων (αμορτισέρ).

1.3. ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ

Το παλαιότερο σύστημα ανάρτησης είναι τα πλατιά ημιελλειπτικά ελατήρια υποβοηθούμενα από διάφορους τύπους μηχανικών αποσβεστήρων ταλαντώσεων και συμπληρούμενα από την ελαστικότητα των ελαστικών επισώστρων και των διάφορων μορφών ελαστικών υλικών των καθισμάτων.

Μια βελτίωση των συστημάτων αυτών είναι η χρησιμοποίησι ημιελλειπτικών ελατήριων με πολλά φύλλα λιπασμένα ανάμεσα τους και τα οποία έχουν δερμάτινο κάλυμμα όπου συγκρατεί το λίπος και η χρησιμοποίηση μεγάλων ελαστικών επισώστρων με χαμηλή πίεση βελτιωμένων μορφών αποσβεστήρων σε όλους τους τροχούς και πολύ πιο άνετων υλικών για την κατασκευή των καθισμάτων.

Σε πολλά από τα σημερινά επιβατικά αυτοκίνητα η ανάρτηση των εμπρόσθιων ή και μερικές φορές των οπίσθιων τροχών όταν έχουν και αυτοί ανεξάρτητη ανάρτηση γίνεται με ισχυρά ελικοειδή ελατήρια που εκτός των άλλων επιτρέπουν στο αυτοκίνητο να γίνει βραδύτερο.

Ένας άλλος τρόπος ανάρτησης που πρέπει να αναφερθεί είναι η ανάρτηση με ελατήρια στρέψης ή στρεπτικές ράβδους. Τα ελατήρια στρέψης είναι ράβδοι από σκληρό χάλυβα ελατήριων θερμικά κατεργασμένο που συνδέονται από το ένα άκρο τους με το πλαίσιο και από το άλλο άκρο τους με τους τροχούς μέσω συστήματος βραχιόνων. Κάθε ταλάντωση του τροχού προκαλεί μια προσωρινή παραμόρφωση σε στρέψη της ράβδου η οποία έτσι απορροφά ένα μέρος των κρούσεων.

Στα τελευταία χρόνια δόθηκε μεγάλη έμφαση στην ανεξάρτητη ανάρτηση των εμπρόσθιων τροχών. Σ' αυτήν δεν υπάρχει ολόσωμος άξονας που να ενώνει τους δυο τροχούς αλλά ο καθένας από αυτούς στηρίζεται μέσω βραχιόνων και των ελατήριων ανάρτησης ανεξάρτητα από των άλλων στο πλαίσιο. Έμφαση δόθηκε επίσης και στην ανεξάρτητη ανάρτηση των οπίσθιων τροχών και έχουν δημιουργηθεί πολύ επιτυχημένοι τύποι ανεξάρτητων κινητήριων τροχών.

Βασικό πλεονέκτημα των ανεξάρτητων συστημάτων ανάρτησης είναι η μείωση του βάρους των μη αναρτηνόμενων μαζών σε σχέση με το βάρος των αναρτημένων, πράγμα που όπως είπαμε έχει πρωταρχική σημασία για μια καλή ανάρτηση.

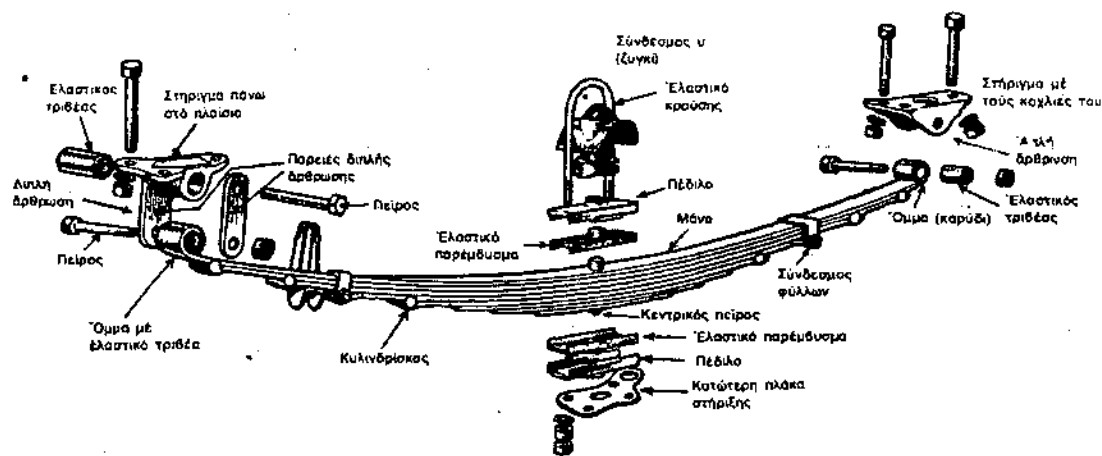
1.4. ΕΙΔΗ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ο πιο κοινός τύπος ελατήριου ανάρτησης είναι το ημιελλειπτικό ελατήριο (με σχήμα μισής έλλειψης) που αποτελείται από ένα αριθμό ελατηρίων από πλατιά φύλλα σκληρού χάλυβα. Ένα τέτοιο ελατήριο φαίνεται στο (σχήμα1).

Τέτοια ελατήρια χρησιμοποιούνταν σε πολύ μεγάλο αριθμό οχημάτων όλων των τύπων. Πλέον η χρήση τους έχει περιοριστεί σε ορισμένου τύπου αυτοκίνητα. Αποτελούνται από μια δέσμη φύλλων που στη μέση έχουν μικρό μήκος και μεγαλώνουν σιγά όσο προστίθενται περισσότερα και είναι μεταξύ τους συνδεδεμένα έτσι ώστε να συνεργάζονται για την ανάληψη του φορτίου αλλά και να έχουν κάποια ελευθέρια κίνησης μεταξύ τους. Το σύνολο τους συμπεριφέρεται σαν μια μικρή δοκός χόντρη στη μέση και λεπτή στην άκρη αλλά με μεγαλύτερη ελαστικότητα από ότι θα είχε αν ήταν ολόσωμη. Πέρα από την μεγαλύτερη ελαστικότητα η τριβή μεταξύ των φύλλων του ελατηρίου όταν αυτό κάμπτεται απορροφά ένα μέρος από το έργο των ταλαντώσεων και τις αποσβένει.

Όταν ο άξονας του τροχού κινείται προς τα επάνω εξαιτίας μιας κυρτότητας που συνάντησε ο τροχός λόγω του καταστρώματος του δρόμου το ελατήριο κάμπτεται προς τα επάνω και επειδή σαν κάθε ελατήριο ελικοειδές ή επίπεδο έχει μια δική του φυσική περίοδο ταλαντώσεων θα αρχίσει να ταλαντεύεται. Η ταλάντωση αυτή θα μεταδοθεί στο αμάξωμα γιατί τα άκρα του ελατηρίου είναι συνδεδεμένα με αυτό άμεσα ή μέσω του πλαισίου. Αν δεν υπάρχει κάποιος τρόπος για τον περιορισμό των ταλαντώσεων αυτών η κατάσταση μέσα στο αμάξωμα δεν θα ήταν καθόλου ευχάριστη. Η τριβή που δημιουργείται άμεσα στα φύλλα του ελατηρίου αποτελεί μια αντίσταση στις ταλαντώσεις και αποσβένει

ένα μέρος από αυτές. Ένα άλλο μέρος αποσβένουν οι αποσβεστήρες ταλαντώσεων και σταματούν γρήγορα τις αιωρήσεις του αμαξώματος.



Σχήμα 1. Οπίσθιο ημιελλειπτικό ελατήριο Vauxhall

Για την ύπαρξη αυτής της τριβής που είναι απαραίτητη για την καλή λειτουργία του ελατηρίου δεν επιτρέπεται η λίπανση των φύλλων του ελατηρίου με λαδιά ή λίπος αλλά μόνο με σκόνη γραφίτη. Υπάρχουν όμως και ελατήρια που απαιτούν λίπανση. Αυτά είναι κατασκευασμένα με πιο δύσκαμπτα φύλλα που μόνο με τη λίπανση αποκτούν τον απαιτούμενο βαθμό ευκαμψίας και την ικανότητα απόσβεσης των ταλαντώσεων.

Στο (σχήμα1) βλέπουμε πως το ανώτερο φύλλο του ελατηρίου που το ονομάζουμε 'μανά' σχηματίζει στις άκρες του δυο όμματα 'καρύδια'. Το εμπρόσθιο όμμα συνδέεται με ένα πείρο στο ειδικό στήριγμα που βρίσκεται στο αμάξωμα ή στο πλαίσιο και σχηματίζει μια απλή άρθρωση που επιτρέπει τη στροφή του οχήματος όχι όμως και την οριζόντια κίνηση του. Το οπίσθιο όμμα συνδέεται και αυτό με το πλαίσιο αλλά με δυο συνδετικά τεμάχια σχηματίζει μια διπλή άρθρωση που επιτρέπει και στροφή και οριζόντια μετακίνηση στο άκρο αυτού του ελατηρίου.

Η οριζόντια μετακίνηση του άκρου του ελατήριου είναι απαραίτητη γιατί το μήκος του αυξομειώνεται. Όταν το ελατήριο με τις ταλαντώσεις γίνεται πιο καμπύλο ή πιο επίπεδο το μήκος του αλλάζει αντίστοιχα.

Τα φύλλα συνδέονται μεταξύ τους στη μέση με ένα πείρο κοντά στα άκρα με ειδικούς συνδετήρες. Ολόκληρο το ελατήριο στερεώνεται στον άξονα με ειδικά πέδιλα και με ειδικούς κοχλίες σε σχήμα u (ζύγια). Πάνω από τη σύνδεση ελατηριούχου άξονα υπάρχει ένας ελαστικός συγκρουστήρας για να αποφευχθεί σε περίπτωση μεγάλων ταλαντώσεων να χτυπήσει το ελατήριο στο πλαίσιο.

1.5. ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΟΠΙΣΘΙΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΙΩΝ ΤΡΟΧΩΝ

Όταν ο κινητήρας είναι εμπρός και οι κινητήριои τροχοί είναι πίσω η ανάρτηση των πίσω τροχών έχει να αντιμετωπίσει περισσότερες ευθύνες από ότι η ανάρτηση των εμπρόσθιων τροχών τις οποίες πρέπει να αναλύσουμε κάπως ευρύτερα.

Η ανάρτηση των οπίσθιων τροχών πρέπει :

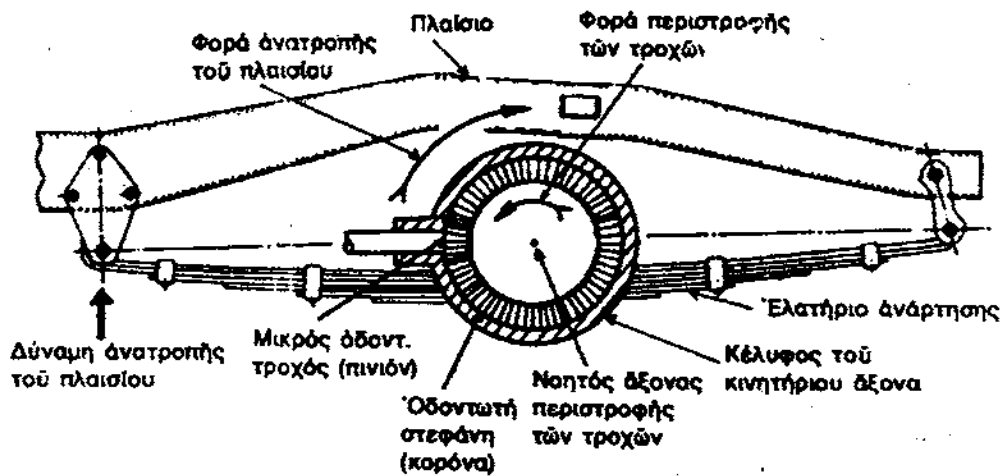
- 1) να φέρει το βάρος του οπίσθιου τμήματος του αυτοκίνητου
- 2) να μεταδίδει στο αμάξωμα ή στο πλαίσιο την προωθητική δύναμη από τη ροπή στρέψης του κινητήρα και την ανασχετική δύναμη από την πέδηση
- 3) να φέρει τη ροπή αντίδρασης στη ροπή στρέψης του κινητήρα που εκδηλώνεται σαν τάση στροφής του αμαξώματος περί τον οπίσθιο άξονα περί τον άξονα της ατράκτου
- 4) να κρατά τον οπίσθιο άξονα σταθερό στη θέση του ως προς το αμάξωμα - ανεξάρτητα βέβαια από τις επιτρεπόμενες ταλαντώσεις.

Αναπτύσσοντας λίγο περισσότερο τις αποστολές του συστήματος ανάρτησης των οπίσθιων κινητήριων τροχών μπορούμε αν αναφέρουμε τα παρακάτω :

A) Η ανάρτηση του βάρους. Η αποστολή αυτή δεν έχει καμία διάφορα με την ανάλογη αποστολή της εμπρόσθιας ανάρτησης. Πρέπει δηλαδή να συνδέει ελαστικά το πλαίσιο ή το αμάξωμα με τον κινητήριο άξονα και να μειώνει όσο είναι δυνατό τις επιδράσεις των ανωμαλιών του εδάφους στο πλαίσιο ή στο αμάξωμα.

B) Η μετάδοση των δυνάμεων ώθησης και ανάσχεσης. Όπως είναι γνωστό η ροπή στρέψης του κινητήρα φθάνει στους τροχούς και εκεί λόγω της τριβής του τροχού στο έδαφος δημιουργείται η δύναμη που θα κινήσει προς τα εμπρός το αυτοκίνητο. Στο ίδιο σημείο στο επαφής τροχού και εδάφους δημιουργείται και η δύναμη ανάσχεσης ή πέδησης πάλι από την τριβή τροχού και εδάφους. Οι δυνάμεις αυτές είναι στον ίδιο φορέα αλλά αντίθετες. Για να εκπληρώσουν τον προορισμό τους, δηλαδή την κίνηση ή την ανάσχεση του αυτοκίνητου, πρέπει από το σημείο δημιουργίας τους να μεταδοθούν στη μάζα του αυτοκίνητου θεωρητικά στο κέντρο βάρους του που είναι σημαντικά ψηλότερα από το έδαφος. Η μεταφορά αυτών των δυνάμεων ώθησης και ανάσχεσης γίνεται συνήθως με το σύστημα ανάρτησης που γίνεται αρκετά ισχυρό γι'αυτήν τη δουλειά. Σε μερικές όμως περιπτώσεις υπάρχουν ειδικά εξαρτήματα που αναλαμβάνουν την ευθύνη αυτών.

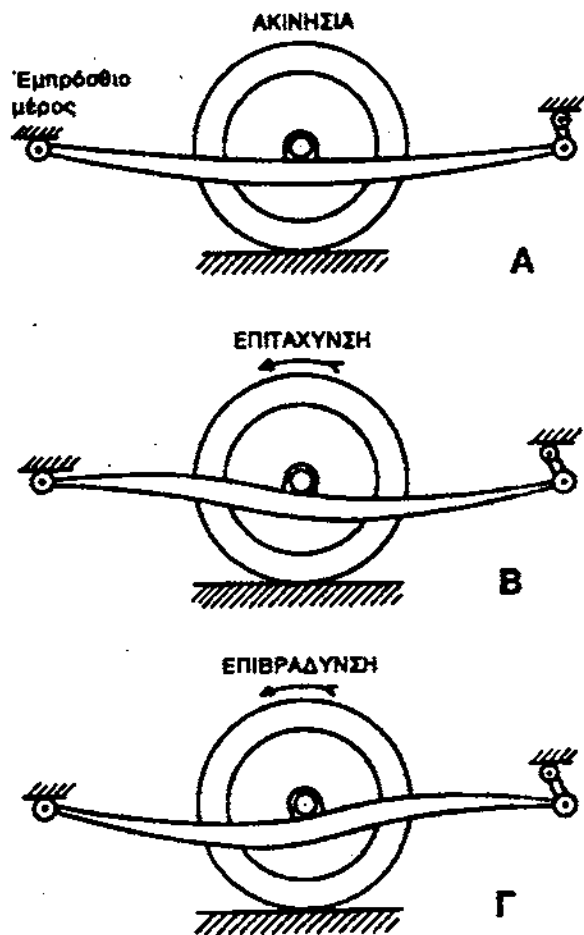
Γ) Η ανάληψη των αντιδράσεων από την ροπή του κινητήρα. Κατά τη μετάδοση της ροπής στρέψης του κινητήρα μέχρι τους τροχούς παρουσιάζονται αντιδράσεις που εκδηλώνονται σαν ίσες αλλά αντίθετες ροπές και οι οποίες τείνουν να στρέψουν τα σταθερά μέρη δηλαδή ολόκληρο το πλαίσιο ή ολόκληρο το κέλυφος του κινητήριου άξονα κατά φορά αντίθετη προς εκείνη που στρέφονται οι άτρακτος και οι τροχοί.



Σχήμα 2. Η ροπή και η δύναμη αντίδρασης σε ημιελλειπτικό ελατήριο

Το (σχήμα 2) παρουσιάζει διαγραμματικά το κωνικό ζεύγος που μεταδίδει τη ροπή στρέψης από την άτρακτο στο διαφορικό και στρέφει τους τροχούς κατά την έννοια που φαίνεται. Συγχρόνως όμως δημιουργεί και μια ροπή αντίδρασης ίση με τη ροπή που στρέφει τους τροχούς αλλά με φορά αντίθετη η οποία να τείνει να στρέψει το κέλυφος του κινητήριου άξονα με μια φορά αντίθετη με τη φορά προς τη φορά κίνησης των τροχών. Η ροπή αυτή μεταδίδεται από το κέλυφος του άξονα στο ελατήριο της ανάρτησης γιατί όπως είπαμε το ελατήριο είναι σταθερά συνδεδεμένο με το κέλυφος του κινητήριου άξονα. Η ροπή αυτή δημιουργεί μια δύναμη η οποία έχει σαν σημείο εφαρμογής της την εμπρόσθια άρθρωση του ελατηρίου ανάρτησης πάνω στο πλαίσιο το οποίο αντιδρώντας με το βάρος του ασκεί μια ίση και αντίθετη δύναμη στο ίδιο σημείο και την εξουδετερώνει. Η δύναμη αυτή αν δεν εξουδετερωνόταν από το βάρος του αυτοκίνητου θα έστρεφε ολόκληρο το πλαίσιο γύρω από το νοητό άξονα περιστροφής των τροχών κατά την ωρολογιακή ώρα.

Η δύναμη ανατροπής του πλαισίου εξουδετερώνεται βέβαια από το βάρος του οχήματος δεν παύει όμως να καταπονεί το ελατήριο ανάρτησης και μάλιστα η καταπόνηση αυτή είναι άμεσα ανάλογη προς το μέγεθος της ροπής που δρα επάνω στον τροχό για κινηθεί το αυτοκίνητο.



Σχήμα 3. Παραμόρφωση ημιελλειπτικού ελατηρίου από τη ροπή κίνησης. Α) κανονική πορεία. Β) επιτάχυνση Γ) επιβράδυνση (πέδηση)

Έτσι αν το ελατήριο έχει τη μορφή που δείχνει το (σχήμα 3α) όταν το αυτοκίνητο είναι σε ακινησία τη στιγμή που το αυτοκίνητο τείνει να επιταχυνθεί το ελατήριο παίρνει τη μορφή του (σχήματος 3β). Η παραμόρφωση του ελατηρίου είναι μεγαλύτερη όσο η καταβαλλομένη από τους τροχούς προσπάθεια για την κίνηση του αυτοκίνητου είναι μεγαλύτερη όπως συμβαίνει στην επιτάχυνση, στην ανάβαση μιας κλίσης κτλ. Κατά την ισοταχή κίνηση σε οριζόντιο έδαφος με μικρή ή μέτρια ταχύτητα η παραμόρφωση αυτή είναι μικρή.

Αντίθετα, κατά την πέδηση δημιουργείται μια ροπή η οποία τείνει να στρέψει το πλαίσιο κατά την αντιωρολογιακή φορά δηλαδή να χαμηλώσει το εμπρός μέρος του αυτοκίνητου και να υψώσει το πίσω. Η ροπή αυτή καταπονεί το

ελατήριο κατά τρόπο αντίθετο προς τον προηγούμενο και του δίνει μια μορφή όπως δείχνει το (σχήμα 3γ).

Για την ανάληψη των αντιδράσεων από τη ροπή κίνησης του αυτοκίνητου έχουν δημιουργηθεί και αλλά συστήματα πέρα από αυτό που περιγράψαμε παραπάνω δηλαδή με τα ελατήρια ανάρτησης (σύστημα Hotchkiss) σε μερικές περιπτώσεις η άτρακτος περιβάλλεται με ένα κωνικό σωλήνα (χοάνη) που στέρεα προσαρμοσμένη στο κέλυφος του κινητήριου άξονα που φέρει στο εμπρόσθιο άκρο της είτε ένα σφαιρικό σύνδεσμο είτε σχηματίζει δίχαλο το οποίο στερεώνεται με δυο τριβείς σε μια διαδοκίδα (τραβέρσα) του πλαισίου.

Όταν οι κινητήριοι τροχοί έχουν ανεξάρτητη ανάρτηση δεν υπάρχει δηλαδή ολόσωμος κινητήριος άξονας το διαφορικό και το κέλυφος του είναι στερεωμένα πάνω στο πλαίσιο και έτσι η αντίδραση στη ροπή κίνησης του αυτοκίνητου μεταδίδεται κατευθείαν στο πλαίσιο. Για την απαλλαγή της ανάρτησης από τις ροπές από την πέδηση τοποθετούνται τα τύμπανα των πεδίων όσο το δυνατό πλησιέστερα στο κέλυφος του διαφορικού.

Δ) Η τήρηση της θέσης του οπίσθιου άξονα. Εκτός από τη μετάδοση των αντιδράσεων κίνησης και πέδησης το σύστημα ανάρτησης του κινητήριου άξονα πρέπει να εξασφαλίζει τη σωστή θέση του άξονα ως προς το αμάξωμα τόσο κατά την κίνηση όσο και κατά την πέδηση. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την εξασφάλιση της θέσης αυτής. Σε πολλούς τύπους αυτοκίνητων χρησιμοποιούνται διάφορες μορφές βραχιόνων και ελκυστήρων (ράβδοι έλξης -νότιζες) ανάμεσα στον άξονα και το πλαίσιο. Σε άλλους τύπους αυτοκίνητων τα ίδια τα ελατήρια ανάρτησης εξασφαλίζουν τη σχετική θέση των δυο αυτών σημείων του αυτοκίνητου μολονότι αυτό δεν είναι απόλυτα ικανοποιητικό. Παρακάτω με την λεπτομερέστερη περιγραφή διάφορων συστημάτων ανάρτησης θα εξεταστούν και οι διάφοροι τρόποι σύνδεσης του κινητήριου άξονα με το πλαίσιο.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ

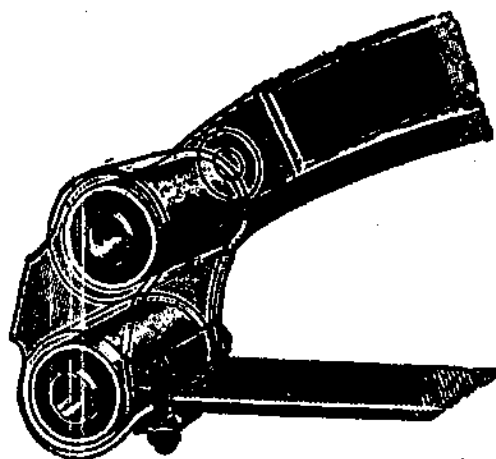
2

2.1. Η ΣΥΝΑΡΜΟΓΗ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ ΚΑΙ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

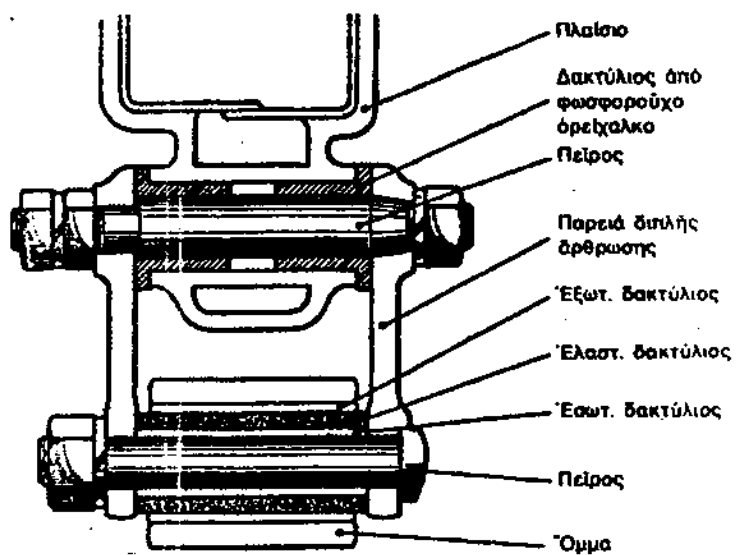
Όπως ήδη αναφέραμε παραπάνω το ανώτερο φύλλο των ελατήριων σχηματίζει στα δυο άκρα του ένα κύκλιο που το ονομάζουμε όμμα (καρύδι). Μέσα από το όμμα αυτό περνά ο πείρος με τον οποίο συνδέεται το ελατήριο με το πλαίσιο ή το αμάξωμα. Το ελατήριο πρέπει να στρέφεται ελευθέρα γύρω από τον πείρο αυτόν γιατί όταν το ελατήριο κάμπτεται το άκρο του διαγράφει μια μικρή γωνία ως προς το στήριγμα του. Επειδή το πάχος των παρειών του στηρίγματος του ελατηρίου ή της διπλής άρθρωσης του είναι πολύ μικρότερο από το πλάτος του φύλλου του ελατηρίου κατά γενικό κανόνα ο πείρος είναι στέρεα προσαρμοσμένος στο στήριγμα ή στη διπλή άρθρωση και έχει κάποιο σύστημα τριβέα μεταξύ πείρου και ελατηρίου.

Για πολλά χρόνια ο τριβέας αυτός ήταν ένα ή δυο δακτυλίδια από φωσφορούχο ορείχαλκο και ο πείρος ήταν από επιφανειακά σκληρυμένο χάλυβα. Ο τριβέας από ορείχαλκο είχε σύστημα λίπανσης με γλυφές και λιπαντήρα και λειτουργούσε καλά όσο ο οδηγός έκανε καλά τη συντήρηση του αλλά όταν παραμελούσε τη συντήρηση αυτή ο τριβέας φθειρόταν γρήγορα και έκανε θόρυβο. Για το λόγο αυτό τα σημερινά αυτοκίνητα αχούν τριβείς από ελαστικό. Οι τριβείς από ελαστικό αποτελούνται από ένα δακτύλιο από ελαστικό που έχει δυο μεταλλικούς δακτυλίους, έναν εξωτερικό και έναν εσωτερικό, κολλημένους πάνω στο ελαστικό. Ο εσωτερικός μεταλλικός δακτύλιος στερεώνεται σταθερά πάνω στον πείρο και ο εξωτερικός πάνω στο όμμα. Έτσι η μικρή γωνία που διαγράφει το

ελατήριο ως προς τον πείρο γίνεται μέσα στο σώμα του ελαστικού (σχήματα 4 και 5).



Σχήμα 4. Τριβείς από ελαστικό σε όμματα ημιελλειπτικού ελατηρίου



Σχήμα 5. Συνδιασμός ελαστικών και μεταλλικών τριβέων σε ημιελλειπτικό ελατήριο

Τα πλεονεκτήματα του ελαστικού τριβέα είναι :

- 1) απόλυτη αθόρυβη λειτουργία
- 2) δεν χρειάζεται καθόλου λίπανση
- 3) δεν φθείρεται και έχει μεγάλη διάρκεια ζωής

Σε μερικές περιπτώσεις αντί να τοποθετήσουν και τους δύο πείρους της διπλής άρθρωσης τοποθετούν στον πείρο του σταθερού στηρίγματος πάνω στο πλαίσιο πείρο από ορείχαλκο και άρον πείρο στο όμμα του ελατήριου ελαστικό τριβέα όπως είναι στο (σχήμα 5). Σήμερα προτιμούνται ελαστικοί τριβείς σε όλους τους πείρους του ελατήριου όπως φαίνεται στο (σχήμα 1).

Σε πολλές περιπτώσεις στο σημείο που τελειώνουν τα μικρότερα φύλλα τοποθετούνται κυλινδρικοί για να μην κάνουν θόρυβο τα άκρα των μικρών φύλλων καθώς τρίβονται πάνω στα μεγαλύτερα φύλλα. Δυο από αυτούς τους κυλινδρικούς είναι διαμορφωμένοι σε κοχλίες (μπουλόνια) που συγκρατούν το σύνδεσμο των φύλλων.

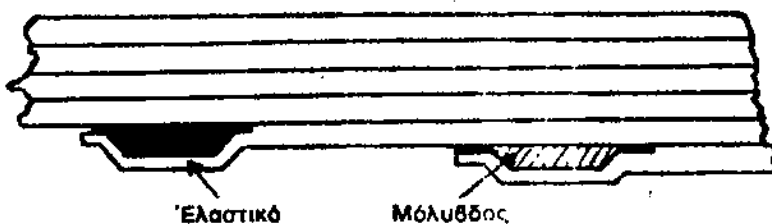
Η σύνδεση του ελατήριου πάνω στον κινητήριο άξονα γίνεται με κοχλίες σε σχήμα u (αμφιδέτες-ζύγια) με την παρεμβολή πέδιλων και ελαστικών παρεμβυσμάτων (φλάντζες). Στην κεφαλή του συνδέσμου ελατήριου άξονα τοποθετείται ένας ελαστικός συγκρουστήρας. Το ελατήριο του (σχήματος 1) είναι κατασκευασμένο για λίπανση με γραφιτούχο λίπος (γράσο με γραφίτη) και έχει οκτώ φύλλα πλάτους 38mm και πάχος που αρχίζει από 5mm για το μικρότερο φύλλο και φθάνει στα 6,25mm για το ανώτερο φύλλο.

2.2. ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ ΦΥΛΛΑ

Για την πρόληψη της δημιουργίας οξειδωσης ανάμεσα στα φύλλα του ελατήριου και του θορύβου που κάνουν όταν οξειδωθούν τοποθετούν πολλές φορές μέσα από τα χαλύβδινα φύλλα λεπτά φύλλα από ψευδάργυρο ή αλλά μέταλλα μαλακότερα από το σιδερό ή καμία φορά φύλλα από αντιτριβικό υλικό

σαν και αυτό που χρησιμοποιείται στις σιαγόνες της πέδης. Όταν χρησιμοποιούνται ενδιάμεσα φύλλα από ψευδάργυρο διατηρούν σταθερό για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα το συντελεστή τριβής μεταξύ των φύλλων και έτσι διατηρείται σταθερή η ελαστικότητα του ελατήριου. Τα κοινά ελατήρια που έχουν την τάση να σκουριάζουν και να θορυβούν μπορούν να ξαναγινούν αθόρυβα αν ψεκαστούν με αντισκωρικό διεισδυτικό λαδί κάθε 3000km.

Το (σχήμα 7) παρουσιάζει ένα κομμάτι από ελατήριο αμερικανικού αυτοκίνητου. Αξιοπαρατήρητο είναι πως τα φύλλα με την εξαίρεση των τριών πιο μικρών καταλήγουν σε μια κοιλότητα στην οποία τοποθετείται ένας τριβέας από ελαστικό. Στα τρία μικρότερα υπάρχει ένας συνδυασμένος τριβέας από ορείχαλκο με κομμάτια από αντιμονιούχα μόλυβδου με ελαστικό παρέμβυσμα για να συγκρατεί το λιπαντικό. Η ύπαρξη του αντιμονιούχου μόλυβδου ισχυρίζονται οι κατασκευαστές του στην απορρόφηση των ταλαντώσεων χαμηλής συχνότητας και ελέγχει καλύτερα το φορτίο.



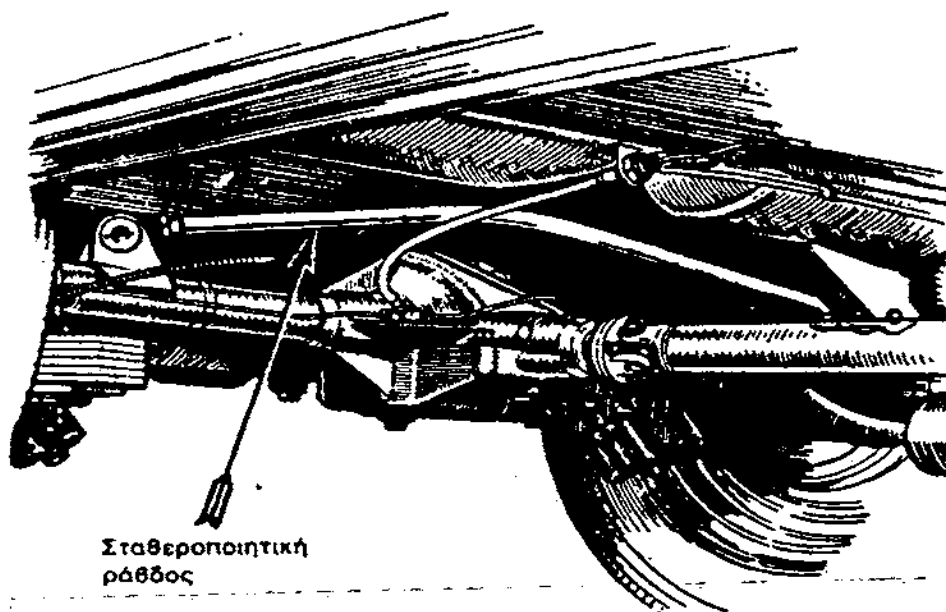
Σχήμα 7. Παρεμβύσματα από ελαστικό ή μόλυβδο.

2.3. ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΙΚΗ ΡΑΒΔΟΣ

Στα αυτοκίνητα που έχουν ολόσωμο οπίσθιο άξονα και ελατήρια με ελαστικούς τριβείς υπάρχει πάντα μια τάση πλευρικής μετακίνησης του

αμαξώματος ως προς τους άξονες κατά τη στιγμή που το αυτοκίνητο παίρνει στροφή ή κινείται σε κατάστρωμα που έχει καμπύλη διατομή. Για την εξουδετέρωση αυτής της τάσης τοποθετείται σε μερικά αυτοκίνητα μια σταθεροποιητική ράβδος που με το ένα άκρο της συνδέεται με τον άξονα με πείρο και τριβέα και με το άλλο συνδέεται με ένα σταθερό σημείο του πλαισίου η του αμαξώματος.

Το (σχήμα 11) παρουσιάζει μια τέτοια σταθεροποιητική ράβδο που χρησιμοποιείται σε μερικά αυτοκίνητα Morris και φαίνεται και το σημείο στήριξης της με ελαστικό τριβέα στον άξονα των οπίσθιων τροχών. Σε άλλα αυτοκίνητα Morris χρησιμοποιούνται για την εξουδετέρωση της πλευρικής αυτής τάσης οι ίδιοι οι τηλεσκοπικοί αποσβεστήρες ταλαντώσεων οι οποίοι τοποθετούνται λοξά ώστε να προλαβαίνουν την πλευρική αυτή μετακίνηση.



Σχήμα 11. Ράβδος αιώρησης

2.4. ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ

Για την κατασκευή των ελατήριων χρησιμοποιούνται γενικά χάλυβες πολύ καλής ποιότητας που πρέπει να συνδυάζουν μεγάλη αντοχή σε εφελκυσμό και σε κόπωση και να έχουν μικρό βάρος. Τα είδη χάλυβα που χρησιμοποιούνται για ελατήρια είναι :

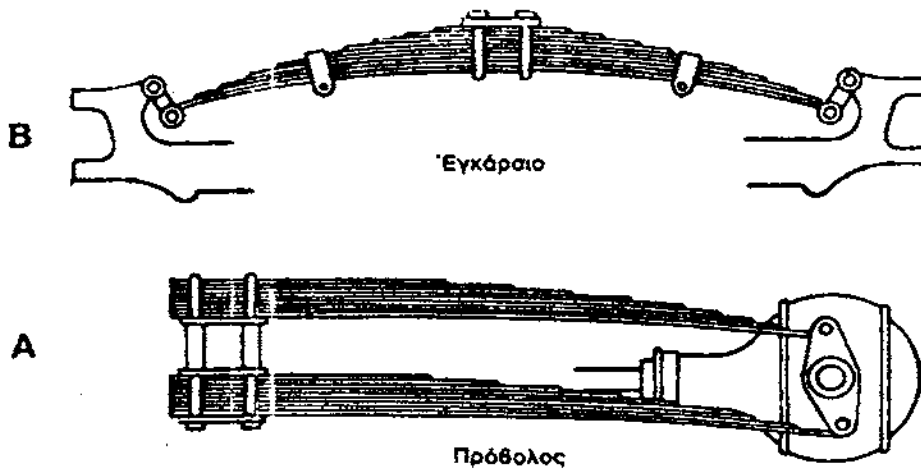
- 1) Χάλυβας μεγάλης περιεκτικότητας σε άνθρακα (σκληρός) με 0,5 ως 1 % άνθρακα, βαμμένος και ανοπτημένος με αντοχή σε εφελκυσμό 120 ως 140 kg/mm.
- 2) Χρωμιοβαναδιούχοι χάλυβες με άνθρακα 0,5 ως 1 % , χρώμιο 1 % και βανάδιο 0,2 % θερμικά κατεργασμένο με αντοχή σε εφελκυσμό 140 ως 160 kg/mm.
- 3) Πυριτιομαγκανιούχοι χάλυβες με άνθρακα 0,5 ως 1 % , πυρίτιο 1,9 ως 2,2 % και μαγκάνια 0,5 ως 0,8 % θερμικά κατεργασμένο και με αντοχή σε εφελκυσμό 130 ως 140 kg/mm.

Η αγγλική εταιρία τυποποίησης (B.E.S.A) έχει θεσπίσει προδιαγραφές για τους χάλυβες που χρησιμοποιούνται για τα ελατήρια των αυτοκινήτων. Η σκληρότητα του θερμικά κατεργασμένου χάλυβα ελατήριων πρέπει να είναι από 360 έως 420 βαθμούς της κλίμακας Brielle. Πρέπει να σημειωθεί πως μέχρι την εποχή αυτή της μελέτης που έγινε στην Αγγλία τα ημιελλειπτικά ελατήρια εξακολουθούν να είναι τα επικρατέστερα για την ανάρτηση των οπίσθιων τροχών. Η επικράτηση όμως της ανεξάρτητης ανάρτησης των εμπρόσθιων τροχών έχει περιορίσει πολύ τα ημιελλειπτικά ελατήρια στην εμπρόσθια ανάρτηση. Κάποτε ήταν πολύ-συνηθισμένη στα-μεσαία-και-στα-μεγάλα-επιβατικά-η-ανάρτηση-με-ελατήρια που σχημάτιζαν πρόβολο. Τα ελατήρια αυτά αποτελούνταν από ένα τεταρτοελλειπτικό κομμάτι ελατήριου τοποθετημένο ανάποδα, δηλαδή με τα μικρά φύλλα επάνω και συνδεδεμένο από το μέρος με τα πολλά φύλλα στο πλαίσιο και με το μεγάλο φύλλο στον άξονα. Στο μέρος του πλαισίου υπήρχε πάντοτε μια ισχυρή διαδοκίδα για να στερεώνονται πάνω της τα ελατήρια.

Το πλεονέκτημα του ελατήριου αυτού ήταν η μείωση του μη αναρτημένου βάρους γιατί το μεγαλύτερο βάρος του ελατήριου το έπαιρνε το πλαίσιο. Το ελεύθερο άκρο του προβόλου είχε συνήθως διπλή άρθρωση αλλά υπήρχαν και περιπτώσεις που υπήρχαν ολισθητήρες ή κύλινδροι ή αλλού είδους οδηγοί που επέτρεπαν την ελεύθερη αλλαγή του μήκους του προβόλου.

Στο σύστημα ανάρτησης με προβόλους που χρησιμοποιούσε κάποτε στα αυτοκίνητα η *Vilely* υπήρχε ένας αιωρούμενος άξονας στερεωμένος εγκάρσια στο πλαίσιο που συνέδεε τα πακτωμένα άκρα των δυο ελατηρίων. Με το σύστημα αυτό και τα δυο ελατήρια συνεργάζονται για τη μείωση των ταλαντώσεων κατά τη μετάδοση του κραδασμού από ανωμαλίες της οδού που συναντούσε οποιοδήποτε από αυτά και έτσι η απόσβεση των ταλαντώσεων γινόταν πολύ καλύτερα (σχήμα 12 α).

Μερικοί κατασκευαστές όμως όπως η *Ford* και αργότερα και η *Austin* χρησιμοποιούσαν για την εμπρόσθια ανάρτηση ένα μόνο ημιελλειπτικό ελατήριο τοποθετημένο εγκάρσια και στερεωμένο στο μέσον του από μια διαδοκίδα του πλαισίου (σχήμα 12 β). Στα άκρα του ελατήριου συνδέονται με διπλές αρθρώσεις τα ακραζόνια των τροχών.



Σχήμα 12. Μορφές ελατηρίων

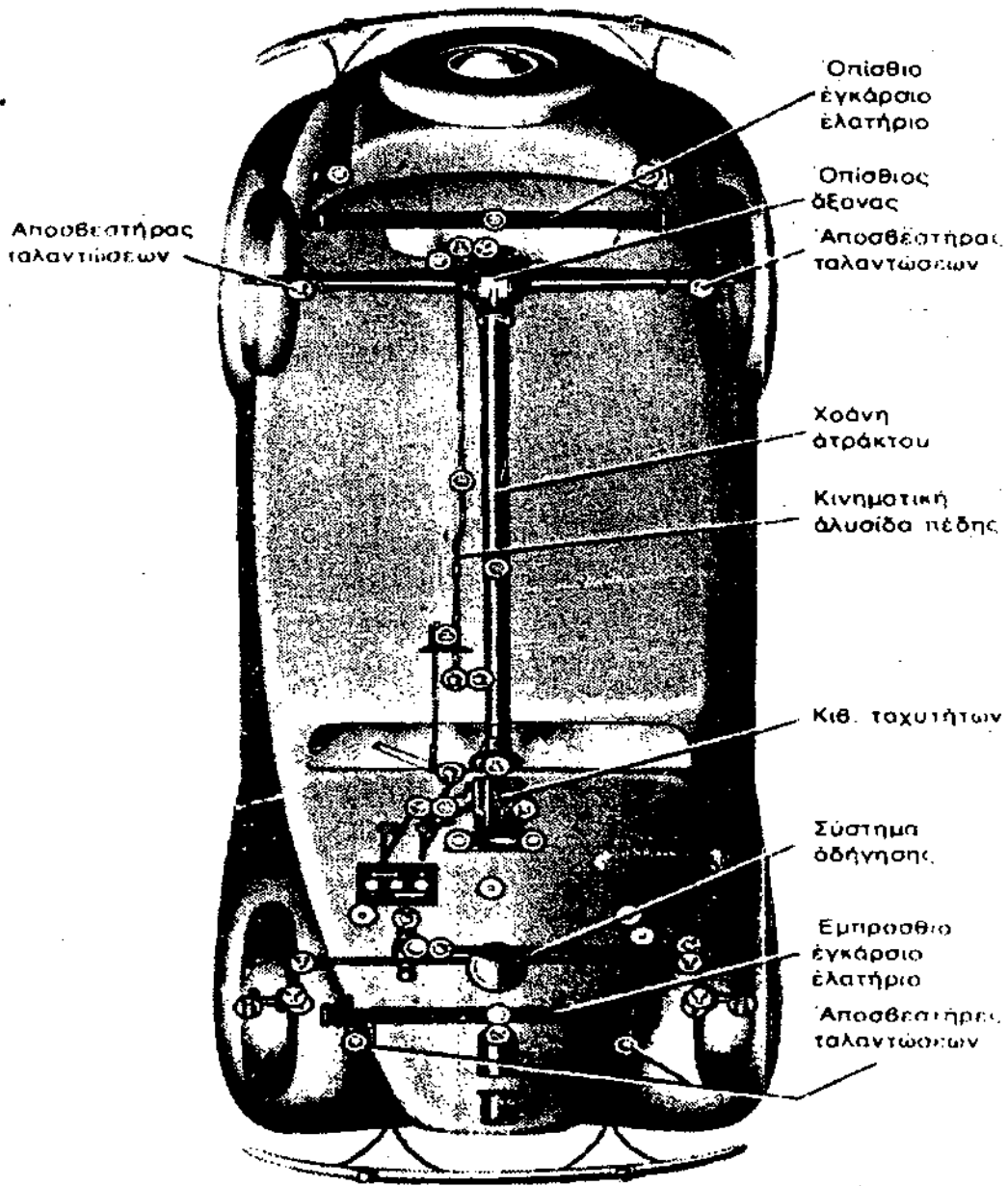
Η Ford είχε χρησιμοποιήσει το σύστημα αυτό ακόμα και για οπίσθια ανάρτηση (σχήμα 13). Πλεονεκτήματα του εγκάρσιου ελατηρίου είναι η φθηνή κατασκευή του και η μίση του αναρτημένου βάρους και βασικό μειονέκτημα του είναι η τάση που έχει το αμάξωμα να γέρνει πλευρικά κατά την διαγραφή στροφών με κάποια ταχύτητα ή όταν το αυτοκίνητο ταξιδεύει σε ανώμαλο δρόμο. Ο λόγος για την τάση αυτή είναι η στήριξη του πλαισίου ή του αμαξώματος μόνο σε ένα σημείο εμπρός και σε ένα σημείο πίσω.

2.5. ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΦΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΙΩΡΗΣΗ ΤΟΥΣ

Όλα τα σώματα έχουν το καθένα τους έναν αριθμό ταλαντώσεων ανά δευτερόλεπτο στον οποίο αιωρούνται πιο εύκολα (αιώρηση συντονισμού). Όταν η περίοδος της δύναμης που προκαλεί την ταλάντωση συμπίπτει με τη φυσική περίοδο ταλαντώσεων του ελατηρίου το εύρος της αιώρησης μεγαλώνει. Αν σε ένα αυτοκίνητο τα εμπρός και τα πίσω ελατήρια είχαν τον ίδιο αριθμό ταλαντώσεων κάθε ταλάντωση των εμπρός ή των πίσω θα μεταδιδόταν πολύ εύκολα και στα αλλά και το αυτοκίνητο θα είχε μια πολύ ενόχλητική ευπάθεια

στις ταλαντώσεις. Για την πρόληψη αυτής της ενόχλησης οι κατασκευαστές τοποθετούν στα αυτοκίνητα τους έπος και πίσω ελατήρια με φυσικές συχνότητες ταλαντώσεων κατάλληλα επιλεγμένες ώστε τα εμπρός και πίσω ελατήρια να μην συντονίζονται αλλά αντιθέτως η ταλάντωση των μεν να τείνει να πλήξει την ταλάντωση των άλλων.

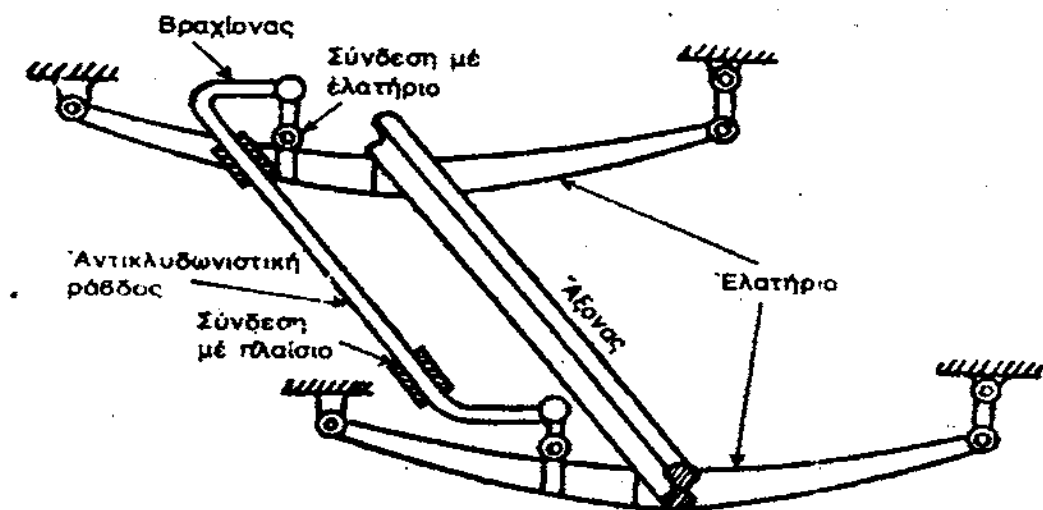
Το (σχήμα 14) παρουσιάζει ένα από τα εμπρόσθια (α) και ένα από τα οπίσθια (β) ελατήρια ενός αυτοκίνητου Welseley και δίπλα από το καθένα από αυτά το ισοδύναμο εκκρεμές (εκείνο δηλαδή που έχει την ίδια περίοδο ταλάντωσης με το ελατήριο). Όταν το αυτοκίνητο συναντήσει μια ανωμαλία στο κατάστρωμα του δρόμου τα εμπρός και τα πίσω ελατήρια τείνουν να αιωρούνται με διαφορετικές συχνότητες και έτσι όχι μόνο δεν μεγαλώνει η αιώρηση τους αλλά αντίθετα αλληλοεξουδετερώνονται.



Σχήμα 13: Εγκάρσια ελατήρια

3.1. Αντικλυδωνιστική ράβδος

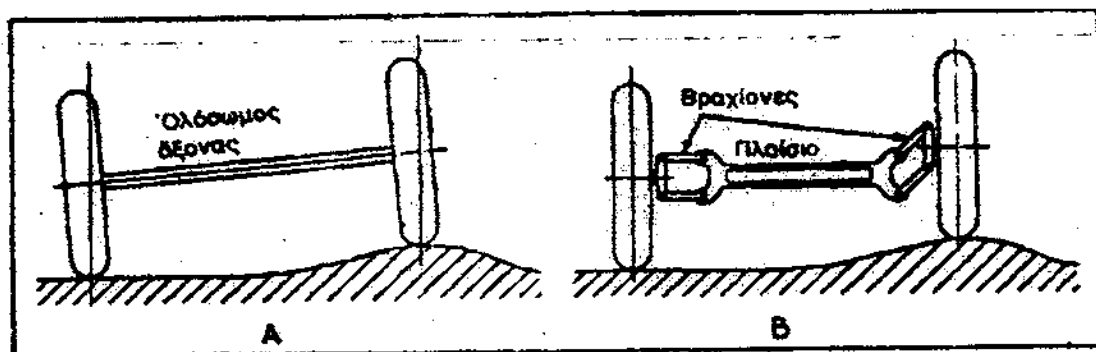
Όταν ένας από τους εμπρός ή τους πίσω τροχούς συναντήσει μια ανωμαλία του καταστρώματος του δρόμου το αυτοκίνητο τείνει να αποκτήσει μια εγκάρσια αιώρηση, έναν εγκάρσιο κλυδωνισμό. Τον ίδιο κλυδωνισμό τείνει να αποκτήσει και όταν διαγράφει με κάποια ταχύτητα μια καμπύλη και μάλιστα όταν το κέντρο βάρους του είναι ψηλά όποτε η φυγόκεντρος δύναμη τείνει να ανατρέψει το αυτοκίνητο. Για τη μείωση της τάσης αυτής των ελατήριων να δημιουργούν έναν εγκάρσιο κλυδωνισμό χρησιμοποιείται μια ράβδος στρέψης (ένα ελατήριο στρέψης) που σχηματίζει δυο βραχίονες στα άκρα της οι οποίοι συνδέονται με τα ελατήρια των τροχών. Η ράβδος στηρίζεται και με δυο ελευθέρως στη στρέψη στηρίγματα στο πλαίσιο (σχήμα 15). Όταν το ένα άκρο του άξονα τείνει να ανυψωθεί ή να χαμηλώσει η αντικλυδωνιστική ράβδος μεταδίδει τη δύναμη που προκαλεί την ανύψωση ή το χαμήλωμα στο άλλο άκρο του άξονα και τείνει να το κατεβάσει ή να το χαμηλώσει και έτσι λόγω της ελαστικότητας της σε στρέψη η τάση εγκάρσιας αιώρησης καταπνίγεται πολύ γρήγορα.



Σχήμα 15. Αντικλυδωνιστική ράβδος

3.2. Ανεξάρτητη ανάρτηση εμπρόσθιων τροχών

Η χρησιμοποίηση ενός ολόσωμου εμπρόσθιου άξονα αναρτημένου στο πλαίσιο με ημιελλειπτικά ελατήρια είναι μια απλή και οικονομική μέθοδος η οποία όμως έχει και μερικά πολύ σημαντικά μειονεκτήματα. Συγκεκριμένα κάθε κατακόρυφη μετακίνηση του ενός τροχού μεταδίδεται με τον άξονα στο πλαίσιο ή το αμάξωμα και το αυτοκίνητο γέρνει ανάλογα (σχήμα 16). Επίσης το αναρτημένο βάρος είναι σημαντικό και τέλος έχει τάση να δημιουργεί εγκάρσιο κλυδωνισμό. Σήμερα η ανεξάρτητη ανάρτηση των εμπρόσθιων τροχών στα επιβατικά αυτοκίνητα έχει γενικευτεί και έχουν δημιουργηθεί πολλά συστήματα.

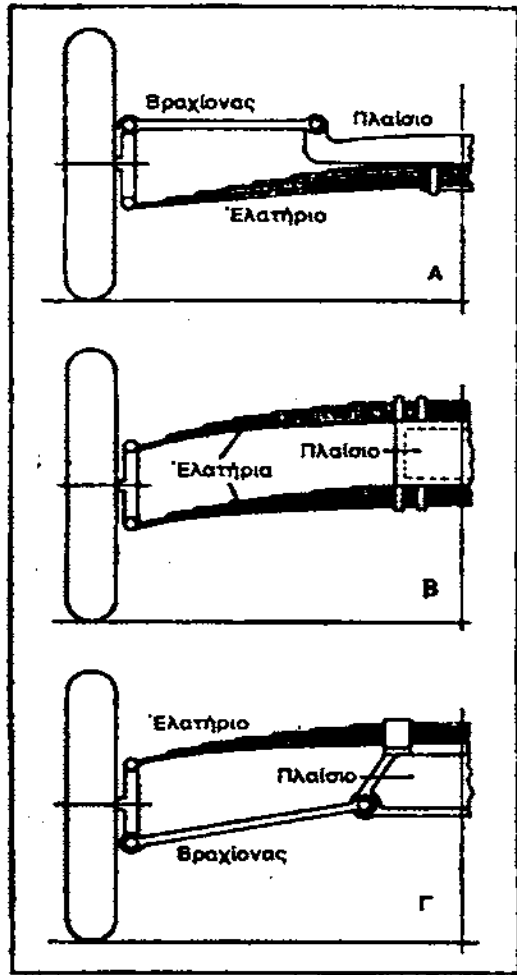


Σχήμα 16. ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΤΑΞΥ ΟΛΟΣΩΜΟΥ ΑΞΟΝΑ ΚΑΙ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ. Α) ΟΛΟΣΩΜΟΣ ΑΞΟΝΑΣ, Β) ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΑΝΑΡΤΗΣΗ

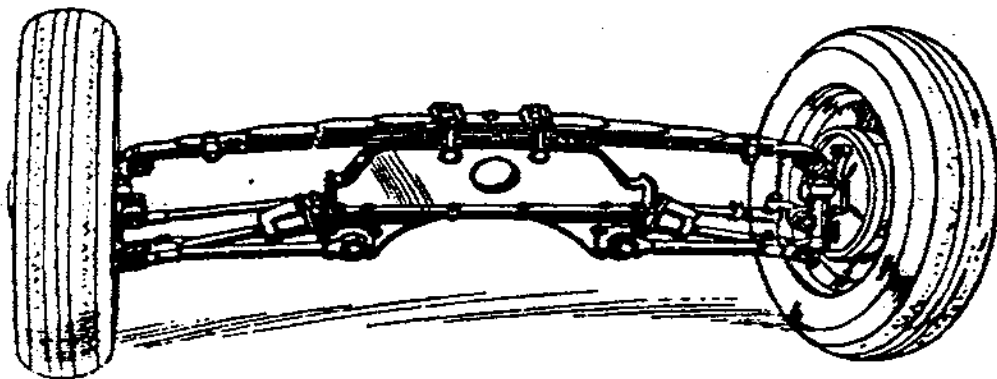
Για την ανεξάρτητη ανάρτηση χρησιμοποιούνται πλατιά ημιελλειπτικά εγκάρσια ελατήρια (σχήματα 17-18), στρεπτικές ράβδοι ή σπειροειδή ελατήρια. Μεταξύ του σημείου στήριξης των τροχών και του πλαισίου τοποθετούνται πάντα αποσβεστήρες ταλαντώσεων (αμορτισέρ), παλαιότερα τριβής αλλά σήμερα γενικά υδραυλικοί.

Τα συστήματα ανεξάρτητης ανάρτησης έχουν γενικά βραχίονες ή δίχαλα (ψαλίδια) με αρθρώσεις με τα οποία συνδέονται οι τροχοί με το πλαίσιο και τα οποία επιτρέπουν στον τροχό μια ελευθέρια κίνηση κατά την κατακόρυφη έννοια μόνο και του απαγορεύουν κάθε οριζόντια ή λοξή γιατί οι κινήσεις αυτές αφενός μεν προκαλούν φθορά στα ελαστικά αφετέρου μπορεί να γίνουν αφορμή για ολίσθηση του τροχού. Στις περισσότερες περιπτώσεις ανεξάρτητης ανάρτησης τροχών το βάρος των μη αναρτημένων μαζών είναι σημαντικά μικρότερο από το βάρος του ολόσωμου άξονα και έτσι η ανάρτηση είναι πολύ πιο αποτελεσματική.

Το σύστημα ανάρτησης μπορεί να είναι αρκετά ισχυρό ώστε να μπορεί να μεταφέρει ακίνδυνα τις δυνάμεις πέδησης από τους τροχούς στο αμάξωμα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διπλοί βραχίονες σε σχήμα τριγώνου στο οριζόντιο επίπεδο ή δίχαλα (ψαλίδια) για να μπορούν να μεταφέρουν και τις διαμήκεις δυνάμεις που δημιουργούνται κατά την πέδηση. Σε μερικές περιπτώσεις ο ένας ή και οι δυο βραχίονες δίνουν τη θέση τους σε ένα ή δυο εγκάρσια ελατήρια (σχήμα 17). Στην περίπτωση αυτή τα ημιελλειπτικά ελατήρια στερεώνονται σταθερά στο μέσον τους πάνω σε ειδική διαδοκίδα του πλαισίου και τα άκρα τους στερεώνονται στα ακραξόνια των τροχών. Το ελατήριο σε συνδυασμό με τους βραχίονες ή τα ελατήρια μεταξύ τους σχηματίζουν ένα παραλληλόγραμμο που επιτρέπει την κατακόρυφη κίνηση του τροχού.



Σχήμα 17. Εγκάρσια ελατήρια. Α) μονό κάτω. Β) διπλό ελατήριο. Γ) μονό επάνω



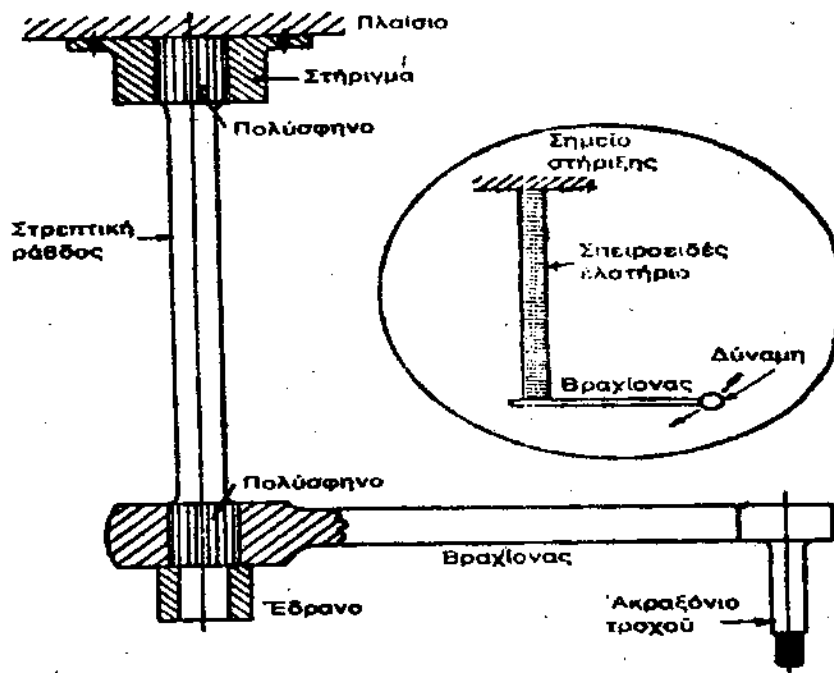
Σχήμα 18. Εγκάρσιο ελατήριο

3.3. Ανάρτηση με στρεπτική ράβδο

Η χρησιμοποίηση της ελαστικής παραμόρφωσης σε στρέψη μιας ράβδου από κατάλληλο χάλυβα ελατήριου σε συνδυασμό ή όχι με πλατιά ελατήρια έχει εφαρμοστεί εδώ και αρκετά χρόνια σε αυτοκίνητα αγώνων. Τώρα τελευταία όμως έχει επεκταθεί και σε επιβατικά αυτοκίνητα σειράς.

Η αρχή λειτουργίας της στρεπτικής ράβδου φαίνεται στο σχήμα 19. η στρεπτική ράβδος είναι μια μάλλον επιμήκης ράβδος κυκλικής διατομής από ειδικό χάλυβα ελατήριων που στα άκρα της έχει δυο πολύσφηνα ή εξάγωνα με τα οποία στηρίζεται με το ένα άκρο στο πλαίσιο ή στο αμάξωμα και στο άλλο άκρο προσαρμόζεται το ακραξόνιο του τροχού. Μέσα ή έξω από το πολύσφηνο του βραχίονα υπάρχει ένα έδρανο ελεύθερο σε στρέψη που παίρνει τις δυνάμεις που τείνουν να κάμψουν την στρεπτική ράβδο και έτσι η ράβδος καταπονείται μόνο σε στρέψη. Όλος αυτός ο σχηματισμός βρίσκεται στο οριζόντιο επίπεδο και έτσι κάθε κίνηση του τροχού προς τα επάνω ή προς τα κάτω μεταδίδεται σαν μια ροπή στρέψης η οποία όπως είναι φυσικό αντιδρά ανάλογα.

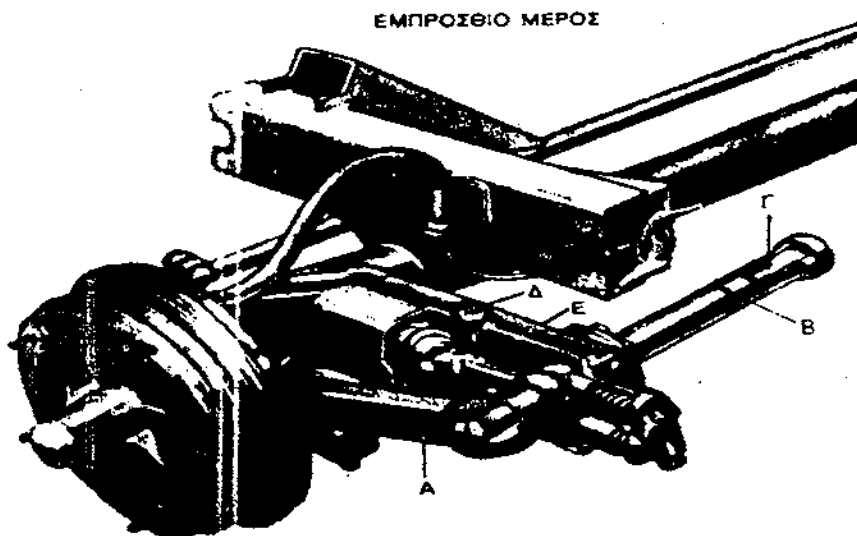
Η αντίδραση της στρεπτικής ράβδου είναι δυνατόν να παραλληλισθεί με την αντίδραση ενός σπειροειδούς ελατήριου (σχήμα 19) που το ένα άκρο του είναι σταθερό ενώ στο άλλο ασκείται στο κάθετο προς τον άξονα του επιπέδου μια ροπή που τείνει είτε να το ξετυλίξει είτε να το τυλίξει περισσότερο. Όταν ο τροχός συναντήσει μια ανωμαλία του εδάφους που τον αναγκάζει αν ανυψωθεί ή να χαμηλώσει ο βραχίονας του αναγκάζεται να διαγράψει ένα τόξο κύκλου αλλά επειδή είναι στερεωμένος στο άκρο της στρεπτικής ράβδου την αναγκάζει να συστραφεί κατά αντίστοιχη γωνία. Η ράβδος είναι υπολογισμένη έτσι ώστε η μεγαλύτερη δυνατή κατακόρυφη μετακίνηση του τροχού να μην της δημιουργεί γωνία συστροφής μεγαλύτερη από αυτή που μπορεί να πάρει χωρίς κίνδυνο μόνιμης παραμόρφωσης της και χωρίς κίνδυνο δημιουργίας γρήγορης κόπωσης του υλικού της. Έτσι η ράβδος δρα σαν ένα τέλειο ελατήριο στρέψης.



Όπως συμβαίνει και με τα πλατιά ημιελλειπτικά ελατήρια έτσι και με τις στρεπτικές ράβδους το βάρος του οχήματος δημιουργεί μια αρχική εντατική κατάσταση πάνω στην οποία προστίθονται ή αφαιρούνται οι ροπές από την κίνηση του τροχού. Σε πολλά συστήματα ανάρτησης με στρεπτική ράβδο υπάρχει σύστημα τροποποίησης της αρχικής αυτής φόρτισης για να μπορούν να δώσουν στη ράβδο όση αρχική φόρτιση χρειάζεται για μια καλή ανάρτηση.

Τα πλεονεκτήματα της ανάρτησης με στρεπτική ράβδο είναι βασικά το μικρό της βάρος και ο μικρός χώρος που καταλαμβάνουν τα κομμάτια της, δεν έχει κομμάτια που τρίβονται ή φθείρονται (εκτός από το εξωτερικό έδρανο) και μπορεί να τοποθετηθεί κατά μήκος ή εγκάρσια προς το πλαίσιο. Το μικρό της βάρος συντελεί στη μείωση του βάρους των μη αναρτημένων μαζών. Τα μειονεκτήματα της σε σχέση με τα ημιελλειπτικά ελατήρια είναι ότι δεν έχει καθόλου τριβές μεταξύ των μελών της και γι' αυτό στερείται ικανότητας απόσβεσης των ταλαντώσεων και έτσι έχει ανάγκη ειδικών αποσβεστήρων ταλαντώσεων για να μπορεί να αποκτήσει τον επιθυμητό για κάθε καλή ανάρτηση συνδυασμό ελαστικότητας και ικανότητας απόσβεσης η οποία πρέπει να είναι πολύ καλή ακόμα και για μικρές μετακινήσεις του τροχού. Τέλος το σύστημα της στρεπτικής ράβδου δεν μπορεί να πάρει τις δυνάμεις που δημιουργούνται από την

πέδηση και έτσι χρειάζονται ειδικοί βραχίονες για το σκοπό αυτό. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε μερικές περιπτώσεις αντί για στρεπτική ράβδο υπάρχει στρεπτικός σωλήνας ο οποίος για την ίδια αντοχή στρέψης είναι αρκετά ελαφρύτερος από τη ράβδο.



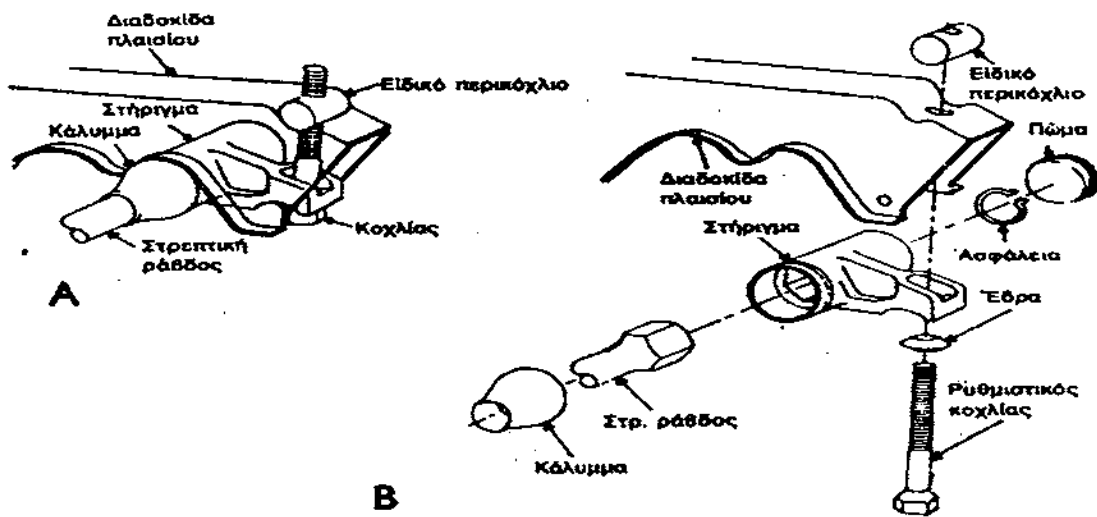
Σχήμα 20. Στρεπτική ράβδος σε αυτοκίνητο με εμπρόσθιο σύστημα
 Α) βραχίονας τροχού Β) εξωτερικός σωλήνας στρέψης Γ) εσωτερικός σωλήνας στρέψης
 Δ) σπειροειδές ελατήριο Ε) στέλεχος

Το παραπάνω σύστημα αποτελείται από δυο σωλήνες στρέψης και ο εσωτερικός (γ) φέρει στο άκρο του το βραχίονα στο άκρο του οποίου βρίσκεται το ακραξόνιο του τροχού. Ο εσωτερικός σωλήνας συνδέεται με τον εξωτερικό στο άλλο άκρο του και το ελεύθερο άκρο του εξωτερικού σωλήνα (β) στερεώνεται σε ειδικό βραχίονα του πλαισίου. Όταν ο βραχίονας του τροχού (α) ανεβοκατεβαίνει καταπονεί σε στρέψη τους δυο σωλήνες στρέψης που εργάζονται σαν να ήταν ένας, με μήκος το άθροισμα του μήκους των δυο και παίρνουν το μεγαλύτερο μέρος της κρούσης. Όταν το ανεβοκατέβασμα του τροχού είναι σχετικά μικρό, όπως όταν ο τροχός κινείται σε επίπεδο κατάστρωμα, η δύναμη που ασκεί ο βραχίονας πάνω στο στρεπτικό σωλήνα είναι μικρή και γι' αυτό

υπάρχει ένα σπειροειδές ελατήριο (δ) που μέσω ενός στελέχους (ϵ) υποβοηθά το βραχίονα να στρέψει το σωλήνα. Όταν η αιώρηση του τροχού είναι μεγάλη η δύναμη του ελατηρίου δεν γίνεται τόσο πολύ αισθητή στο σωλήνα στρέψης γιατί το στέλεχος του ελατηρίου πιέζει το σωλήνα έκκεντρα και όσο η γωνία συστροφής μεγαλώνει τόσο μειώνεται η επίδραση του ελατηρίου και έτσι ολόκληρο το σύστημα αυτό έχει μια ικανότητα βαθμιαίας προσαρμογής στις ανάγκες της ανάρτησης. Οι κατασκευαστές του ισχυρίζονται ότι το σύστημα αυτό δίνει μεγαλύτερη ευστάθεια και μειώνει τον εγκάρσιο κλυδωνισμό που έχουν πολλά ανεξάρτητα συστήματα ανάρτησης κατά τις στροφές.

Στο σχήμα 21α παρουσιάζεται το σύστημα ανάρτησης με ράβδους στρέψης οι οποίες είναι εγκάρσιες. Ο κατώτερος βραχίονας στήριξης του τροχού είναι ισχυρής κατασκευής, έχει διχαλωτό το άκρο του που στηρίζεται στο πλαίσιο και είναι σφηνωμένος κατευθείαν επάνω στο άκρο της στρεπτικής ράβδου ενώ ο επάνω βραχίονας είναι στερεωμένος στον αποσβεστήρα ταλαντώσεων.

Σύστημα ανάρτησης Chrysler με στρεπτική ράβδο : ορισμένοι τύποι αυτών των αυτοκινήτων είχαν στους εμπρόσθιους τροχούς ανεξάρτητη ανάρτηση με στρεπτικές ράβδους. Ο κατώτερος βραχίονας στήριξης του τροχού ήταν διχαλωτός. Στο εξωτερικό του άκρο συγκρατούσε το κάτω μέρος της βάσης του ακραξιόνιου και το διχαλωτό εσωτερικό του μέρος στηριζόταν στο πλαίσιο και ήταν σφηνωμένο στο άκρο της στρεπτικής ράβδου. Η στρεπτική ράβδος είχε κυκλική διατομή και κατέληγε σε εξάγωνα άκρα με τα οποία σφηνωνόταν τόσο στο βραχίονα του τροχού όσο και στο πλαίσιο (σχήμα 21β).



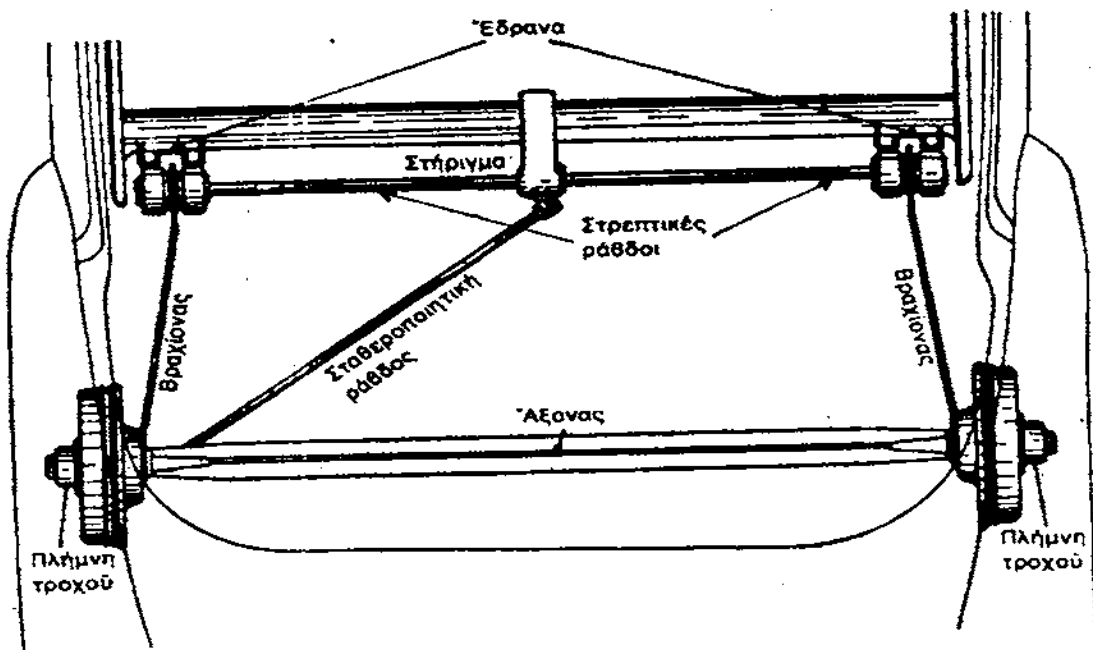
Σχήμα 21. Ανάρτηση με στρεπτική ράβδο

Η στήριξη της ράβδου στο πλαίσιο ήταν ρυθμιζόμενη και έδινε τη δυνατότητα της προέντασης της στρεπτικής ράβδου στα επιθυμητά από τον κατασκευαστή όρια. Η ρύθμιση γινόταν με έναν ειδικό κοχλία που έστρεφε το σύστημα της ράβδου πάνω στο πλαίσιο (σχήμα 22β) και μετριόταν το ύψος από το οριζόντιο έδαφος του εσωτερικού και εξωτερικού άκρου του κατώτερου βραχίονα συγκράτησης του τροχού. Ο κατασκευαστής στον πίνακα των τεχνικών δεδομένων του αυτοκίνητου έδινε τα κανονικά αυτά ύψη με τους τροχούς φουσκωμένους στην κανονική τους πίεση.

Σύστημα ανάρτησης της Citroen : το σύστημα ανάρτησης με στρεπτικές ράβδους της Citroen φαίνεται στο σχήμα 22 και χρησιμοποιείται για τους οπίσθιους τροχούς. Η διάταξη των στρεπτικών ράβδων είναι περίπου ανάλογη με του σχήματος 19. Ο οπίσθιος άξονας είναι ολόσωμος και φέρει μόνο το βάρος. Ο άξονας συνδέεται με τις στρεπτικές ράβδους με δυο βραχίονες καθένας από αυτούς και είναι δίπλα στην πλήμη του κάθε τροχού. Οι στρεπτικές ράβδοι στηρίζονται σταθερά στο μεσαίο στήριγμα τους και έχουν έδρανα στα άκρα τους για να παίρνουν τις καμπτικές δυνάμεις. Στο μεσαίο στήριγμα υπάρχει σύστημα ρύθμισης της προέντασης των ράβδων με τρόπο ώστε να ρυθμίζεται το ελεύθερο ύψος του αμαξώματος από το οριζόντιο έδαφος. Μεταξύ του άξονα και του

μεσαίου στηρίγματος υπάρχει μια σταθεροποιητική ράβδος που κρατά τον άξονα στη θέση του σε σχέση με το πλαίσιο. Μεταξύ του πλαισίου και των αξόνων υπάρχουν αποσβεστήρες ταλαντώσεων και εμπρός και πίσω.

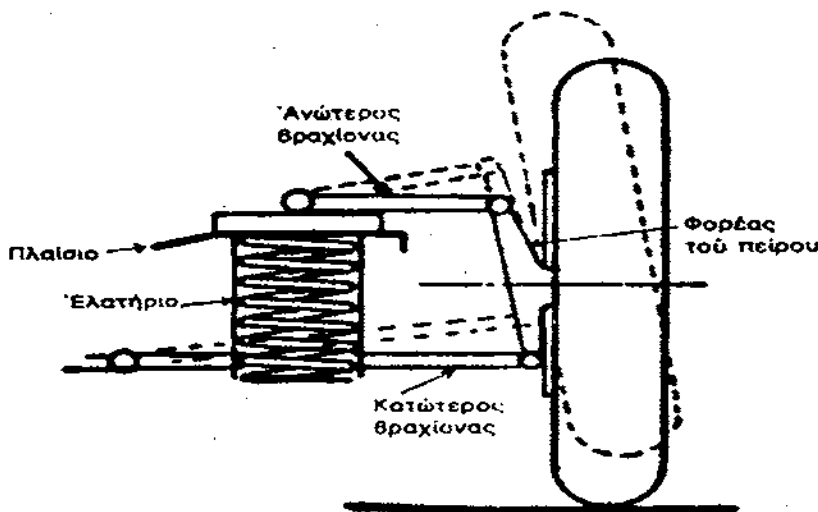
Στους εμπρόσθιους τροχούς η ανάρτηση γίνεται πάλι με ράβδους στρέψης, αλλά είναι τοποθετημένες κατά μήκος του πλαισίου και όχι εγκάρσια όπως είναι πίσω, όπου βρίσκονται πολύ κοντά στις δοκίδες του πλαισίου και είναι ακυρωμένες σε ειδικά στηρίγματα. Η ακύρωση των ράβδων γίνεται με πολύσφηνα με πολύ μεγάλη ακρίβεια κατεργασίας γιατί κάθε ελεύθερη κίνηση στην ακύρωση της ράβδου όσο μικρή και αν είναι μεταδίδεται μεγαλωμένη στους τροχούς και δημιουργεί θόρυβο.



Σχήμα 22. Οπίσθια ανάρτηση με στρεπτική ράβδο

3.4. Ανάρτηση με βραχίονες

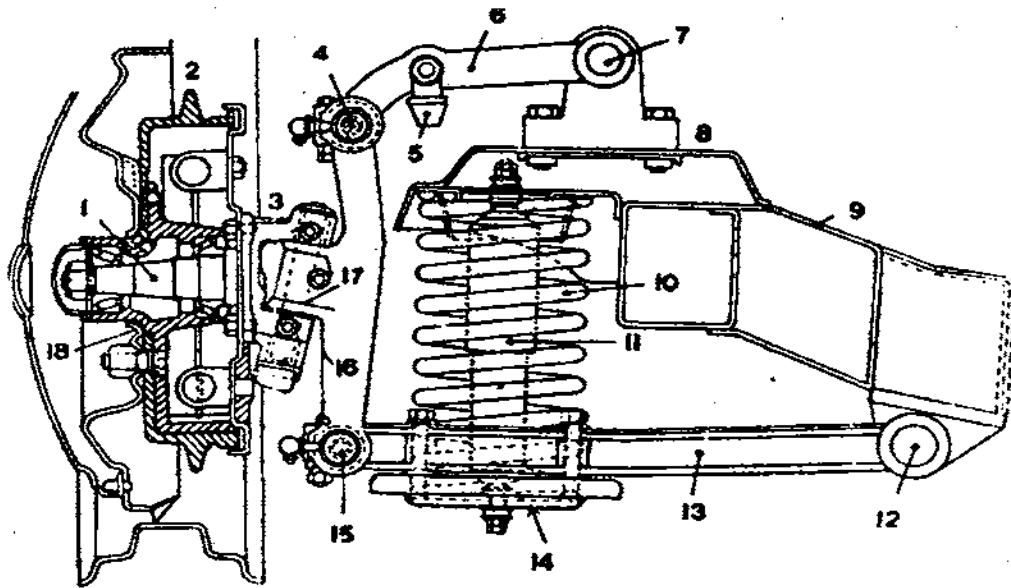
Η ανάρτηση με βραχίονες χρησιμοποιείται σε πολλούς τύπους αυτοκινήτων και αποτελείται από ένα ζεύγος βραχιόνων (σχήμα 23) που αρθρώνονται από το ένα άκρο τους στο πλαίσιο και από το άλλο στο φορέα του πείρου του τροχού που συνδέεται με τη βάση του ακραξονίου με το λοξό πείρο. Η ελαστικότητα της ανάρτησης αυτής εξασφαλίζεται από ένα σπειροειδές ελατήριο αρκετά μεγάλης διαμέτρου σπείρας κατασκευασμένο από μια ράβδο από χάλυβα ελατήριων και στηριγμένο ανάμεσα σε ένα ειδικό πλάτυσμα του πλαισίου ή του αμαξώματος και του ενός από τους βραχίονες. Όταν ο τροχός κινείται προς τα επάνω το ελατήριο συμπιέζεται μεταξύ του πλαισίου και του κάτω βραχίονα και αντιδρά ελαστικά.



Σχήμα 23. Αρχή λειτουργίας ανεξάρτητης ανάρτησης

Οι δυο βραχίονες δεν έχουν το ίδιο μήκος αλλά ο ανώτερος είναι βραδύτερος έτσι ώστε όταν ο τροχός ανυψώνεται διαγράφει μια ανοιχτή καμπύλη όπως φαίνεται με τις κομμένες γραμμές στο σχήμα. Με αυτόν τον τρόπο το σημείο επαφής τροχού-εδάφους μένει στην ίδια κατακόρυφο και δεν παρουσιάζεται αλλαγή της απόστασης μεταξύ των δυο τροχών και δεν προκαλείται τριβή του τροχού στο έδαφος που θα είχε σαν αποτέλεσμα μεγάλη φθορά στα επίστρωτα.

Τα αυτοκίνητα της Β.Μ.Σ χρησιμοποιούν ανάρτηση με βραχίονες με ένα μεγάλο σπειροειδές ελατήριο συμπίεσης που παίρνει τις κρούσεις που υφίσταται ο τροχός από τις ανωμαλίες του εδάφους. Στον άξονα των σπείρων του ελατηρίου είναι τοποθετημένος ο αποσβεστήρας των ταλαντώσεων (σχήμα 24).

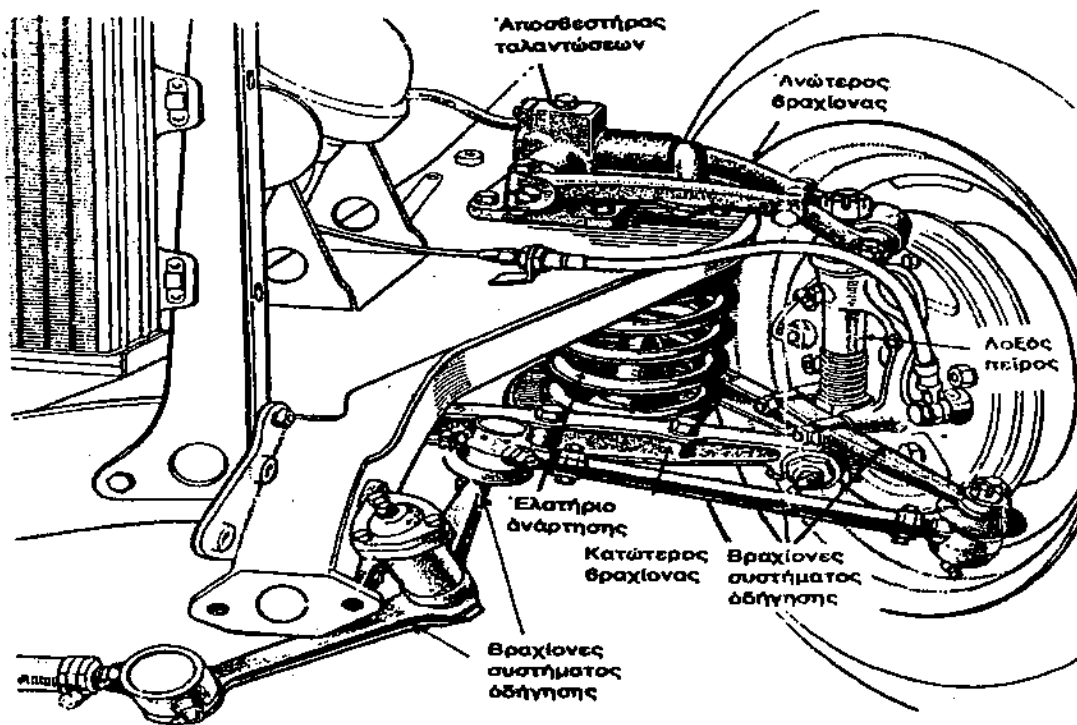


Σχήμα 24. Τυπική ανεξάρτητη ανάρτηση εμπρόσθιων τροχών

- 1) χνός ακραξονίου 2) τύμπανο πέδης 3) βάση ακραξονίου 4) άρθρωση 5) αναστολέας
- 6) ανώτερος βραχίονας 7) άρθρωση 8) πλάτυσμα πλαισίου 9) διαδοκίδα πλαισίου
- 10) ελατήριο ανάρτησης 11) αποσβεστήρας ταλαντώσεων 12) άρθρωση 13) κατώτερος βραχίονας
- 14) βάση ελατηρίου 15) άρθρωση 16) φορέας του πείρου 17) λοξός πείρος τροχού 18) πλήμνη τροχού

Στο (σχήμα 25) παρουσιάζεται το σύστημα ανάρτησης Austin και Morris. Στο σύστημα αυτό οι δυο βραχίονες είναι διχαλωτοί και μεταξύ του κάθε βραχίονα και του πλατύσματος του πλαισίου παρεμβαίνει το ελατήριο το οποίο στηρίζεται στον κάτω βραχίονα με μια βάση που είναι στερεωμένη με τέσσερις κοχλίες. Ο επάνω βραχίονας στηρίζεται στο πλαίσιο μέσω ενός υδραυλικού αποσβεστήρα ταλαντώσεων διπλής ενέργειας ο οποίος στερεώνεται στο πλαίσιο με τέσσερις κοχλίες. Τα δυο σκέλη του διχαλωτού βραχίονα αποτελούν και το μοχλό δράσης του αποσβεστήρα. Το ελεύθερο άκρο του βραχίονα στερεώνεται

κατευθείαν πάνω στο λοξό πείρο του τροχού μέσω ενός συνδέσμου με άρθρωση που επιτρέπει γωνιακή μετακίνηση για να μπορεί να ανεβοκατεβαίνει ο τροχός. Κατά τον ίδιο τρόπο στηρίζεται ο λοξός πείρος και στον κάτω διχαλωτό βραχίονα. Εδώ όπως βλέπουμε δεν υπάρχει φορέας του λοξού πείρου γύρω από τον οποίο στρέφεται ο τροχός κατά την οδήγηση αλλά ο πείρος αυτός αρθρώνεται κατευθείαν στους βραχίονες.



Σχήμα 25. Εμπρόσθια ανεξάρτητη ανάρτηση

Γενικά τα συστήματα ανεξάρτητης ανάρτησης είναι πιο πολύπλοκα από τα ανάρτησης του ολόσωμου άξονα και απαιτούν πολύ περισσότερα κομμάτια με αρθρώσεις οι οποίες φθείρονται και έχουν ανάγκη από παρακολούθηση και συντήρηση. Η εισαγωγή όμως τριβέων στις αρθρώσεις αυτές μείωσε σημαντικά την ανάγκη συντήρησης του συστήματος. Καθώς το σύστημα οδήγησης καταλήγει στο ίδιο σημείο με τους βραχίονες του συστήματος ανάρτησης είναι φυσικό τα δυο αυτά συστήματα να αλληλοεπηρεάζονται και έτσι κάθε

χαλαρότητα στις αρθρώσεις του συστήματος ανάρτησης εμφανίζεται σαν κλονίσει στους εμπρόσθιους τροχούς και αντίστροφα κάθε κλονίσει των τροχών που οφείλεται σε κακή ζυγοστάθμιση τους επιδρά και καταπονεί τις αρθρώσεις του συστήματος ανάρτησης. Ανεξάρτητα όμως από όλα αυτά ένα καλοσχεδιασμένο σύστημα δίνει πολύ καλύτερα αποτελέσματα από τα περισσότερα συστήματα με ολόσωμο άξονα.

4.1. ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΑ

Τα σπειροειδή ελατήρια χρησιμοποιούνται όχι μόνο στα εμπρόσθια συστήματα ανεξάρτητης ανάρτησης αλλά όλο και περισσότερο σε οπίσθια συστήματα ανεξάρτητης ανάρτησης. Το πόσο της ελαστικής παραμόρφωσης ενός σπειροειδούς ελατήριου σταθερού βήματος είναι ανάλογο προς την αξονική δύναμη (φορτίο) που το καταπονεί. Η ανά μονάδα φορτίου παραμόρφωση πέρα βέβαια από το είδος και την κατεργασία του υλικού και από την κατεργασία της ράβδου από την οποία είναι κατασκευασμένο το ελατήριο και από την διάμετρο της σπείρας και είναι μεγαλύτερη για μικρής διαμέτρου σπείρες παρά για μεγάλης.

Συνήθως τα σπειροειδή ελατήρια κατασκευάζονται για να μπορούν να πάρουν μεγαλύτερες ελαστικές παραμορφώσεις από τα ημιελλειπτικά και να έχουν φυσική συχνότητα ταλαντώσεων μεγαλύτερη από αυτά. Οι συνηθισμένες φυσικές συχνότητες ταλαντώσεων στα σπειροειδή ελατήρια είναι 50 έως 70 το λεπτό με εύρος από 125 έως 250 mm.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει τα σπειροειδή ελατήρια δεν έχουν την ικανότητα απόσβεσης των ταλαντώσεων τους όπως έχουν τα ημιελλειπτικά ελατήρια, εξαιτίας των τριβών μεταξύ των φύλλων τους, γι' αυτό πρέπει να συμπληρώνονται με κατάλληλους αποσβεστήρες ταλαντώσεων οι οποίοι απορροφούν και αποσβένουν τις ταλαντώσεις του ελατήριου. Επίσης στις αναρτήσεις με σπειροειδή ελατήρια προστίθενται μέλη που εξασφαλίζουν τη σχετική θέση των

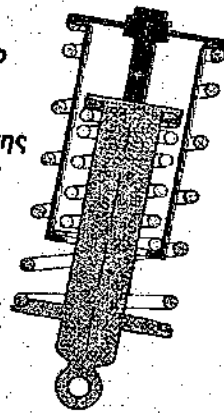
τροχών ως προς το αμάξωμα. Τα μέλη αυτά είναι συνήθως διχαλωτοί βραχίονες, ράβδοι έλξης (ντίτζες) και αλλά.

Τα σπειροειδή ελατήρια κατασκευάζονται από ράβδους από ειδικό χάλυβα ελατήριων οι οποίες είναι τέλεια λειασμένες στην εξωτερική τους επιφάνεια και μετά τη διαμόρφωση τους υφίστανται αμμοβολή με πεπιεσμένο αέρα για να καθαριστούν από οποιαδήποτε μικρορωγμή η οποία κατά τη λειτουργία γίνεται έδρα συμπλήρωσης των τάσεων και μείωση της αντοχής του ελατηρίου στην κόπωση από το εναλλασσόμενο φορτίο.

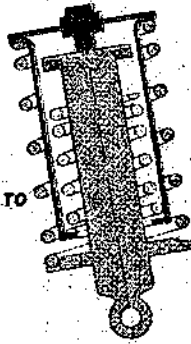
4.2. Αναρτήσεις διπλών ελατηρίων : Εκτός από τις αναρτήσεις των σπειροειδών ελατηρίων υπάρχουν και αυτές των διπλών ελατηρίων των οποίων το μυστικό τους έγκειται στη χρησιμοποίηση ελαστικών μέσων με δύο ξεχωριστές και αντίθετες σκληρότητες. Όταν ένα αυτοκίνητο βρίσκεται σε θέση ηρεμίας σε κάθε ελατήριό του ασκείται βάρος περίπου 300 κιλών που το συμπιέζει κατά 90 περίπου χλστ. Αυτή θεωρείται και ως η θέση ισορροπίας των ελατηρίων. Όταν ένα αυτοκίνητο διαγράφει μια στροφή η φυγόκεντρος δύναμη μεταφέρει ένα φορτίο της τάξης περίπου 100 κιλών από τον εσωτερικό στον εξωτερικό τροχό κάθε άξονα. Σε μια συμβατική ανάρτηση το ελατήριο του εσωτερικού τροχού λόγω του πρόσθετου βάρους συμπιέζεται κατά 30 χλστ. χαμηλώνοντας αντίστοιχα το αμάξωμα στο σημείο εκείνο, ενώ αυτό του εξωτερικού τροχού επιμηκύνεται κατά 30 χλστ., με αποτέλεσμα την αντίστοιχη ανύψωση του αμαξώματος στο σημείο εκείνο. Για την αποτροπή αυτού του φαινομένου έχουμε την προσθήκη ενός ακόμα ελατηρίου μεγαλύτερης σκληρότητας , που αντιτίθεται στην τάση του πρώτου ελατηρίου να επιμηκυνθεί , περιορίζοντάς το έτσι στη θέση ισορροπίας. Το ίδιο συμβαίνει επίσης και στις φάσεις επιβράδυνσης και επιτάχυνσης.

Από κάτω εικονίζεται το σχήμα λειτουργίας μιας τέτοιας ανάρτησης.

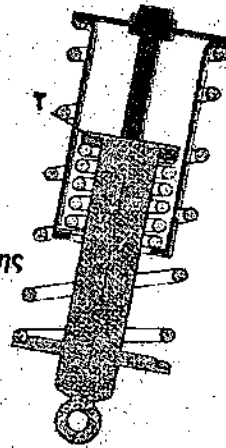
1) Σε θέση ισορροπίας το ελατήριο υποστήριξης (πράσινο) είναι συμπιεσμένο, τη στιγμή που το 2ο μικρό εσωτερικό ελατήριο αντίδρασης (κόκκινο) που περιβάλλεται από το αμορτισέρ και είναι 3 φορές σκληρότερο, ηρεμεί.



2) Σε φάση συμπίεσης και πάλι δουλεύει μονάχα το ελατήριο υποστήριξης με το ελατήριο αντίδρασης να ηρεμεί.

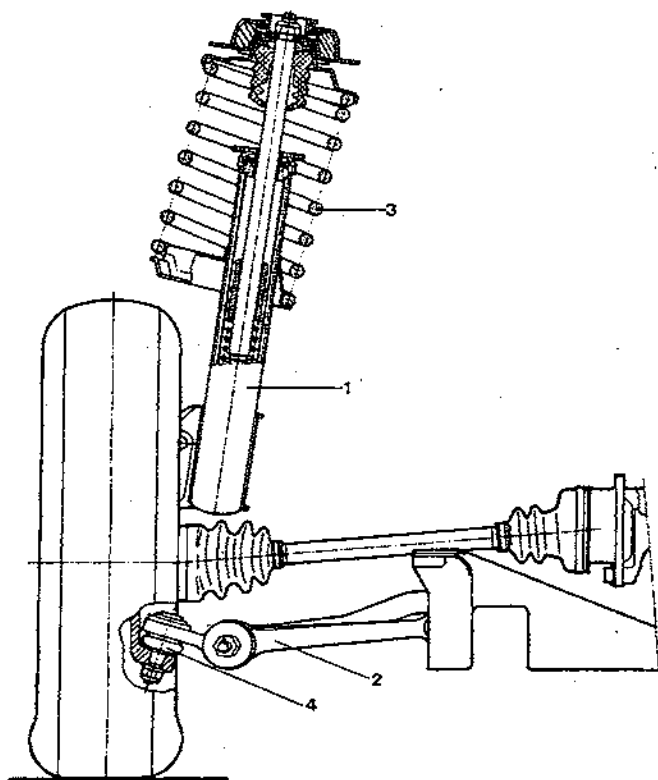


3) Σε φάση επιμήκυνσης, ωστόσο, δηλαδή όταν το ελατήριο υποστήριξης ανερχόμενο φτάνει τη θέση ισορροπίας, το εσωτερικό ελατήριο αρχίζει και συμπιέζεται. Η δύναμη που ασκεί στο αμορτισέρ, μάλιστα, εξομαλύνεται από τον ελαστικό δακτύλιο ("ταμπόν") T.

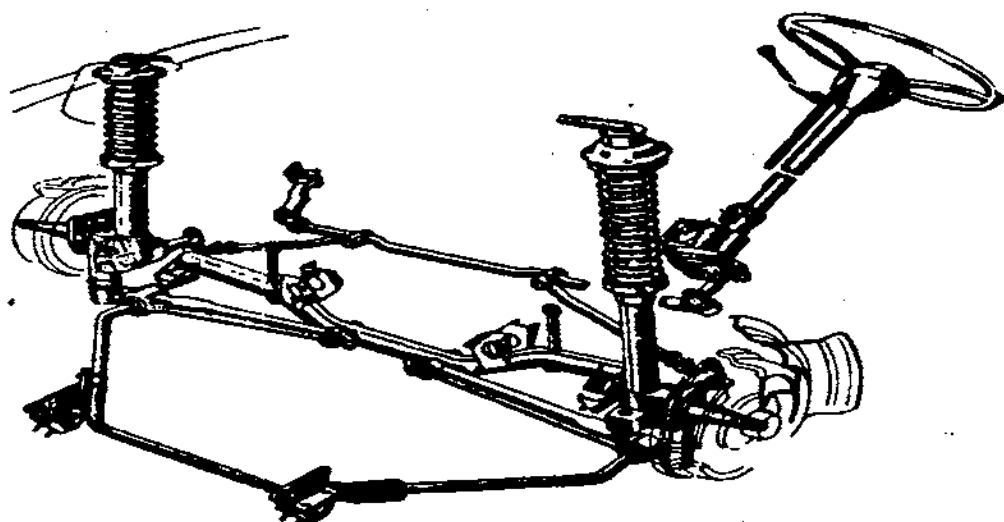


4.3. Ανάρτηση Macpherson : Σε αυτήν την ανάρτηση οι διχαλωτοί βραχίονες έχουν αντικατασταθεί με ένα πλευρικό βραχίονα και από ένα σχετικά μακρύ κατακόρυφο σπειροειδές ελατήριο κατά τον άξονα του οποίου βρίσκεται τοποθετημένος ένας υδραυλικός αποσβεστήρας ταλαντώσεων (σχήματα 26,27). Υπάρχει επίσης μια αντικλυδωνιστική (σταθεροποιητική) ράβδος που παίζει κατά κάποιο τρόπο το ρόλο του κάτω διχαλωτού βραχίονα. Το ακραζόνιο με τον τροχό και την πλάκα της πέδης σχηματίζουν ένα ολόσωμο κομμάτι με το κάτω μέρος της βάσης του αποσβεστήρα του οποίου το σωληνωτό κέλυφος αποτελεί και τον λοξό πείρο οδήγησης του τροχού. Σε αυτό το είδος ανάρτησης συναντάμε ένα τηλεσκοπικό "γόνατο" υπό κλίση, που ενσωματώνει ένα αποσβεστήρα και συνδέεται με εύκαμπτη άρθρωση στο επάνω άκρο του και με βραχίονα στο κάτω άκρο του. Συχνά στην άκρη του γονάτου συνδέεται τριγωνικό ψαλίδι που παραλαμβάνει ικανοποιητικά τις δυνάμεις και ροπές επιτάχυνσης και επιβράδυνσης και διευθετεί τις κινήσεις της ανάρτησης κατά τέτοιο τρόπο ώστε

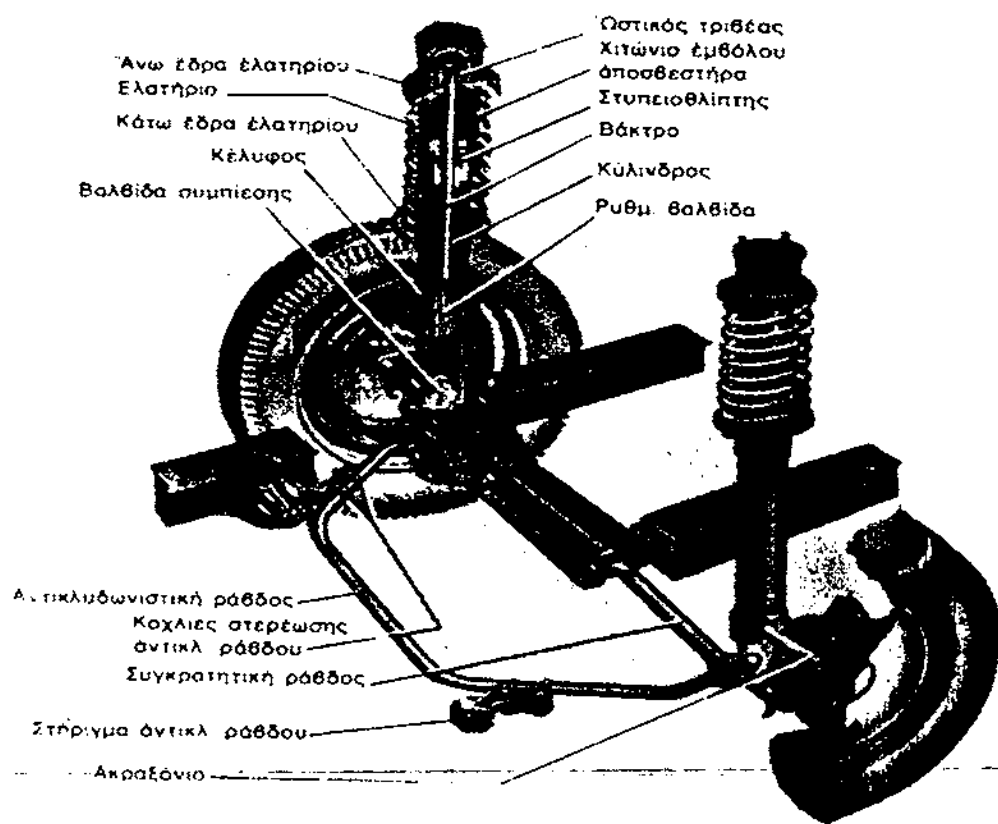
να μη μεταβάλλεται η θέση του τροχού κατά τον διαμήκη άξονα. Στην περίπτωση που αντί για τριγωνικό ψαλίδι τοποθετείται μονός βραχίονας προκύπτει ανάγκη για ύπαρξη αντιστρεπτικής δοκού. Προκειμένου να μην μεταδίδονται στο αμάξωμα μεγάλες κρουστικές δυνάμεις και δυσάρεστοι θόρυβοι, το γόνατο συνδέεται στο αμάξωμα του αυτοκινήτου με σύνδεσμο από καουτσούκ που έχει κάποιο βαθμό ενδοτικότητας. Το αμάξωμα του αυτοκινήτου στο σημείο που συνδέεται η πάνω άκρη του γονάτου πρέπει να είναι πάντα ενισχυμένο. Η ανάρτηση αυτή είναι πολύ αποτελεσματική και προκαλεί μικρούς κλυδωνισμούς και καλή απόσβεση ταλαντώσεων.



(1) ενσωματωμένο αμορτισέρ, (2) εγκάρσιος βραχίονας που ορίζει τη θέση του τροχού και αντιστέκεται στις δυνάμεις επιβράδυνσης, (3) ελικοειδές ελατήριο, (4) σύνδεση του βραχίονα με την πλήμη του τροχού

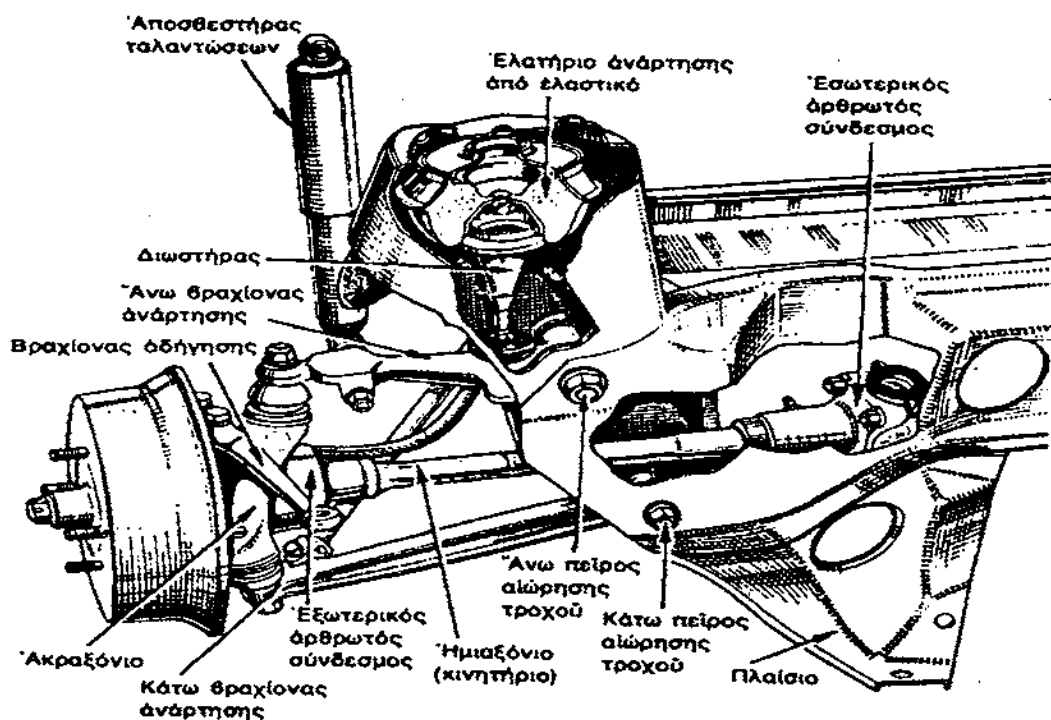


Σχήμα 26. Σύστημα ανάρτησης MacPherson



Σχήμα 27. Εμπρόσθια ανάρτηση

Το όλο σύστημα που φαίνεται στο (σχήμα 28) αντιστοιχεί σε μια ανάρτηση με ένα πλατύ διχαλωτό βραχίονα κάτω και έναν απλό βραχύ βραχίονα επάνω ο οποίος φέρει και το κάτω σημείο στήριξης του αποσβεστήρα ταλαντώσεων και του ελατήριου ανάρτησης το οποίο εδώ είναι από ελαστικό.



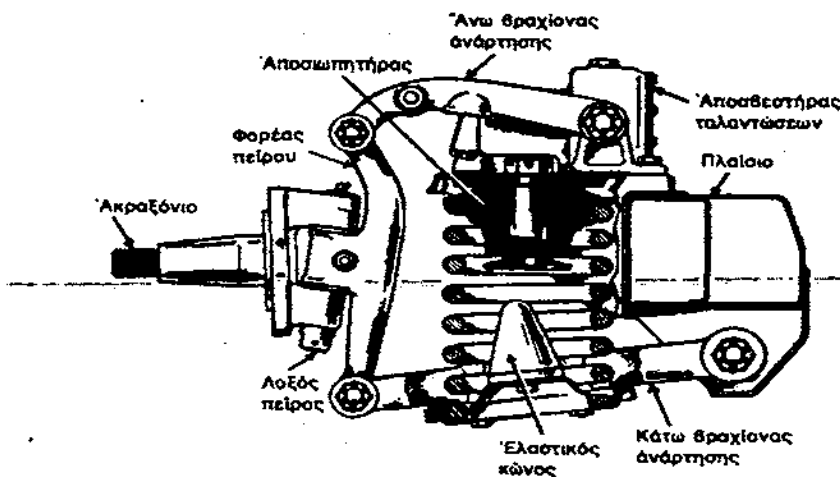
Σχήμα 28. Εμπρόσθια ανάρτηση της B.M.C

4.4. Ελατήρια ανάρτησης από ελαστικό : Το ελατήριο από ελαστικό τύπου Moulton που φαίνεται σε τομή (σχήμα 28) αποτελείται από ένα μεταλλικό κωνικό κομμάτι που συνδέεται μέσω του συνδέσμου του με τον ανώτερο βραχίονα ανάρτησης και ένα μεγαλύτερο επίσης κωνικό μεταλλικό κομμάτι που συνδέεται με το αμάξωμα. Όταν ο ανώτερος βραχίονας κινείται προς τα επάνω από μια ανωμαλία του δρόμου το μικρό κωνικό κομμάτι πιέζεται από τον σύνδεσμο του και πιέζει σαν άφηντα το ελαστικό που αποτελεί το σώμα του ελατήριου. Με την κατάλληλη επιλογή του σχήματος του κωνικού αυτού κομματιού είναι δυνατή η τροποποίηση της συμπεριφοράς του ελατήριου μέχρι

σχέση περίπου 2 : 1 . Η ικανότητα τροποποίησης της αντίδρασης του ελατήριου και απόσβεσης των ταλαντώσεων που έχει από τη φύση του το ελαστικό δημιουργεί μια προσθετή ικανότητα απορρόφησης των κραδασμών.

Οι αποσβεστήρες ταλαντώσεων που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα ελατήρια αυτά έχουν αντίστροφα χαρακτηριστικά από τους συνηθισμένους αποσβεστήρες. Δίνουν δηλαδή μια σχετικά βραδεία αύξηση της αντίστασης τους με την αύξηση της ταχύτητας κίνησης και μια πολύ μεγαλύτερη αύξηση σε περίπτωση ισχυρής αναπήδησης έτσι ώστε να υπάρχει μια ομαλή ανταπόκριση στις κανονικές συνθήκες πορείας και ταχείας αύξησης της αντίδρασης του αποσβεστήρα κάτω από βαριές καταστάσεις φόρτισης. Το βάρος του ελαστικού που χρησιμοποιείται στο εμπρόσθιο σύστημα ανάρτησης των αυτοκινήτων αυτών είναι μόλις 1160kg και όμως φέρει το 60% του συνολικού φορτίου του αυτοκινήτου το οποίο είναι 815kg δηλαδή περίπου 500kg.

4.5. Συστήματα για τη μείωση του θορύβου : Μερικά συστήματα ανεξάρτητης ανάρτησης με βραχίονες και σπειροειδή ελατήρια παρουσιάζουν μια τάση δημιουργίας ενός χαρακτηριστικού θορύβου που προκαλείται από τη συσπείρωση του ελατήριου και μεταδίδεται στο αμάξωμα από την επαφή του με τη βάση του. Για την εξάλειψη ή τουλάχιστον τη μείωση αυτού του θορύβου στα σημεία επαφής του ελατήριου με το αμάξωμα παρεμβάλλεται ένας αποσιωπητήρας από μέταλλο και ελαστικό (σχήμα 29).

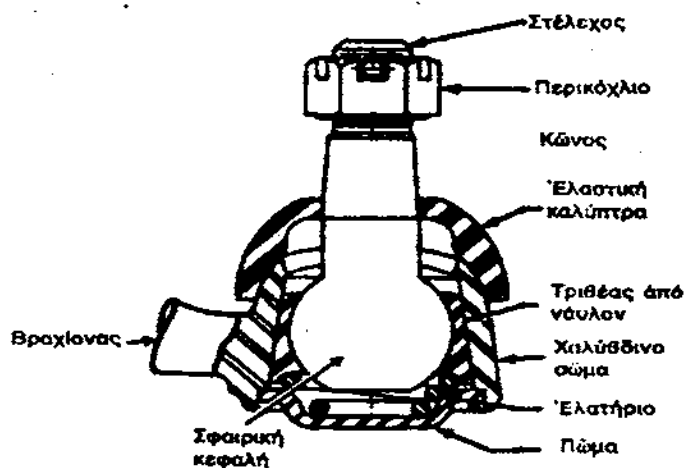


Σχήμα 29. Σύστημα περιορισμού του θορύβου

5

ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΕΙΔΗ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΣ

5.1. Τριβείς χωρίς λίπανση : Τα συστήματα ανεξάρτητης ανάρτησης και τα συστήματα οδήγησης έχουν έναν μεγάλο αριθμό αρθρώσεων οι οποίες είναι εφοδιασμένες με τριβείς που απαιτούσαν λίπανση ανά 3000 έως 5000 km. Οι τριβείς αυτοί ανάλογα με τον τύπο του αυτοκίνητου ήταν από 10 έως 16 και η λίπανση τους απαιτούσε χρόνο αλλά και ειδικά εργαλεία. Για να απαλλαγούν οι οδηγοί από την ενόχληση αυτή τα σημερινά αυτοκίνητα έχουν στις αρθρώσεις ως επί το πλείστον σφαιρικούς συνδέσμους που είναι γεμάτοι λίπος και σφραγισμένοι και απαιτούν λίπανση περίπου κάθε 50000 km. Οι σφαιρικοί σύνδεσμοι που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ανάρτησης και οδήγησης είναι εξειδικευμένες κατασκευές που έχουν τριβείς από ναύλο από ειδικά λιπαντικά για τριβή μεταξύ χάλυβα και ναύλο και έχουν καλύπτρες από ελαστικό για να απαγορεύουν την είσοδο σκόνης στα σημεία τριβής. Το ναύλο (πολυαμίδη) είναι ελαφρύ, έχει χαμηλό συντελεστή τριβής με το χάλυβα και μεγάλη αντοχή στη φθορά.



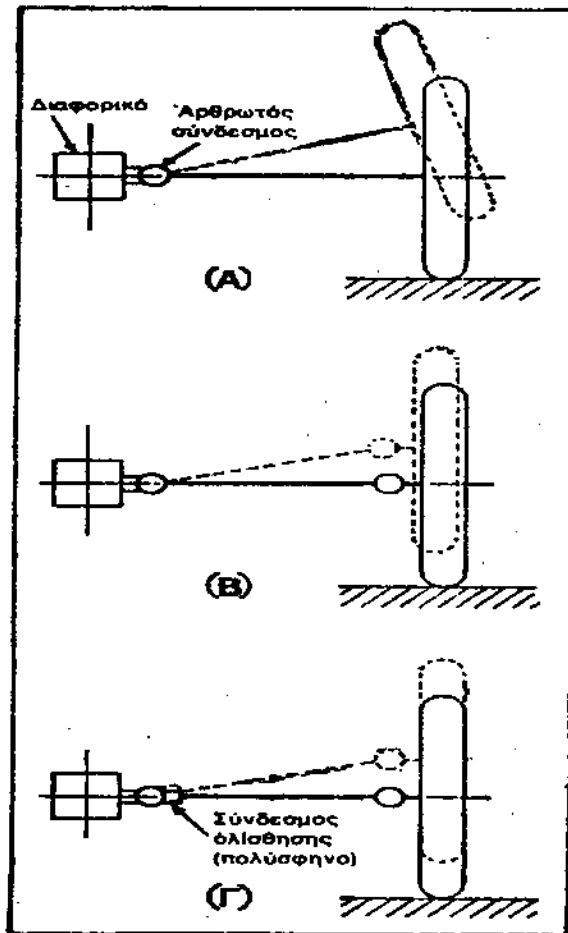
Σχήμα 30. Κλειστός αρθρωτός σύνδεσμος

Ο σφαιρικός σύνδεσμος (σχήμα 30) αποτελείται από ένα στέλεχος που καταλήγει στην σφαιρική κεφαλή. Το στέλεχος στον κορμό του σχηματίζει έναν κώνο πάνω στον οποίο συνδέεται ο ένας από τους βραχίονες που αποτελούν τη σφαιρική άρθρωση. Ο άλλος βραχίονας καταλήγει μέσα σε μια εγκάθιση μέσα στην οποία έρχεται η σφαιρική κεφαλή και περιβάλλεται από έναν τριβέα από ναύλο. Ο τριβέας κρατιέται στη θέση του με ένα ελατήριο και στην εγκάθιση του τριβέα υπάρχει μια καλύπτρα από συνθετικό ελαστικό. Ο χώρος γύρω από τη σφαιρική κεφαλή και τον τριβέα γεμίζεται με ένα ειδικό λίπος. Τέτοιοι σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται σε όλες τις αρθρώσεις της ανάρτησης και της οδήγησης και δεν χρειάζεται καμία φροντίδα τουλάχιστον για 50000 km.

5.2. Οπίσθια ανεξάρτητη ανάρτηση : Τα πλεονεκτήματα της ανεξάρτητης ανάρτησης στους εμπρόσθιους τροχούς ήταν τόσο φανερά και έτσι εκτοπίστηκαν ολοκληρωτικά οι ολόσωμοι άξονες από τους εμπρόσθιους τροχούς. Οι κατασκευαστές αναζήτησαν τρόπους για ανεξάρτητη ανάρτηση και των πίσω τροχών γιατί ήταν γνωστό ότι το ιδανικό σύστημα ανάρτησης πρέπει να έχει ανεξάρτητους όλους τους τροχούς. Η εφαρμογή της ανεξάρτητης ανάρτησης των τροχών του οπίσθιου άξονα παρουσίασε στην αρχή κάποιες δυσκολίες γιατί οι οπίσθιοι άξονες ήταν και κινητήριοι και έπρεπε να βρεθεί τρόπος να μεταδίδεται η κίνηση στους τροχούς κάτω από μια συνεχή μεταβολή της θέσης τους ως προς

τον άξονα. Το πρόβλημα αυτό υπήρχε και σε οξύτερη μάλιστα μορφή και στους εμπρόσθιους άξονες όταν αυτοί ήταν και κινητήριοι λόγω της ύπαρξης των αρθρώσεων του συστήματος οδήγησης.

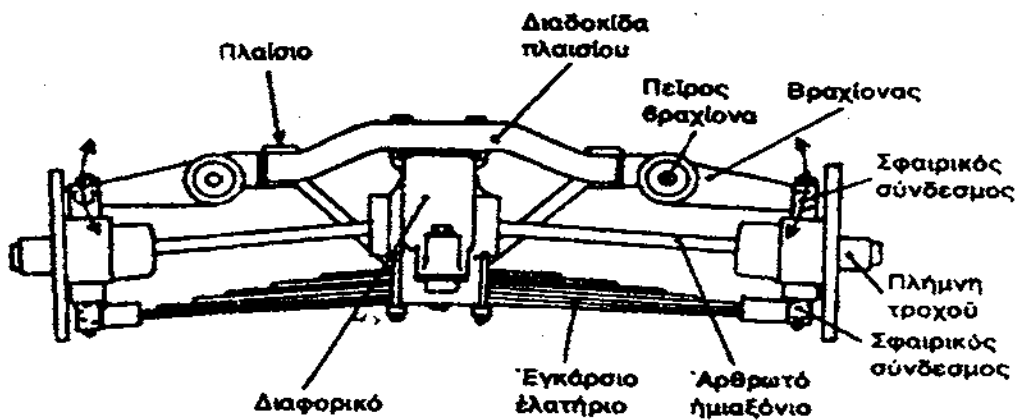
Από την οικονομική πλευρά οι κινητήριοι άξονες με ανεξάρτητη ανάρτηση είναι πολύ πιο δαπανηροί τόσο στην κατασκευή τους όσο και στην μετέπειτα συντήρηση λόγω των πολύπλοκων μηχανισμών που έχουν και του αυξημένου αριθμού εδράνων και τριβέων που απαιτούν. Από άποψη κατασκευής υπάρχουν πολλές εναλλακτικές λύσεις του προβλήματος. Η πιο συνηθισμένη όμως είναι η μετάδοση της κίνησης σε κάθε τροχό είτε με ανεξάρτητη για κάθε τροχό άτρακτο είτε με μια άτρακτο και με αρθρωτά ημιαξόνια για κάθε τροχό (σχήμα 31). Το διαφορετικό είναι σταθερά στερεωμένο στο πλαίσιο ή το αμάξωμα και από αυτό η κίνηση πηγαίνει στους τροχούς με ημιαξόνια τα οποία έχουν αρθρωτούς συνδέσμους.



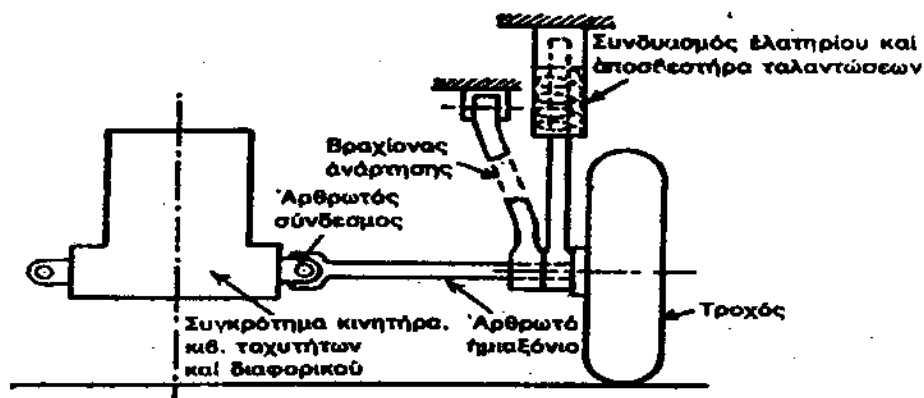
Σχήμα 31. Τρόποι μετάδοσης κίνησης σε αρθρωτούς οπίσθιους τροχούς

Το (σχήμα 31) παρουσιάζει τρεις περιπτώσεις που αμέσως μετά την έξοδο του ημιαξονίου από το διαφορικό υπάρχει ένας αρθρωτός σύνδεσμος. Στην εικόνα (α) δεν υπάρχει άλλος αρθρωτός σύνδεσμος και έτσι ο τροχός διαγράφει τόξο κύκλου με κέντρο το κέντρο του αρθρωτού συνδέσμου. Στην εικόνα (β) κοντά στον τροχό υπάρχει και ένας δεύτερος αρθρωτός σύνδεσμος και έτσι ο τροχός μπορεί να κινηθεί παράλληλα αλλά αναγκάζεται από το σταθερό μήκος του ημιαξονίου να πάρει μια πλευρική μετακίνηση προς τα μέσα και δημιουργεί μια ανεπιθύμητη τριβή-στα-επίστρωτα. Στην εικόνα (γ) αμέσως μετά τον αρθρωτό σύνδεσμο που είναι κοντά στο διαφορικό υπάρχει και ένας σύνδεσμος ολίσθησης που επιτρέπει τη μεταβολή του ημιαξονίου και έτσι ο τροχός μπορεί να κινείται ελεύθερα στην ίδια κατακόρυφο.

Ένας τρόπος για την επίτευξη μιας μετακίνησης του τροχού που πλησιάζει πολύ την κατακόρυφη φαίνεται στο σχήμα 32. Εδώ υπάρχει ένα εγκάρσιο ημιελλειπτικό ελατήριο και δυο βραχείς βραχίονες πάνω από το ελατήριο συνδυασμένα με αποσβεστήρες ταλαντώσεων. Τα αρθρωτά ημιαξόνια έχουν ανά δυο αρθρωτούς συνδέσμους και ένα σύνδεσμο ολίσθησης.



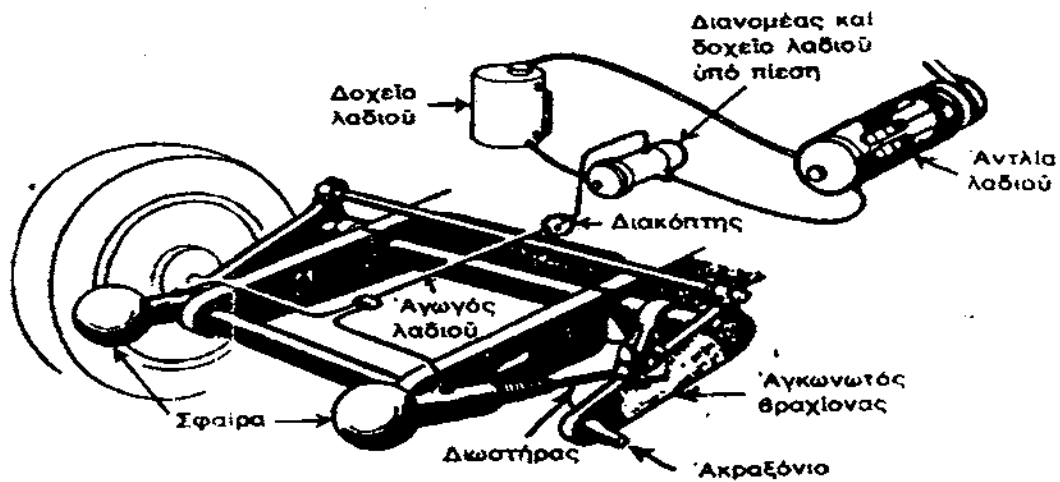
Σχήμα 32. Σύστημα ανάρτησης οπίσθιων κινητήριων τροχών



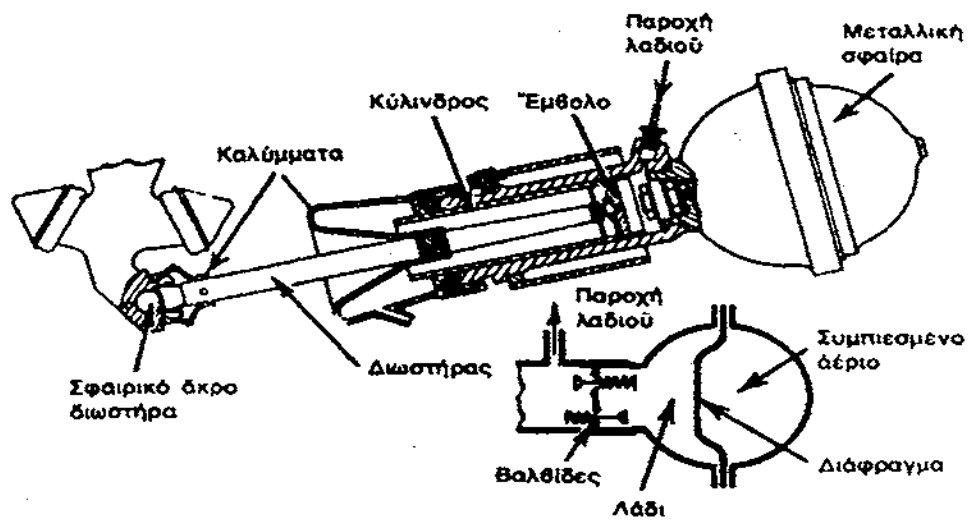
Σχήμα 33. Οπίσθια ανεξάρτητη ανάρτηση

5.3. Υδροπνευματική ανάρτηση Citroen : Το σύστημα αυτό είναι μια από τις χαρακτηριστικότερες εκτροπές από τα συνηθισμένα συστήματα ανάρτησης. Αν και είναι πολυσύνθετο και κατά συνέπεια πιο δαπανηρό έχει αποδειχθεί ότι έχει μερικά χαρακτηριστικά υψηλής απόδοσης και άνεσης και μια ανεξαρτησία από κλυδωνισμούς που το κάνουν να αξίζει τις επιπλέον δαπάνες του. Στην αρχική του μορφή εφαρμόστηκε και στους τέσσερις τροχούς του αλλά αργότερα περιορίστηκε μόνο στους πίσω τροχούς και στους εμπρός τοποθετήθηκαν ράβδοι στρέψης. Έτσι οι πίσω τροχοί στηρίζονταν σε ένα ακραξόνιο που βρισκόταν στο άκρο ενός διχαλωτού και αγκωνωτού βραχίονα αρθρωμένου σε μια προεξοχή του πλαισίου. Ο βραχίονας του τροχού είχε στη μέση έναν ελαστικό συγκρουστήρα. Τα μικρά άκρα των αγκωνωτών βραχιόνων συνδέονταν με μια σταθεροποιητική ράβδο.

Από το μέσο του βραχίονα ξεκινούσε ένας διωστήρας που κατάληγε σε ένα έμβολο που ήταν μέσα σε ένα υδραυλικό κύλινδρο του οποίου το κλειστό άκρο συγκοινωνούσε με μια μεταλλική σφαίρα που στη μέση της είχε ένα διάφραγμα (σχήματα 34 και 35). Η μια πλευρά της σφαίρας είχε ένα ειδικό λαδί με το οποίο ήταν γεμάτος ο κύλινδρος και η άλλη πλευρά περιείχε άζωτο υπό πίεση. Όταν ο τροχός συναντούσε μια ανωμαλία μετέδιδε την προς τα επάνω κίνηση του μέσω του βραχίονα προς τον διωστήρα με τον οποίο συνδεόταν με ένα σφαιρικό σύνδεσμο. Ο διωστήρας πίεζε το έμβολο και ανάγκαζε το λαδί που ήταν στον κύλινδρο να ανοίξει την βαλβίδα έπειτα να περάσει στη σφαίρα και να συμπέσει περισσότερο το άζωτο που βρισκόταν στην άλλη πλευρά του διαφράγματος.



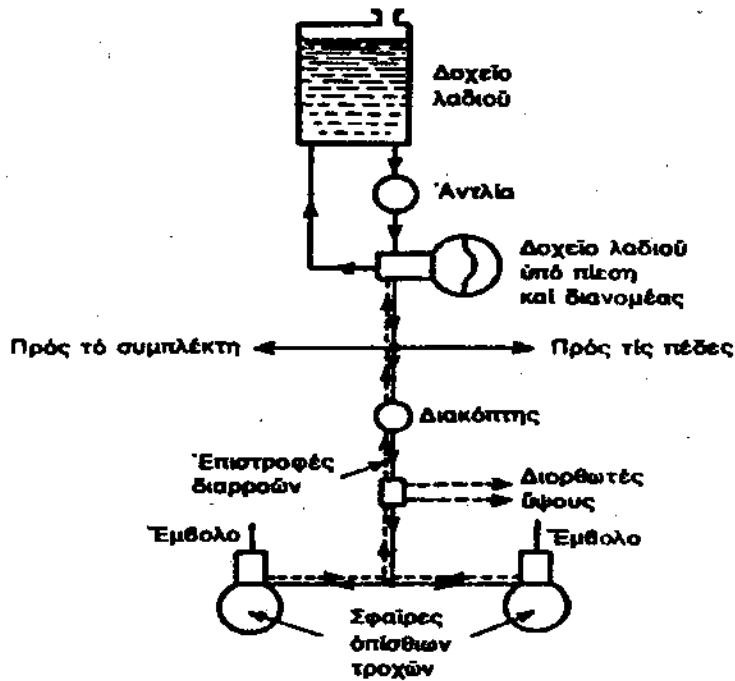
Σχήμα 34. Υδροπνευματική ανάρτηση της Citroen



Σχήμα 35. Υδροπνευματική ανάρτηση της Citroen

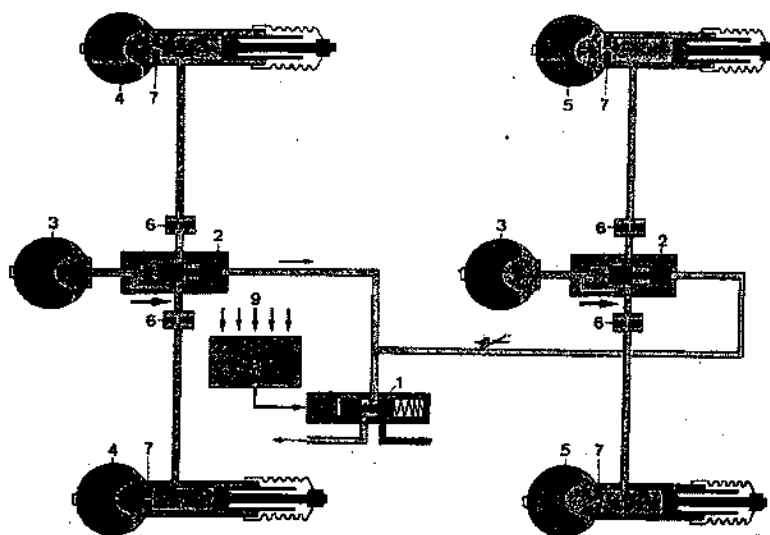
Στο σφαιρικό άκρο του διωστήρα και στο ελεύθερο άκρο του υδραυλικού κυλίνδρου υπήρχαν ελαστικά καλύμματα για τη σκόνη. Ο κύλινδρος ήταν στερεωμένος με ελευθέριας στροφής στο πλαίσιο. Το (σχήμα 36) παρουσιάζει την υδραυλική συνδεσμολογία. Η αντλία ήταν με αιωρούμενη πλάκα με επτά έμβολα που κινούνταν με ιμάντα από τον κινητήρα. Το λαδί υπό πίεση συγκεντρωνόταν σε ένα δοχείο πίεσης και έμοιαζε με τις σφαίρες των τροχών και είχε διάφραγμα και θάλαμο αζώτου υπό πίεση. Το δοχείο αυτό είχε και έναν διανομέα και έτσι το σύστημα βρισκόταν υπό πίεση έστω και αν είχε σταματήσει ο κινητήρας ή εργαζόταν σε βραδυπορία. Το υπό πίεση λαδί περνούσε από ένα διακόπτη και πήγαινε σε ένα σύστημα διόρθωσης ύψους, του εμπρός και του πίσω σεισίματος για να κρατιέται οριζόντιο το αμάξωμα ανεξάρτητα από την κατανομή του φορτίου. Ο διακόπτης είχε σκοπό να επιτρέπει την απομόνωση του πίσω μέρους του συστήματος από το εμπρός και έτσι με ένα κουμπί έλεγχου στον πίνακα οργάνων το πίσω μέρος μπορούσε να κρατηθεί στο κανονικό του ύψος όταν ο κινητήρας δεν εργαζόταν.

Ένα άλλο πλεονέκτημα του υδραυλικού αυτού συστήματος είναι ότι με την ενέργεια που μαζευόταν στο δοχείο λαδιού υπό πίεση μπορούσε κανείς να ανυψώσει το αυτοκίνητο σαν να ήταν πάνω σε έναν υδραυλικό γρύλο για να ανοίξει τους οπίσθιους τροχούς. Ο χειρισμός αυτός γινόταν με ένα χειροκίνητο σύστημα έλεγχου που βρισκόταν στο χώρο των αποσκευών. Χαρακτηριστικό του υδραυλικού αυτού συστήματος είναι ότι η ανάρτηση γίνεται σκληρότερη όσο μειώνεται η πίεση του αζώτου.



Σχήμα 36. Διάγραμμα αγωγών υδροπνευματικής ανάρτησης Citroen

Όμως η υδροπνευματική ανάρτηση της Σιτροέν εμφανίσε την κορυφαία μορφή της στο μοντέλο ΧΜ . Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε μια υπολογοστική μονάδα στο εμπρός τμήμα του αυτοκινήτου να συνδέεται με αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι σε ζωτικής σημασίας μηχανικά μέρη. Ο αισθητήρας του τιμονιού μετρά τη γωνία του τιμονιού και την ταχύτητα περιστροφής του , ο αισθητήρας του γκαζιού μετρά την επιτάχυνση και την επιβράδυνση , ο αισθητήρας του φρένου μετρά τη δύναμη του φρεναρίσματος , ο αισθητήρας στο άκρο του στροφαλοφόρου άξονα μετρά την ταχύτητα κατά τον διαμήκη άξονα , ενώ τέλος ο αισθητήρας στην αντιστρεπτική δοκό μετρά τη γωνιακή ταχύτητα κατά τον εγκάρσιο άξονα. Αφού ο κάθε αισθητήρας στείλει τις πληροφορίες του στην κεντρική μονάδα , αυτή με τη σειρά της δίνει εντολή σε σωληνοειδή βαλβίδα (πιηνίο) να σκληρύνει ή όχι την ανάρτηση συνδέοντας στο κύκλωμα των τεσσάρων σφαιρών που υπάρχουν σε κάθε τροχό δύο πρόσθετες σφαίρες . Ο τροχός απόκρισης του συστήματος είναι πέντε εκατοστά του δευτερολέπτου.



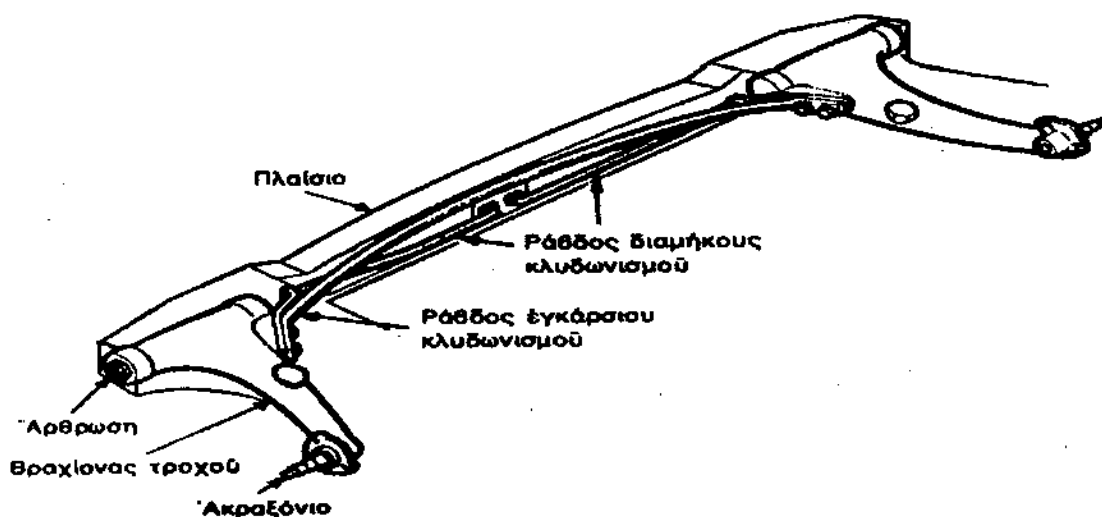
5.4. Αναρτήσεις με ελατήρια από ελαστικό : Οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του ελαστικού, ιδιαίτερα των καλών ποιοτήτων, το κάνουν πολύ καλό για την κατασκευή ελατήριων ανάρτησης για μοτοσικλέτες, επιβατικά ακόμα και για φορτηγά αυτοκίνητα. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα από την άποψη της κατασκευής ελατήριων για αυτοκίνητα είναι η ιδιότητα του να επιμηκύνεται παρά πολύ όταν φορτίζεται σε εφελκυσμό.

Οι καλές ποιότητες ελαστικού έχουν ένα καλό φορτίο θραύσης σε εφελκυσμό γύρω στα 200 έως 250 kg/cm² και η επιμήκυνση του να φτάσει το εξαπλάσιο του αρχικού του μήκους ενώ για τον καλύτερο χάλυβα ελατήριων η επιμήκυνση δεν ξεπερνά το 1:300 του μήκους του για φόρτιση στο όριο διαρροής.

Οι μεγάλες απώλειες από υστέρηση που παρουσιάζει το ελαστικό δείχνουν ότι μπορεί να αποθηκεύει σημαντικά ποσά ενέργειας όταν εφελκύεται ή όταν συμπιέζεται ανάλογα με το βάρος του. Έτσι ένα καλής ποιότητας ελαστικό μπορεί να απορροφήσει ενέργεια 150 έως 300 kg ανά kg βάρους του έναντι 24 και 30 που μπορεί να απορροφήσει ο χάλυβας από τον οποίο κατασκευάζονται οι στρεπτικές ράβδοι. Επίσης το ελαστικό έχει άριστες ιδιότητες αποσβέσεων και κρούσεων και έτσι πολλές φορές όταν χρησιμοποιούνται ελατήρια από ελαστικό

δεν χρησιμοποιούνται καθόλου ή χρησιμοποιούνται μικρότεροι αποσβεστήρες ταλαντώσεων.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα ιδιότητα του ελαστικού είναι να καταπνίγει τον ήχο γιατί η ταχύτητα μετάδοσης του ήχου μέσα στο ελαστικό είναι γύρω στα 50 m/sec ενώ στο χάλυβα είναι στις 5000 m/sec. Τα ελατήρια ανάρτησης από ελαστικό λόγω των υψηλών δυνατοτήτων του σε επιμήκυνση και υστέρηση μπορεί να γίνουν πολύ πιο συμμαζεμένα από τα χαλύβδινα και ιδιαίτερα τα φορτιζόμενα σε διάτμηση και συμπίεση δεν εμφανίζουν ιδιαίτερο σπάσιμο όπως τα σπειροειδή και οι στρεπτικές ράβδοι. Γενικά η ζωή τους είναι μακριότερη και η συντήρησή τους είναι πολύ μικρότερη από τα μεταλλικά.

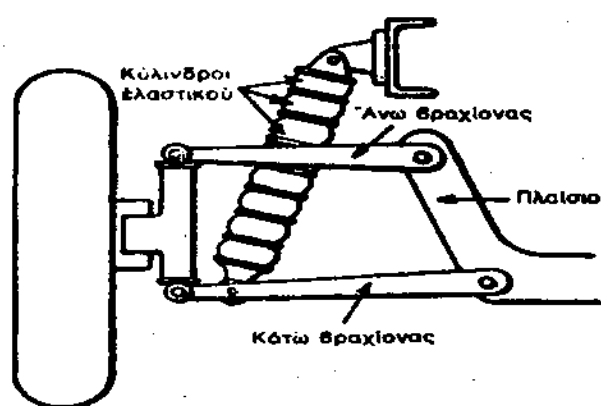


Σχήμα 37. Ράβδοι εγκάρσιας και διαμήκουσ αιώρησης

Τα σημερινά ελαστικά μπορούν να προσκολλώνται ισχυρά στο σιδερό και η ένωση τους να είναι εξίσου ισχυρή στην διάτμηση και τον εφελκυσμό όπως και το σώμα του ελαστικού. Ο συνηθισμένος τρόπος φόρτισης του ελαστικού είναι σε συμπίεση ή σε διάτμηση ή σε στρέψη. Πολύ σπάνια φορτίζεται σε εφελκυσμό

γιατί παρουσιάζει ευαισθησία στις μικρορωγμές και σπάζει γρήγορα όταν δημιουργηθεί κάποια από αυτές.

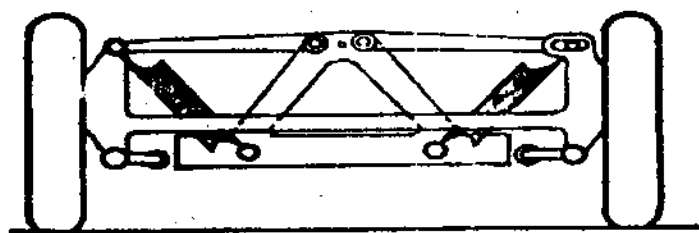
Όταν ένα ελαστικό ελατήριο φορτίζεται σε συμπίεση έχει ανάγκη άλλων μελών του συστήματος ανάρτησης για να πάρουν τα οριζόντια φορτία του τροχού γιατί το ελαστικό έχει πολύ μικρή αντίσταση στα πλευρικά φορτία. Το (σχήμα 38) παρουσιάζει ένα ελατήριο από ελαστικό που καταπονείται σε συμπίεση και που αποτελείται από μια σειρά κυλίνδρων από ελαστικό έχοντας ανάμεσά τους χαλύβδινους δίσκους. Όλες τις πλευρικές δυνάμεις τις παίρνουν οι βραχίονες και το ελαστικό καταπονείται αποκλειστικά σε συμπίεση. Η κατασκευή από πολλούς κοντούς κυλίνδρους σε ελαστικό αντί για έναν σε ολόκληρο το μήκος εξασφαλίζει μεγαλύτερη αντίσταση στο λυρισμό και σχηματίζει περισσότερα μικρά εξογκώματα παρά ένα μεγάλο. Η καταπόνηση του ελαστικού σε στρέψη είναι βασικά καταπόνηση του ελαστικού σε διάτμηση και με αυτόν τον τρόπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάρτηση σημαντικών βαρέων οχημάτων.



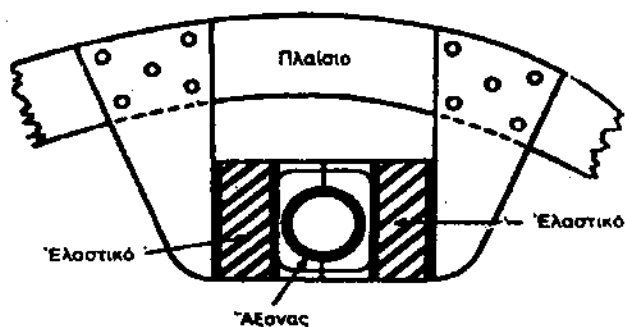
Σχήμα 38. Εμπρόσθια ανάρτηση με ελατήριο από ελαστικό

Για την χρησιμοποίηση ελατηρίων από ελαστικό φοτισμένων σε διάτμηση το ελαστικό προσκολλάται με ειδική μέθοδο ισχυρά σε δυο μεταλλικές πλάκες η μια από τις οποίες συνδέεται με το πλαίσιο και η άλλη με τον τροχό. Τέτοιες τυπικές περιπτώσεις φόρτισης ελαστικού σε διάτμηση φαίνονται στα (σχήματα 39,40).

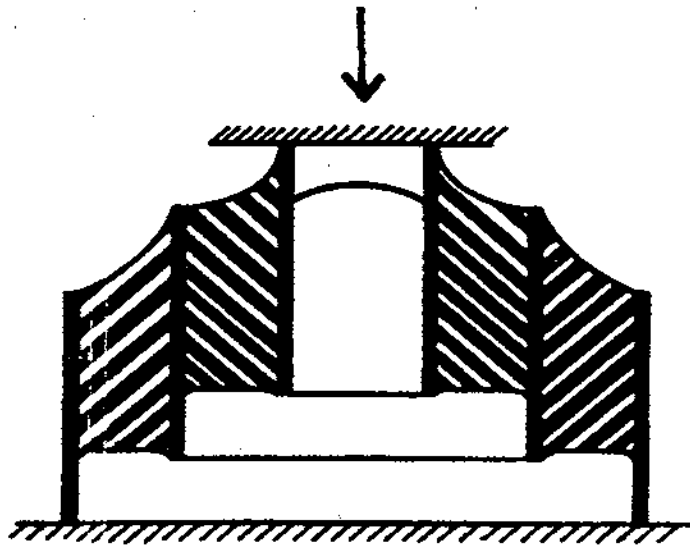
Το (σχήμα 39) παρουσιάζει ένα τύπο ελατήριου από ελαστικό ονομαζόμενο 'σάντουιτς' το οποίο είναι τοποθετημένο λοξά και φορτίζεται σε διάτμηση. Το (σχήμα 40) παρουσιάζει έναν άξονα που μπορεί να κινηθεί προς τα επάνω ανάμεσα από δυο κομμάτια ελαστικό κολλημένα σε δυο μεταλλικές πλάκες το καθένα τα οποία καταπονούνται και αυτά σε διαμήκη. Ένας ενδιαφέρων τύπος ελατήριου από ελαστικό φορτιζόμενο σε διάτμηση είναι αυτό του σχήματος 41. Εδώ υπάρχουν δυο συγκεντρικοί δακτύλιοι από ελαστικό κολλημένοι σε τρεις επίσης συγκεντρικούς σωλήνες.



Σχήμα 39. Ανάρτηση με δύο λοξά ελατήρια από ελαστικό



Σχήμα 40. Ανάρτηση με ελαστικό καταπονούμενο σε διάτμηση

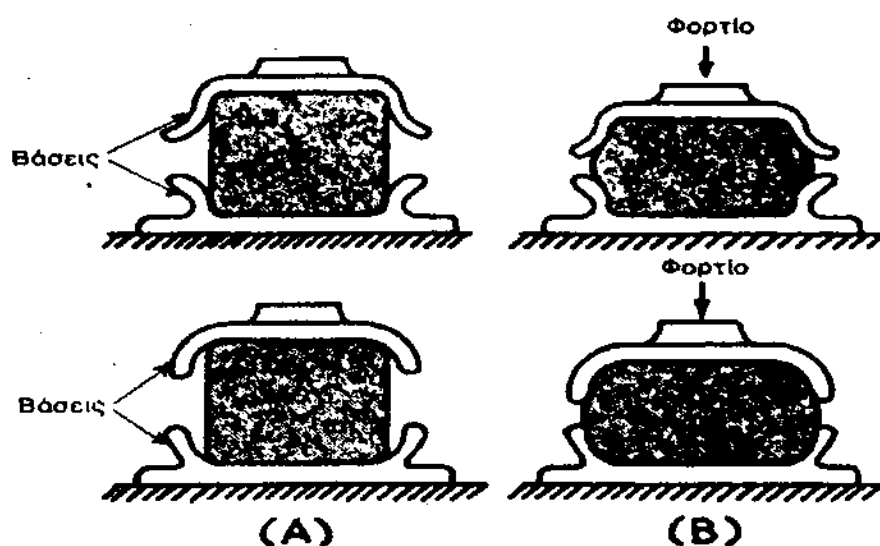


Σχήμα 41. Συγκεντρικό ελατήριο από ελαστικό

5.5. Ελατήρια στρέψης από ελαστικό κολλημένα σε μέταλλο : Πολλές μορφές τέτοιων ελατηρίων έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί. Το ελατήριο στρέψης με ελαστικό το οποίο είναι κολλημένο εξωτερικά σε ένα σωλήνα που στερεώνεται σταθερά στο πλαίσιο και εσωτερικά είναι κολλημένος ένας άξονας στο άκρο του οποίου είναι ο βραχίονας που συνδέεται με τον τροχό. Έτσι η κίνηση του τροχού από τις ανωμαλίες του εδάφους μετατρέπεται σε ροπή στρέψης και απορροφάται από το ελαστικό.

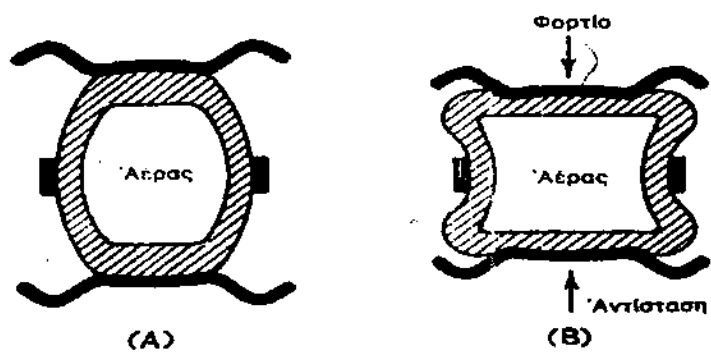
Υπάρχει επίσης και το ελατήριο τύπου 'machete' που αποτελείται από ένα κομμάτι ελαστικό κολλημένο ανάμεσα σε δυο ανεστραμμένες κωνικές μεταλλικές επιφάνειες (φλάντζες). Η δεξιά φλάντζα στερεώνεται στο πλαίσιο ενώ η αριστερή συνδέεται με σφήνα με τον άξονα που μεταφέρει τη ροπή στρέψης. Στο σημείο που ο άξονας περνά τη δεξιά φλάντζα υπάρχει ένας ένσφαιρος τριβέας (ρουλεμάν) για να παίρνει τις καμπτικές ροπές του άξονα. Η διπλή αυτή κωνική μορφή του ελαστικού δίνει μια ικανότητα στο ελατήριο να παρουσιάζει ίση αντίσταση σε όλες τις γωνίες συστολής και να καταπονεί ομοιόμορφα όλη τη μάζα του ελαστικού. Με ένα κατάλληλο συνδυασμό πνευματικής (με πεπιεσμένο αέρα) και ελαστική ανάρτηση μπορεί να πετύχει κανείς μια ανάρτηση σταθερού ύψους.

5.6. **Συμπαγή και κοίλα ελατήρια από ελαστικό :** Για να περιορίζεται η διάφορα πλήρους και μη φορείου χρησιμοποιούνται συμπαγή κομμάτια ελαστικού τοποθετημένα σε ειδικά διαμορφωμένες βάσεις που είναι μελετημένες ώστε να ελέγχουν την παραμόρφωση του ελαστικού από το βάρος (σχήμα 43). Όταν το ελαστικό δεν είναι φορτωμένο ,αριστερά στο σχήμα, έχει ορθογωνική διατομή αλλά με τη φόρτωση παραμορφώνεται και παίρνει τη μορφή που του επιβάλουν οι βάσεις του.



Σχήμα 43. Ελατήριο συμπίεσης από ελαστικό

Το (σχήμα 44) παρουσιάζει ένα ελατήριο από ελαστικό κατασκευασμένο από το Γαλλικό κλάδο της Pirelli. Το σώμα του ελαστικού δεν είναι συμπαγές αλλά κοίλο και έχει μέσα αέρα. Το ελαστικό στηρίζεται σε ειδικά διαμορφωμένες βάσεις και έχει στη μέση του ένα μεταλλικό ελαστικό στεφάνι. Η μορφή που έχει φορτωμένο και ξεφόρτωτο φαίνεται στο σχήμα. Η φόρτωση είναι συμπίεση και διάτμηση.



Σχήμα 44. Κοίλο ελατήριο από ελαστικό

6

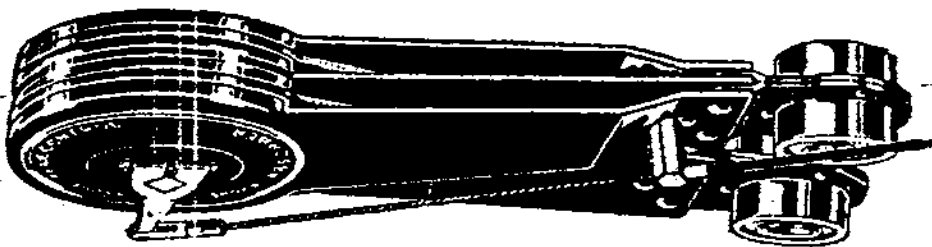
ΕΙΔΗ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΩΝ

6.1. Αποσβεστήρες ταλαντώσεων : Οι αποσβεστήρες των ταλαντώσεων είναι το απαραίτητο βοηθητικό εξάρτημα κάθε συστήματος ανάρτησης. Στην αρχή ο προορισμός τους ήταν να αποσβένουν τις υψηλής συχνότητας μόνο ταλαντώσεις ενώ στην απόσβεση των μεσαίων και των χαμηλών αναλάμβανε το ελατήριο όταν βέβαια ήταν ημιελλειπτικό με πλατιά φύλλα. Πέρα όμως από αυτό οι αποσβεστήρες απορροφούν και τις μικρές κρουστικές δυνάμεις που εμφανίζονται στους τροχούς κατά την αναπήδηση και επαναφορά τους όταν συναντήσουν κάποιο εμπόδιο στην πορεία τους. Με την εισαγωγή των σπειροειδών ελατηρίων τα οποία όπως είπαμε δεν έχουν καθόλου ικανότητες απόσβεσης ταλαντώσεων οι αποσβεστήρες έχουν αναλάβει την απόσβεση των ταλαντώσεων σε όλο το εύρος της δημιουργίας τους.

Στο παρελθόν έχουν χρησιμοποιηθεί πολλοί τύποι αποσβεστήρων όλοι όμως μπορούν να καταταγούν σε μια από τις δυο μεγάλες κατηγορίες δηλαδή στους αποσβεστήρες ξηράς και στους αποσβεστήρες υγρός τριβής οι οποίοι πάλι μπορούν να διαιρεθούν σε αποσβεστήρες σταθερής ικανότητας απόσβεσης και σε αποσβεστήρες μεταβαλλόμενης ικανότητας απόσβεσης. Οι υδραυλικοί αποσβεστήρες έχουν επικρατήσει γενικά σήμερα και είναι εφαρμοσμένοι σε όλα τα αυτοκίνητα γιατί προσαρμόζονται πολύ καλά στα ανεξάρτητα συστήματα ανάρτησης και γενικά με όλα τα συστήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα στα αυτοκίνητα.

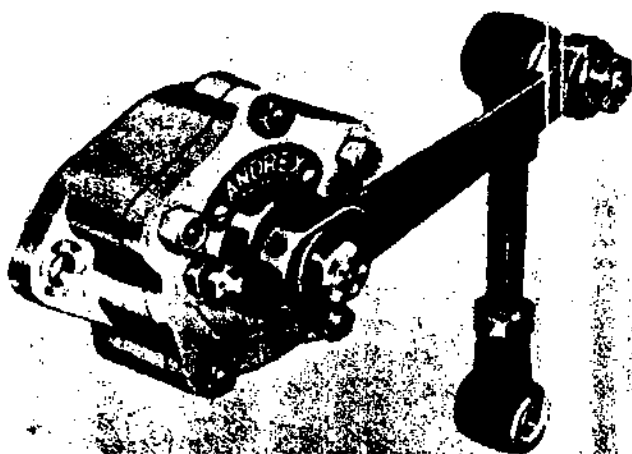
6.2. Αποσβεστήρες ξηράς τριβής : Η πιο απλή μέθοδος για την απόσβεση ταλαντώσεων είναι να συνδεθούν τα δυο παλλόμενα μέρη, οι τροχοί και το άμωμα, με δυο βραχίονες που σχηματίζουν μια άρθρωση (ψαλίδι). Η άρθρωση των δυο βραχιόνων έχει ένα σύστημα τριβής που αποτελείται από ένα ή περισσότερους δίσκους τριβής όπως αυτό των σιαγόνων της πέδης που έμπαιναν ανάμεσα στα στρεφόμενα μέλη των βραχιόνων και πιέζονταν μεταξύ τους με ένα κοχλία και με ένα ή δυο κωνικά ελατήρια. Έτσι κάθε σχετική κίνηση ανάμεσα στους τροχούς και το αμάξωμα προκαλούσε ένα ανοιγοκλείσιμο των βραχιόνων του αποσβεστήρα και δημιουργούσε μια τριβή μεταξύ των δυο βραχιόνων του. Φυσικά η ταλάντωση μετατρέποταν σε θερμότητα και έσβηνε.

Σε μερικές περιπτώσεις η δύναμη που ασκούσε ο κεντρικός κοχλίας της άρθρωσης του αποσβεστήρα ήταν ρυθμιζόμενη με ένα διπλό συγκεντρικό συρματόσχοινο με το οποίο ο οδηγός έσφιγγε ή χαλάρωνε τον κοχλία και έτσι ρύθμιζε την δράση του αποσβεστήρα ανάλογα με το φορτίο που είχε και τη φύση του καταστρώματος του δρόμου. Οι αποσβεστήρες τριβής 'Hartford' είχαν δυο χαλύβδινους βραχίονες που σχημάτιζαν μια άρθρωση που ήταν μέσα σε ένα κυλινδρικό κέλυφος και αποτελούνταν από μια σειρά δίσκων τριβής από ειδικά συμπίεσμένο υλικό που συμπιεζόταν μεταξύ τους με ένα κοχλία με ρυθμιζόμενο περικόχλιο και με κωνικά ελατήρια. Εξωτερικά υπήρχε ένας δείκτης που έδειχνε τη σχετική πίεση μεταξύ των δίσκων. Τα ελεύθερα άκρα των βραχιόνων ήταν συνδεδεμένα με πείρους στο πλαίσιο και στους άξονες των τροχών. Το (σχήμα 45) παρουσιάζει τον ρυθμιζόμενο αποσβεστήρα 'Andre Telecontrol' ο οποίος ρυθμίζεται με ένα συρματόσχοινο Bowden.

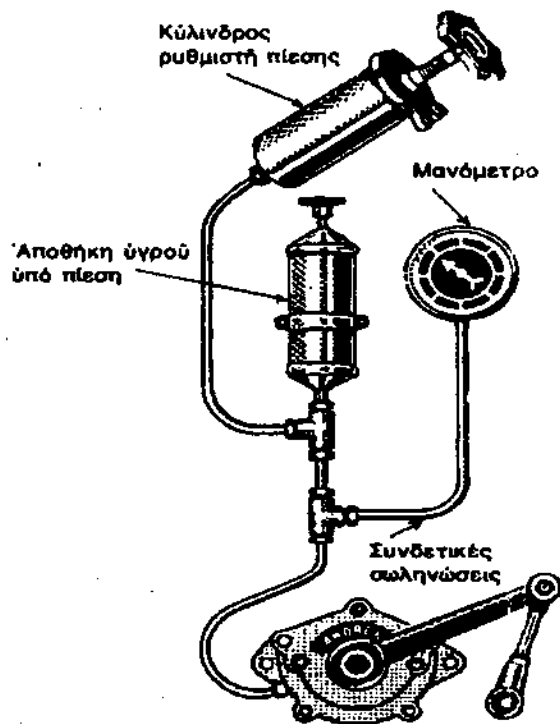


Σχήμα 45. Μηχανικός αποσβεστήρας ταλαντώσεων

Σε έναν άλλο τύπο αποσβεστήρων Andrex η πίεση μεταξύ των επιφανειών τριβής των δυο βραχιόνων ρυθμίζεται υδραυλικά με ένα χειροτροχό που ήταν στον πίνακα οργάνων και με τον οποίο ο οδηγός αύξανε ή ελάττωνε την πει που ασκούσε ένα έμβολο που ήταν ανάμεσα στις επιφάνειες τριβής οι οποίες είχαν την μορφή σιαγόνων και τύμπανων πέδης. Στον πίνακα οργάνων υπήρχε και ένα μανόμετρο το οποίο έδειχνε την πίεση που ασκούσε το υδραυλικό υγρό στο έμβολο των σιαγόνων. Τα (σχήματα 46,47) παρουσιάζουν τον αποσβεστήρα Andrex.



Σχήμα 46. Αποσβεστήρας ταλαντώσεων τύπου Andrex



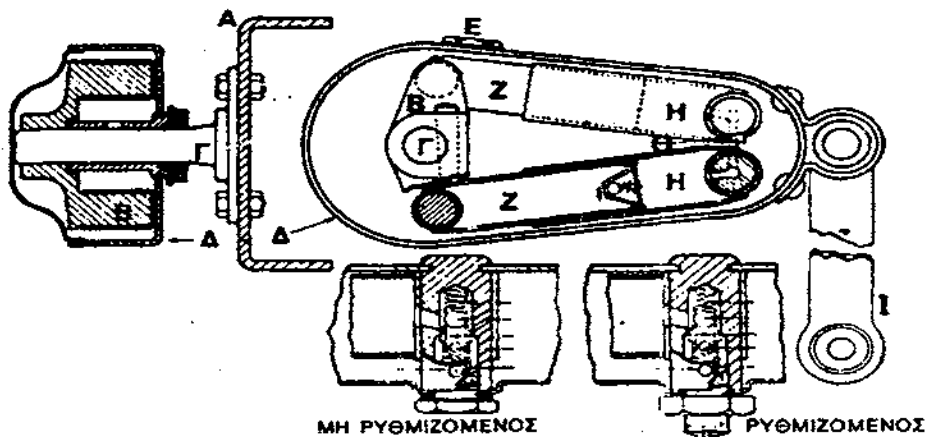
Σχήμα 47. Μέθοδος ελέγχου αποσβεστήρων Andrex

Ο αποσβεστήρας αυτός έχει πολλούς δίσκους τριβής που εργάζονται μέσα στο λαδί και η όλη μονάδα είναι κλεισμένη σε ένα κιβωτό που είναι τέλεια στεγανό και δεν χρειάζεται καμία συντήρηση. Σε μερικούς αποσβεστήρες της ομάδας αυτής υπήρχε και σύστημα ρύθμισης του βαθμού απόσβεσης ανάλογα με τις συνθήκες του εδάφους (σχήμα 47).

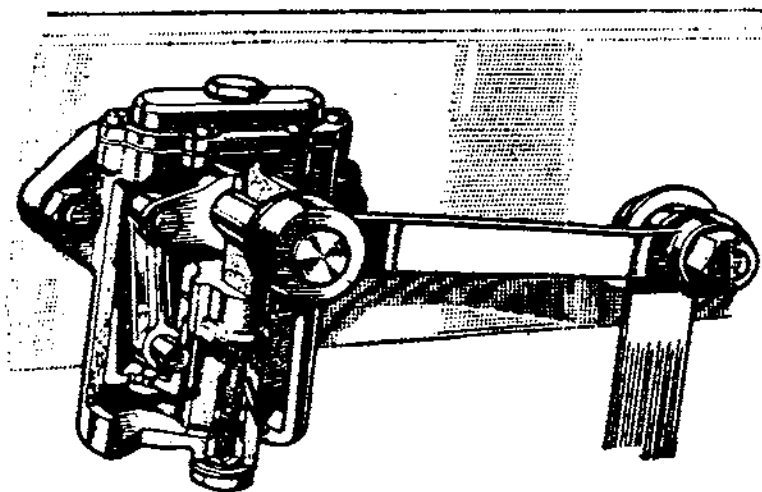
Το σύστημα ρύθμισης περιελάμβανε έναν κύλινδρο με έμβολο και κοχλιωτό στέλεχος και με ένα χειροτροχό με τον οποίο ο οδηγός ασκούσε πίεση στο σύστημα. Επίσης υπήρχε ένα δοχείο-αποθήκη υγρού υπό πίεση, ένα μανόμετρο και τις διάφορες συνδετικές σωληνώσεις μέχρι το κέλυφος του αποσβεστήρα. Υπήρχαν ακόμα συστήματα που ρύθμιζαν την πίεση και στους τέσσερις τροχούς συγχρόνως με ένα ρυθμιστικό κύλινδρο και αλλά που ρύθμιζαν ξεχωριστά τους εμπρόσθιους και ξεχωριστά τους οπίσθιους αποσβεστήρες. Με τα συστήματα αυτά ήταν δυνατόν να αλλάξει κανείς κατά τη θέληση του την συμπεριφορά του συστήματος ανάρτησης και να το κάνει είτε σκληρό είτε μαλακό ανάλογα με το

είδος του δρόμου. Με τους υδραυλικούς αποσβεστήρες που θα περιγράψουμε παρακάτω κατά γενικό σχεδόν κανόνα η δυνατότητα αυτή δεν υπάρχει.

6.3. Υδραυλικοί αποσβεστήρες : Οι πρώτοι υδραυλικοί αποσβεστήρες ήταν με περύγια. Μια βελτιωμένη μορφή ενός τέτοιου αποσβεστήρα ήταν οι 'Lunax' της 'Lucas' αλλά και αυτοί γρήγορα αντικαταστάθηκαν από τους αποσβεστήρες με έμβολο οι οποίοι είναι πιο αξιόπιστοι στην λειτουργία τους και παρουσιάζουν λιγότερες φθορές και διαρροές. Βασική ανάγκη όλων των υδραυλικών αποσβεστήρων είναι βρίσκονται πάντα γεμάτοι με λαδί και γι' αυτό υπάρχει σε όλους αυτούς τους τύπους μια οπή πλήρωσης η οποία κλείνει με ένα κοχλιωτό πώμα. Με την παρουσία του αέρα μέσα στο σύστημα τροποποιεί την συμπεριφορά του αποσβεστήρα και γι' αυτό πρέπει να γίνεται εξαέρωση είτε με το χέρι είτε αυτόματα όπως γίνεται σε μερικούς τύπους. Τυπικά παραδείγματα της κατηγορίας αυτής είναι οι αποσβεστήρες 'Armstrong' (σχήματα 48,49).



Σχήμα 48. Υδραυλικός αποσβεστήρας Armstrong
 Α) πλαίσιο Β) ζύγωμα Γ) άξονας Δ) κέλυφος Ε) πώμα Ζ) έμβολο
 Η)- υδραυλικοί κύλινδροι - Θ) ρυθμιστική βαλβίδα Ι) συνδετικός βραγίονας



Σχήμα 49. Νεώτερος τύπος υδραυλικού αποσβεστήρα Armstrong

Οι παλαιότεροι τύποι αποσβεστήρων 'Armstrong' αποτελούνταν από έναν άξονα που ήταν στερεωμένος σταθερά πάνω στο πλαίσιο. Ο άξονας αυτός είχε ένα ζύγωμα στα άκρα του οποίου ήταν αρθρωμένα τα έμβολα δυο υδραυλικών κυλίνδρων τα άκρα των οποίων ήταν στερεωμένα σε ένα κέλυφος που περιέβαλε όλο το σύστημα και ήταν στεγανό και γεμάτο λαδί που έμπαινε από ένα κοχλιωτό πώμα.

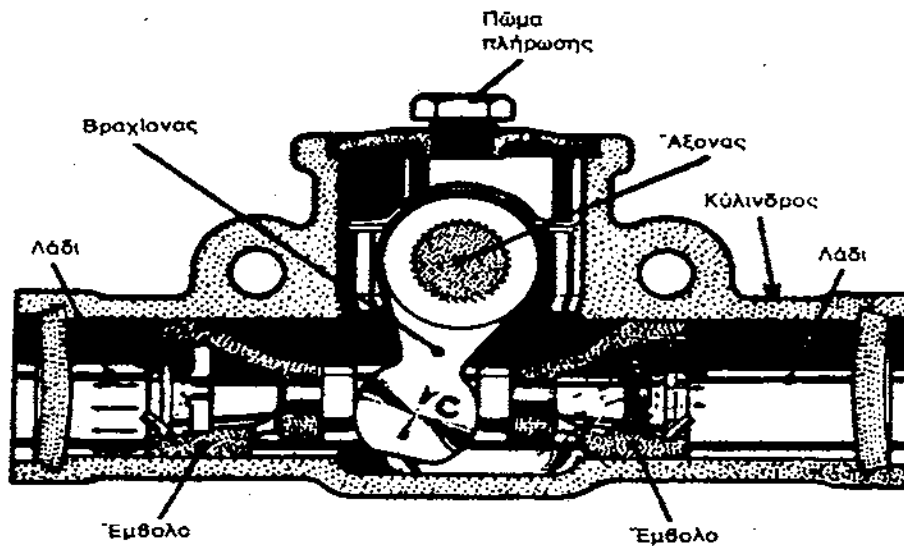
Οι δυο υδραυλικοί κύλινδροι συγκοινωνούσαν μεταξύ τους με ένα λεπτό σωληνίσκο που στο μέσο του είχε μια βαλβίδα. Το κέλυφος συνδεόταν με τον άξονα των τροχών και κάθε κατακόρυφη κίνηση των τροχών μεταδιδόταν στο κέλυφος σαν μια γωνιακή κίνηση του, γύρω από τον άξονα που ήταν στερεωμένος στο πλαίσιο. Η κίνηση ωμό του κελύφους προκαλούσε μια κίνηση των εμβολών μέσα στους κυλίνδρους τους, στον έναν κύλινδρο προς τα μέσα και στον άλλο κύλινδρο προς τα έξω και ανάγκαζε το λάδι που ήταν στους κυλίνδρους να περνά δια του συνδετικού σωληνίσκου και δια της ρυθμιστικής βαλβίδας από τον έναν κύλινδρο στον άλλο.

Η ρυθμιστική βαλβίδα είχε μια σφαίρα η οποία έκλεινε με ένα ελατήριο η δύναμη του οποίου ρυθμιζόταν από ένα ρυθμιστικό κοχλία με ασφαλιστικό περικόχλιο είτε ρυθμιζόταν σταθερά από το εργοστάσιο με ένα σταθερό κοχλία

(σχήμα 48). Στην περίπτωση του ρυθμιζόμενου αποσβεστήρα , στην έννοια πάντα ότι ρυθμίζεται μια φορά για να προσαρμοστεί σε ένα συγκεκριμένο αυτοκίνητο και όχι για προσαρμογή στο είδος του δρόμου η χαλάρωση του ελατήριου επιτρέπει την ευκολότερη δίοδο του λαδιού από τον έναν κύλινδρο στον άλλο και κάνει την ανάρτηση ευκολότερη. Το αντίθετο συμβαίνει με την σύσφιξη του κοιλία και αντίστοιχα του ελατήριου. Οι αποσβεστήρες αυτοί είναι διπλής ενέργειας γιατί δρουν τόσο στην αναπήδηση όσο και στην επαναφορά του τροχού.

Το (σχήμα 49) παρουσιάζει τον αποσβεστήρα 'Armstrong' . Στον τύπο αυτό ο κύλινδρος είναι κατακόρυφος και είναι αυτορύθμιστος , δηλαδή οι αποσβεστικές του ικανότητες προσαρμόζονται αυτόματα στις συνθήκες του δρόμου. Έτσι σε πορεία σε ομαλό κατάστρωμα δρόμου ο αποσβεστήρας έχει να απορροφήσει μόνο μικρές κρούσεις και ταλαντώσεις και η διαδρομή του εμβόλου του είναι παρά πολύ μικρή. Σε ανώμαλο όμως δρόμο οι αναπηδήσεις των τροχών είναι μεγάλες και δημιουργούν μεγαλύτερες διαδρομές στο έμβολο του αποσβεστήρα ο οποίος αντιδρά στην επαναφορά του τροχού στην θέση του και εξομαλύνει έτσι την κίνηση του ελατήριου. Οι αποσβεστήρες αυτοί έχουν μια αυτόματη βαλβίδα η οποία ελέγχει αυτόματα την δράση τους. Το υγρό που χρησιμοποιείται στους αποσβεστήρες αυτούς είναι ειδικό και δεν πρέπει ποτέ να αναμιγνύεται με λάδι κινητήρα ή με αλλά λάδια.

6.4. Αποσβεστήρες 'Griling' : Οι αποσβεστήρες αυτού του τύπου λειτουργούν με δυο έμβολα (σχήμα 50). Αυτοί έχουν ένα χυτοσίδηρο σώμα στερεωμένο στο πλαίσιο που έχει μέσα δυο έμβολα. Ανάμεσα στα έμβολα είναι ένας βραχίονας στερεωμένος στον άξονα που συνδέεται με ένα σύστημα μοχλών με τον άξονα των τροχών. Σε κάθε κίνηση των τροχών προς τα επάνω και προς τα κάτω ο βραχίονας κάνει μια αιώρηση η οποία μεταδίδεται σαν μια κίνηση δεξιά-αριστερά στα έμβολα τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους. Στην κίνηση αυτή αντιδρά το λάδι το οποίο είναι αναγκασμένο να περάσει από τη μια πλευρά του κυλίνδρου στην άλλη περνώντας από μια σειρά βαλβίδων που βρίσκονται πάνω στα έμβολα. Οι αποσβεστήρες αυτοί ρυθμίζονται κατά την κατασκευή τους στο εργοστάσιο και δεν χρειάζονται καμία ρύθμιση μεταγενέστερα.

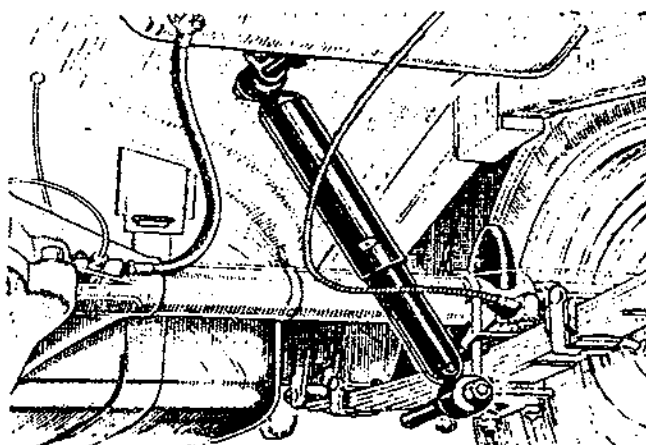


Σχήμα 50. Αποσβεστήρας Girling τύπου PV

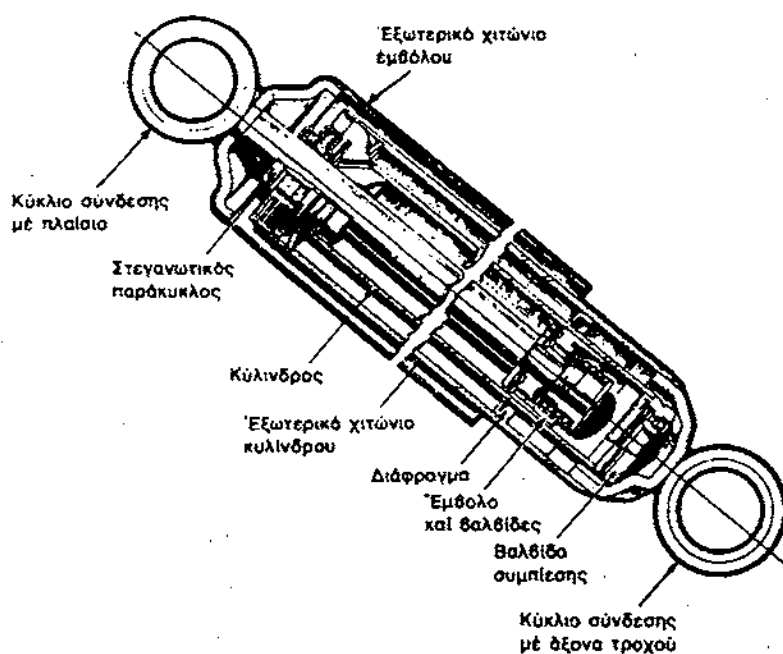
6.5. Τηλεσκοπικοί αποσβεστήρες : Ένας άλλος τύπος υδραυλικού αποσβεστήρα ταλαντώσεων είναι οι λεγόμενοι τηλεσκοπικοί όπως αυτός που φαίνεται στα (σχήματα 51,52). Το αμορτισέρ έχει σκοπό να συγκρατήσει το ελατήριο από το να δώσει πίσω ανεξέλεγκτα την ενέργεια που έχει συσσωρεύσει κατά την συμπίεσή του. Δηλαδή όταν ένα αυτοκίνητο τρέχει στον αυτοκινητόδρομο και ο τροχός συναντά ξαφνικά ένα εμπόδιο, θα πρέπει το ελατήριο να μπορεί να συμπιεστεί γρήγορα, ώστε να ακολουθήσει την ανωμαλία του οδοστρώματος, χωρίς να επηρεάσει σημαντικά την κίνηση του αμξώματος. Όμως η έκταση του ελατηρίου θα πρέπει να ελέγχεται ώστε να αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες ταλαντώσεις. Οι τηλεσκοπικοί αποσβεστήρες αποτελούνται από ένα υδραυλικό κύλινδρο που στερεώνεται στον άξονα του τροχού και ένα έμβολο που στερεώνεται στο πλαίσιο. Τόσο ο κύλινδρος όσο και το έμβολο είναι καλυμμένα εξωτερικά από ένα διμερές κυλινδρικό χιτώνιο και επειδή κατά τη λειτουργία το ένα μέρος του εξωτερικού χιτωνίου εισχωρεί στο άλλο όπως στα παλιά ναυτικά τηλεσκοπία πήραν οι αποσβεστήρες αυτοί το όνομα τηλεσκοπικοί. Πολλές φορές

οι τηλεσκοπικοί αποσβεστήρες χρησιμοποιούνται για τη μείωση του εγκάρσιου κλυδωνισμού και στην περίπτωση αυτή τοποθετούνται λοξά (σχήματα 51,52). Η λειτουργία του είναι ανάλογη με άλλους υδραυλικούς αποσβεστήρες με έμβολο και υπάρχουν τύποι με σταθερή και μεταβλητή αποσβεστική ενέργεια. Οι υδραυλικοί αποσβεστήρες πρέπει να αφαιρούνται από το αυτοκίνητο και να ελέγχονται σε σύγκλιση με ένα καινούριο κάθε 20000 km. Η βασική ιδέα του υδραυλικού αμορτισέρ είναι να τίθεται το υγρό του αμορτισέρ σε κίνηση και να αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια στενή σχισμή. Όταν το αυτοκίνητο κινείται αργά και ο τροχός συναντήσει μια ανωμαλία, τότε το έμβολο στο εσωτερικό του αμορτισέρ κινείται και σχετικά αργά προς τα επάνω. Στην περίπτωση αυτή η παροχή του υγρού μέσα από τη σχισμή είναι χαμηλή. Έτσι και η αντίσταση του αμορτισέρ είναι μικρή, αφού και οι τριβές περιορίζονται λόγω της μικρής παροχής του υγρού μέσα από τη σχισμή.

Σε όλα τα τηλεσκοπικά αμορτισέρ έχουμε το πρόβλημα ότι μαζί με το έμβολο βυθίζεται και ο διωστήρας του μέσα στο λάδι που υπάρχει στο εσωτερικό του κυλίνδρου. Έτσι κατά το μεγαλύτερο δυνατό θα πρέπει το λάδι αυτό να μην ξεφεύγει στο εσωτερικό του κυλίνδρου, μαζί με το διωστήρα κατά την έκταση του αμορτισέρ. Στα αμορτισέρ δύο θαλάμων υπάρχει μια ειδική βαλβίδα και ένας χώρος εξισορρόπησης, που περιβάλλει τον κυρίως κύλινδρο. Κατά τη συμπίεση του αμορτισέρ, έσω της ειδικής βαλβίδας, το λάδι πιέζεται να μπει στον ειδικό χώρο εξισορρόπησης και κατά την έκταση, πάλι μέσω της βαλβίδας αναροφάται πίσω στον αρχικό του χώρο. Όμως ορισμένα αμορτισέρ δύο θαλάμων παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα. Αρχικά ο θάλαμος εξισορρόπησης δεν επιτρέπει την εύκολη και γρήγορη ψύξη του λαδιού μέσα στον κύλινδρο, το οποίο θερμαίνεται λόγω τριβών και γίνεται λεπτόρευστο και αναποτελεσματικό. Μάλιστα σε υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να δημιουργηθεί αφρός με αποτέλεσμα το αμορτισέρ να χάσει τελείως την αποτελεσματικότητά του. Για τους παραπάνω λόγους τα αμορτισέρ δύο θαλάμων θα πρέπει να τοποθετούνται με συγκεκριμένο τρόπο: ο κύλινδρος πρέπει να βρίσκεται τοποθετημένος προς τα κάτω και υπό γωνία το πολύ 45 μοιρών.



Σχήμα 51. Τηλεσκοπικός αποσβεστήρας τύπου Woodhead-Monroe



Σχήμα 52. Τηλεσκοπικός υδραυλικός αποσβεστήρας Woodhead-Monroe σε τομή

Οι βλάβες που μπορούν να προκύψουν στο σύστημα ανάρτησης είναι η θραύση ή εξασθένηση των ελατήριων αναρτήσεως και η ελαττωματική λειτουργία του αμορτισέρ. Η αιτία αυτών των βλαβών είναι η μεγάλη χρήση του αυτοκίνητου, υπερφόρτωση, κακή κατανομή φορτίου και η συχνή χρήση του

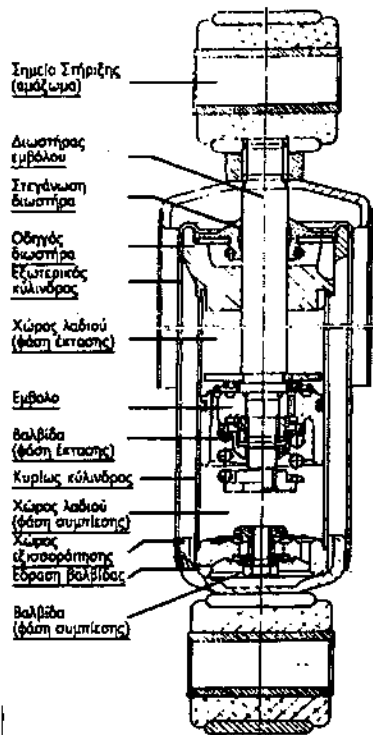
αυτοκίνητου σε ανάμालους δρόμους. Η διάγνωση των βλαβών του συστήματος ανάρτησης μπορεί να γίνει εξαιτίας του θορύβου και της ελαττωματικής ευσταθείας του αυτοκίνητου στην οδήγηση, από τα ασυνήθη κτυπήματα και από την μονόπλευρη κάμψη του αυτοκίνητου. Για την αντιμετώπιση των βλαβών πρέπει να γίνει αντικατάσταση των ελατήριων ανάρτησης, αντικατάσταση των αμορτισέρ των πείρων και των δακτυλίων και τέλος πρέπει να γίνει ευθυγράμμιση του πλαισίου.

Εκτός όμως από τους τηλεσκοπικούς αποσβεστήρες απλού θαλάμου υπάρχουν και αυτοί του διπλού θαλάμου. Σε όλα τα τηλεσκοπικά αμορτισέρ έχουμε το πρόβλημα ότι μαζί με το έμβολο βυθίζεται και ο διωστήρας του μέσα στο λάδι που υπάρχει στο εσωτερικό του κυλίνδρου. Έτσι θα πρέπει όσο το δυνατό το λάδι αυτό να μην ξεφεύγει στο εξωτερικό του κυλίνδρου, μαζί με το διωστήρα κατά την έκταση του αμορτισέρ. Στα λεγόμενα αμορτισέρ δύο θαλάμων υπάρχει μια ειδική βαλβίδα και ένας χώρος εξισορρόπησης που περιλαμβάνει τον κυρίως κύλινδρο. Κατά την συμπίεση του αμορτισέρ, μέσω της ειδικής βαλβίδας, το λάδι πιέζεται να μπει μέσα στον ειδικό χώρο εξισορρόπησης και κατά την έκταση, πάλι μέσω της βαλβίδας αναρροφάται πίσω στον αρχικό του χώρο.

Όμως ορισμένα αμορτισέρ δύο θαλάμων παρουσιάζουν σήμερα κάποια μειονεκτήματα. Πρώτα, ο θάλαμος εξισορρόπησης δεν επιτρέπει την εύκολη και γρήγορη ψύξη του λαδιού μέσα στον κύλινδρο, το οποίο θερμαίνεται λόγω τριβών και γίνεται λεπτόρευστο και μη αποτελεσματικό. Επιπλέον, μέσα στο χώρο εξισορρόπησης, το λάδι έρχεται σε επαφή με τον αέρα και αναμειγνύεται με αυτό. Μάλιστα σε υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να δημιουργηθεί αφρός και τότε το αμορτισέρ χάνει τελείως την αποτελεσματικότητά του. Για τους παραπάνω λόγους τα αμορτισέρ δύο θαλάμων θα πρέπει να τοποθετούνται με συγκεκριμένο τρόπο, δηλαδή ο κύλινδρος πρέπει να βρίσκεται τοποθετημένος προς τα κάτω και υπό γωνία το πολύ 45 μοιρών.

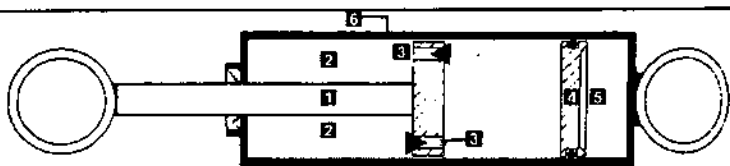
Για την αντιμετώπιση του παραπάνω προβλήματος υπάρχει μια κατασκευή του Γάλλου De Carbon. Ο De Carbon κατήργησε το θάλαμο εξισορρόπησης και για να εξισορροπήσει το μετατοπιζόμενο όγκο του λαδιού χρησιμοποίησε το πρόσθετο μήκος του αμορτισέρ, το οποίο και διαχώρισε με ένα επιπλέον έμβολο και το γέμισε με αέριο υπό πίεση (άζωτο 25 ατμοσφαιρών). Αυτό το αμορτισέρ αερίου εξαλείφει τον κίνδυνο του αφρίσματος του λαδιού. Επιπλέον ο κύλινδρος βρίσκεται σε επαφή εξωτερικά με τον αέρα και ψύχεται πολύ πιο εύκολα, ενώ

μπορεί να αποκτήσει μεγαλύτερη διάμετρο , χωρίς να αυξηθούν οι συνολικές διαστάσεις του αμορτισέρ. Μέσα στο αμορτισέρ οι πιέσεις είναι μικρότερες και έτσι εξασφαλίζεται η μακροβιότητα της όλης κατασκευής (σχήμα 53) .

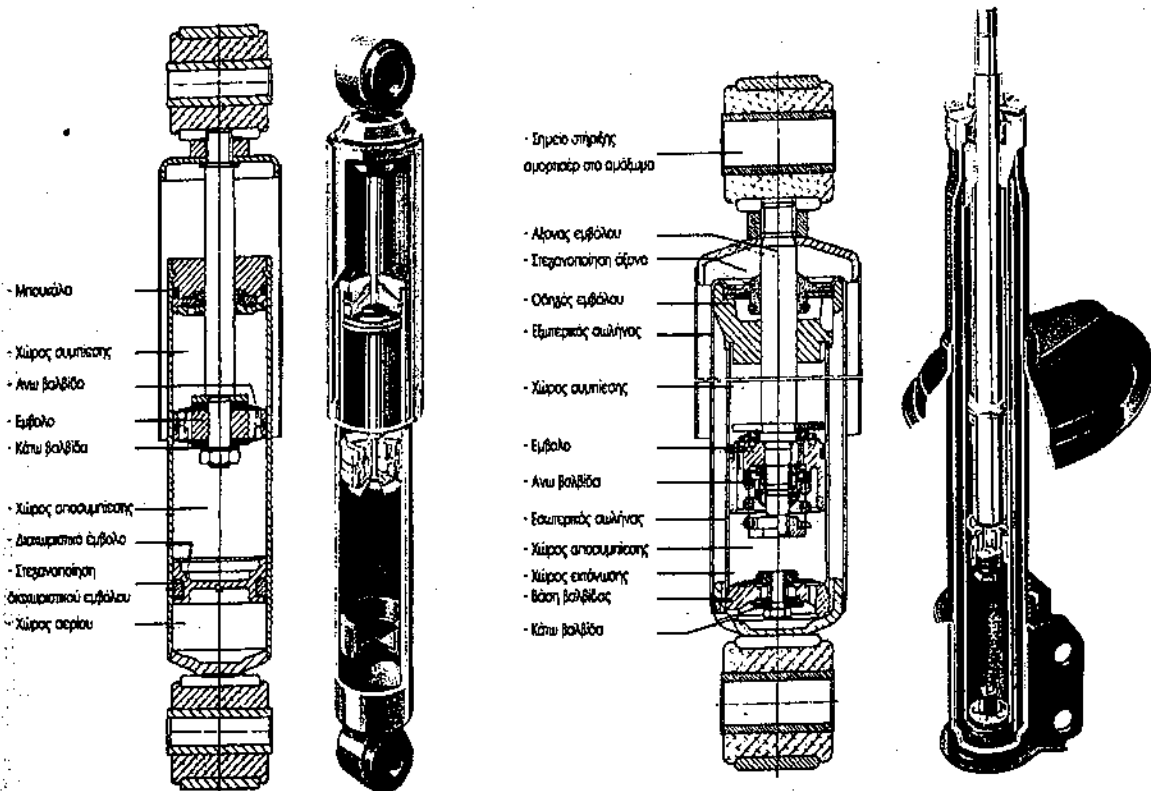


ΑΜΟΡΤΙΣΕΡ ΑΕΡΙΟΥ

- 1- Διωστήρας εμβόλου
- 2- Χώρος λαδιού
- 3- Βαλβίδες
- 4- Διαχωριστικό έμβολο
- 5- Χώρος αερίου
- 6- Κέλυφος Αμορτισέρ



Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε βασικές διαφορές μεταξύ των δύο αποσβεστήρων.



Οι βαλβίδες στο έμβολο καθορίζουν τη συμπίεση και την αποσυμπίεση (επιαναφορά). Ο χώρος του αερίου περιορίζεται όταν ο άξονας του εμβόλου μετατοπίζεται προς τα κάτω.

Στα αμορτισέρ του τύπου αυτού, το πλεονάζον υγρό καταλήγει μέσω της βαλβίδας στη βάση, στο χώρο επέκτασης.

Υπό κανονικές συνθήκες η ζωή ενός αμορτισέρ περνάει τρεις φάσεις :

1^η φάση : Είναι η περίοδος 'στρωσίματος' που διαρκεί από 100 μέχρι 2000 χιλιόμετρα και κατά την οποία το αμορτισέρ προσαρμόζεται στις δεδομένες απαιτήσεις.

2^η φάση : Είναι η μεγαλύτερη περίοδος κατά την οποία η απόδοση του αμορτισέρ διατηρείται πρακτικά σταθερή.

3^η φάση : Έχουμε τη γήρανση και αρχίζει να εμφανίζει κάποια σημαντική διαρροή. Η διάρκειά της μέχρι την πλήρη αχρήστευση του αμορτισέρ είναι και πάλι 100 μέχρι 2000 χιλιόμετρα.

6.6. Υδραυλική ανάρτηση : Σε ορισμένους τύπους αυτοκίνητων χρησιμοποιείται η υδραυλική ανάρτηση. Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η υδραυλική ανάρτηση είναι ότι έχουμε μεγαλύτερη απορρόφηση κραδασμών, προφυλάσσει το αυτοκίνητο από τις ταλαντώσεις στους ανώμαλους δρόμους και μας εξασφαλίζει άνετο και ξεκούραστο ταξίδι. Η λειτουργία της υδραυλικής εγκαταστάσεως γίνεται με την πίεση που δημιουργείται στο ειδικό υγρό από μια υδραυλική αντλία η οποία παίρνει κίνηση συνήθως με ιμάντα από τον κινητήρα του αυτοκίνητου και διανέμεται κατάλληλα με τον υδραυλικό διανομέα σε όλο το σύστημα ανάρτησης

Τα αμορτισέρ κραδασμών απορροφούν τις ταλαντώσεις του αυτοκίνητου στους ανώμαλους δρόμους και προφυλάσσουν την όλη ανάρτηση του αυτοκίνητου. Ανάλογα με την λειτουργία τους διακρίνονται σε απλής και σε διπλής ενέργειας και ανάλογα με την κατασκευή τους σε ρυθμιζόμενα και σε μη ρυθμιζόμενα. Σκοπός του αμορτισέρ είναι να αποσβένει τους κραδασμούς του αυτοκίνητου οι οποίοι δημιουργούνται κατά την πορεία του αυτοκίνητου στους ανώμαλους δρόμους. Τα μέρη από τα οποία αποτελούνται τα αμορτισέρ είναι το περίβλημα , η βάση , το χιτώνιο και από το σωλήνα πίεσεως. Οι βλάβες που μπορούν να προκύψουν σε ένα αμορτισέρ είναι το κόλλημα του εμβόλου , η εξασθένησή του και η φθορά του με την οποία μπορεί να έχουμε και την θραύση του.

6.7. Ανάρτηση με εγκάρσια φύλλα σούστας : Αυτού του είδους ανάρτηση τοποθετείται σε ορισμένα αυτοκίνητα στον μπροστινό αλλά και στον πίσω άξονα των τροχών συνδυάζοντας την ανεξάρτητη ανάρτηση με ένα μόνο σει ελατήριων σε μορφή φύλλων σούστας. Τα φύλλα σούστας στηρίζουν τους τροχούς ενώ ταυτόχρονα είναι και ράβδος εξισορροπήσεως. Για τον τύπο του αυτοκίνητου με τον κινητήρα εμπρός τα φύλλα σούστας τοποθετούνται πάνω από τα ψαλιδιά , ενώ η εφαρμογή για τα αυτοκίνητα με τον κινητήρα πίσω γίνεται αντίθετα και οι ταλαντώσεις αποσβένονται από τα αμορτισέρ. Τα πλεονέκτημα αυτού του είδους ανάρτησης είναι ότι έχουν χαμηλό κόστος , ευκολία επισκέψεων , μικρό ύψος και μεγάλη αντοχή. Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζονται είναι το μεγάλο τους βάρος και η μικρή ικανότητα καλής οδικής συμπεριφοράς στους ανώμαλους δρόμους.

7

ΠΛΕΟΝ/ΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝ/ΜΑΤΑ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ

7.1. Διαμήκης ημιελλειπτικές σούστες και άκαμπτος άξονας

Πλεονεκτήματα : μεγάλη αντοχή, μικρό κόστος , ευκολία επισκευών

Μειονεκτήματα : μικρή άνεση, μεγάλο βάρος, κακή οδική συμπεριφορά

7.2. Δίπλα ανισομεγέθη ψαλιδιά με αμορτισέρ και ομόκεντρα ελατήρια

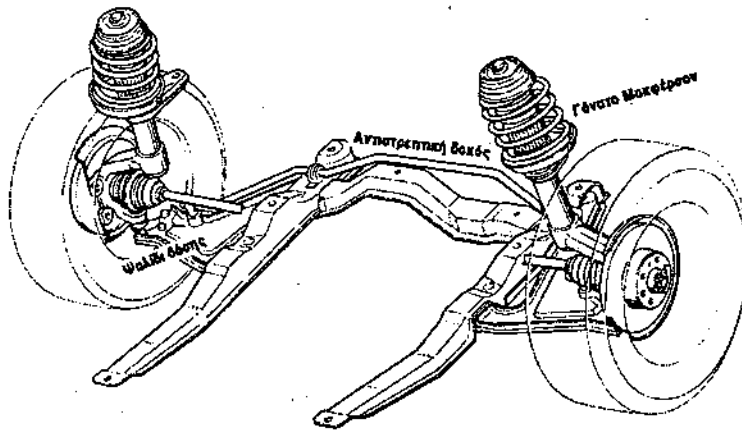
Πλεονεκτήματα : μεγάλη αντοχή, μεγάλη άνεση, ευκολίες συντηρήσεως και επισκευών, μικρό βάρος, καλή ανάρτηση τροχών

Μειονεκτήματα : μεγάλο κόστος

7.3. Γόνατα μακφέρσον με ράβδους στρέψης : περιορίζουν την κίνηση των τροχών μόνο στον κάθετο άξονα και έχουν ελατήρια πάνω σε αμορτισέρ διπλής ενέργειας.

Πλεονεκτήματα : πολύ καλή άνεση, μικρός όγκος, δυνατότητα ρυθμίσεως, καλή οδική συμπεριφορά, ευκολία συντηρήσεως

Μειονεκτήματα : μεγάλο κόστος, μεγάλη κλίση αμαξώματος, μεταφορά κραδασμών στο αμάξιωμα.



7.4. Ψαλιδιά βραχίονες και ράβδοι στρέψεως : απαραίτητα για την καλή λειτουργία αυτού του τύπου πρέπει να υπάρχει ισχυρή ράβδος εξισορροπήσεως τοποθετημένη εγκάρσια.

Πλεονεκτήματα : καλή οδική συμπεριφορά, μεγάλη αντοχή, ευκολία συντηρήσεως και επισκευών, μικρό ύψος

Μειονεκτήματα : μεγάλο κόστος, μεγάλες διαδρομές, μεταβολή χαρακτηριστικών με φορτίο

7.5. Άκαμπτος άξονας με σπειροειδή ελατήρια και βραχίονες στηρίξεως : για την ομαλή λειτουργία αυτού του τύπου αναρτήσεως και για να εκμηδενίζονται τα φαινόμενα συστρόφης και περιστροφής του άξονα είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση ράβδου πανάρ.

Πλεονεκτήματα : καλή λειτουργία σε άσχημες συνθήκες, καλή άνεση, καλή οδική συμπεριφορά, μεγάλη αντοχή, μικρό κόστος κατασκευής

Μειονεκτήματα : μεγάλο βάρος

7.6. Ημιαιωρούμενη ανάρτηση

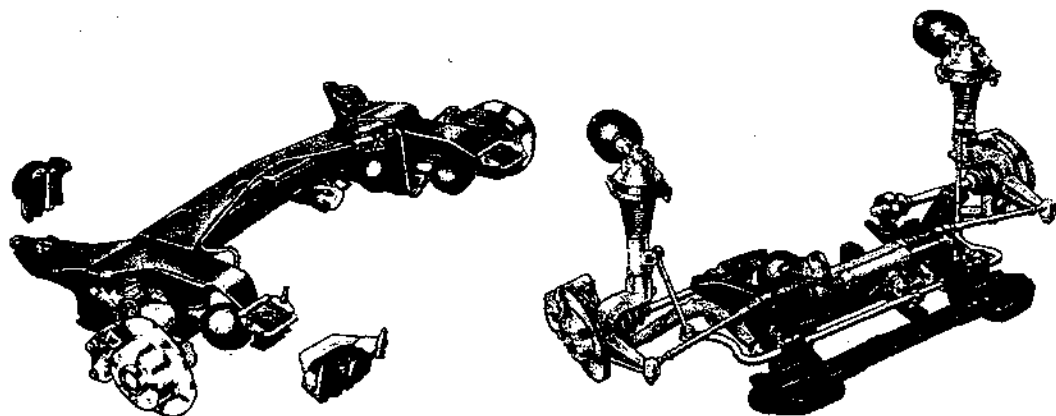
Πλεονεκτήματα : καλή οδική συμπεριφορά, καλή άνεση, ευκολία συντηρήσεως

Μειονεκτήματα : μεγάλο κόστος

7.7. Υδροπνευματική ανάρτηση : τον ρόλο των ελατήριων και των αμορτισέρ τον αναλαμβάνουν ειδικοί ασκοί που περιέχουν υγρό ή αέριο και επικοινωνούν μεταξύ τους ανά δυο ή ανά τέσσερις (ένας για κάθε τροχή).

Πλεονεκτήματα : πολύ καλή άνεση, καλή οδική συμπεριφορά, δυνατότητα ρυθμίσεως από τον οδηγό

Μειονεκτήματα : μεγάλο βάρος, μεγάλο λοστό, μεγάλος όγκος



8

ΗΜΙΕΛΛΕΙΠΤΙΚΑ - ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΑ

8.1. Συντήρηση και συναρμολόγηση των ημιελλειπτικών ελατήριων

Στα πρώτα χρόνια ζωής του αυτοκίνητου τα ημιελλειπτικά ελατήρια είχαν στα όμματά τους τριβείς από ορείχαλκο και είχαν συνεχώς ανάγκη περιοδικής λίπανσης. Στα σημερινά αυτοκίνητα οι ορειχάλκινοι τριβείς έχουν αντικατασταθεί από κυλίνδρους από ελαστικό πάνω στους οποίους είναι σταθερά προσαρμοσμένος τόσο ο πείρος όσο και το όμμα. Έτσι η σχετική κίνηση των δυο αυτών κομματιών γίνεται μέσα στο σώμα του ελαστικού. Οι ελαστικοί αυτοί τριβείς δεν χρειάζονται καμία συντήρηση. Το ημιελλειπτικό ελατήριο αποτελείται από ένα αριθμό χαλύβδινων φύλλων που το κάθε ανώτερο είναι μεγαλύτερο από το κατώτερο του. Αυτά είναι συνδεδεμένα στη μέση με ένα κοχλία και με δυο συνδέσμους που στερεώνουν ολόκληρο το ελατήριο πάνω στον άξονα.

Συνήθως η τριβή ανάμεσα στα φύλλα των ημιελλειπτικών ελατήριων είναι ξηρά. Σε άλλες περιπτώσεις ανάμεσα στα χαλύβδινα φύλλα τοποθετούνται φύλλα από μαλακότερα μέταλλα όπως ο ψευδάργυρος ή ακόμα και φύλλα από ελαστικό. Τέλος υπήρχαν ελατήρια που είχαν κυλινδρικούς στα άκρα των φύλλων των ελατήριων για να ευκολύνουν την τριβή.

8.2. Λύση και συναρμολόγηση των ημιελλειπτικών ελατήριων.

Όταν το αυτοκίνητο υφίσταται γενική επισκευή καλό είναι να αποσυναρμολογούνται τα ελατήρια του συστήματος ανάρτησης από το πλαίσιο και να επιθεωρούνται ξεχωριστά. Για την αποσυναρμολόγηση από το αμάξωμα αφαιρούνται οι πείροι των ελαστικών τριβέων και αποχωρίζεται το ελατήριο αφού προηγουμένως είχε διαλυθεί η σύνδεση μεταξύ άξονα και ελατηρίου και έχει αφαιρεθεί ο άξονας.

Για την διάλυση του ελατηρίου αφαιρούνται οι σύνδεσμοι των φύλλων και ο κεντρικός κοχλίας. Στη συνέχεια επιθεωρείται κάθε φύλλο ξεχωριστά για ρωγμές και ελέγχεται η καμπυλότητα του σε σύγκριση με αντίστοιχα καινούρια φύλλα. Τα φύλλα που παρουσιάζουν ρωγμές αντικαθίσταται με καινούρια και αν η καμπυλότητα τους έχει μεταβληθεί είναι δυνατό να σταλούν σε ειδικό σιδηρουργό για να τους ξαναδώσει με ειδική σφυρηλασία την κανονική τους καμπυλότητα, διαφορετικά το φύλλο πρέπει να αντικατασταθεί. Για την αρμολόγηση και ξανασύνδεση του ελατηρίου ακολουθείται η αντίστροφη σειρά των εργασιών.

8.3. Σύγχρονα ημιελλειπτικά ελατήρια

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει σπάνια χρησιμοποιούνται ημιελλειπτικό ελατήρια στους εμπρόσθιους άξονες. Στους οπίσθιους όμως εξακολουθούν ακόμα να χρησιμοποιούνται σε μεγάλο αριθμό αυτοκινήτων. Γενικά τα ελατήρια αυτά είναι τύπου χωρίς λίπανση και με ελαστικούς τριβείς. Ο αριθμός των φύλλων έχει μειωθεί σε δυο ή τρία λόγω σημαντικής βελτίωσης της ποιότητας του χάλυβα που χρησιμοποιείται για την κατασκευή ελατηρίων. Σε πολλές περιπτώσεις το σημείο στο οποίο στηρίζεται το ελατήριο πάνω στον άξονα δεν είναι στο μέσον του αλλά είναι προχωρημένο προς τα εμπρός. Το παρουσιάζει τον τρόπο σύνδεσης ενός ημιελλειπτικό ελατηρίου με τον άξονα. Σε μερικές περιπτώσεις τα ελατήρια δημιουργούν ένα θόρυβο που συνήθως έχει αιτία τη δημιουργία σκουριάς ανάμεσα στα φύλλα του. Για να σταματήσει ο θόρυβος αλείφουμε τα ελατήρια με φωτιστικό πετρέλαιο ή διεισδυτικό λαδί με γραφίτη. Άλλη αιτία του θορύβου στα ελατήρια είναι η χαλάρωση των συνδέσμων των φύλλων.

8.4. Μείωση της καμπυλότητας των ελατήριων

Μετά από μακροχρόνια χρήση με ιδιαίτερα βαρύ φορτίο μπορεί να προκαλέσει παραμόρφωση των ημιελλειπτικών ελατήριων και να τα κάνει να είναι πολύ λιγότερο καμπύλα από ότι κανονικά πρέπει να είναι. Για την εξακρίβωση του βαθμού παραμόρφωσης των ελατήριων μετριέται η απόσταση του άκρου του ελαστικού αναστολέα από το αμάξωμα και συγκρίνεται με την απόσταση που δίνει ο κατασκευαστής στις οδηγίες επισκευών του αυτοκίνητου. Αν τα ελατήρια είναι παραμορφωμένα μπορούν να επανέλθουν στο κανονικό τους σχήμα αν σταλούν στο εργαστήριο ειδικού για ελατήρια.

8.5. Ανεξάρτητες αναρτήσεις με σπειροειδή ελατήρια

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος ανεξάρτητης ανάρτησης εμπρόσθιων τροχών είναι με βραχίονες διχαλωτούς ή μη και με σπειροειδή ελατήρια. Τα (σχήματα 69,70) παρουσιάζουν την αρχή της λειτουργίας των συστημάτων αυτών. Εδώ η βάση του ακραξονίου καταλήγει σε ένα είδος πείρου τα άκρα του οποίου συγκρατώνται στο πλαίσιο με δυο βραχίονες. Οι αρθρώσεις του πείρου με τους βραχίονες γίνονται με σφαιρικούς συνδέσμους με τέτοιο τρόπο ώστε ο τροχός να μπορεί να στραφεί δεξιά-αριστερά και πάνω-κάτω. Έτσι μπορεί να ακολουθήσει την κατεύθυνση που του δίνει κάθε στιγμή το σύστημα οδήγησης και συγχρόνως να ακολουθεί τη μορφή του καταστρώματος του δρόμου.

Αντιθέτως οι βραχίονες αρθρώνονται στο αμάξωμα με αρθρώσεις που τους επιτρέπουν μόνο κίνηση μέσα στο κατακόρυφο επίπεδο και έτσι ενώ συγκρατούν τον τροχό του επιτρέπουν να ανεβοκατεβαίνει. Ανάμεσα στους δυο βραχίονες ή ανάμεσα στον έναν από αυτούς και στο αμάξωμα βρίσκεται ένα ισχυρό σπειροειδές ελατήριο το οποίο παίρνει το βάρος του αυτοκίνητου που αντιστοιχεί στον τροχό και αντιδρά στις ταλαντώσεις του τροχού από τις ανωμαλίες του εδάφους. Οι δυο βραχίονες έχουν άνισο ύψος για να μην δημιουργείται οριζόντια μετακίνηση του τροχού κατά το ανεβοκατέβασμα του. Αυτό όμως έχει το μειονέκτημα ότι ο τροχός παίρνει μια κλίση όταν η ανωμαλία του εδάφους είναι κάπως σημαντική (σχήμα 70). Η ανεξάρτητη ανάρτηση κάθε τροχού επιτρέπει

την αιώρηση κάθε τροχού ανεξάρτητα από τον άλλο και μειώνει σημαντικά το μη αναρτημένο βάρος.

8.6. Ανεξάρτητη ανάρτηση με λιπαινόμενες αρθρώσεις

Αυτό το σύστημα βρίσκεται στην ανεξάρτητη ανάρτηση των εμπρόσθιων τροχών. Χαρακτηριστικό του συστήματος αυτού είναι ότι όλες οι αρθρώσεις τόσο του συστήματος ανάρτησης όσο και του συστήματος οδήγησης έχουν αρθρωτούς συνδέσμους που χρειάζονται λίπανση.

Ο πείρος του τροχού συνδέεται πάνω και κάτω με τους αντιστοίχους βραχιόνες με αρθρώσεις που επιτρέπουν κίνηση και κατά την έννοια της διεύθυνσης του αυτοκίνητου από το σύστημα οδήγησης και κατά την έννοια των ταλαντώσεων του τροχού από τις ανωμαλίες του εδάφους. Η αναλίπανση τους γίνεται κάθε 2000 έως 4000 km. Εκτός από τους λιπαντήρες αλλά σημεία που χρειάζονται κατά περιόδους επιθεώρηση είναι :

- 1) ο πείρος του τροχού και οι τριβείς του
- 2) οι τριβείς του αποσβεστήρα ταλαντώσεων
- 3) οι τριβείς των βραχιόνων
- 4) οι αρθρωτοί σύνδεσμοι μεταξύ βραχιόνων και πείρου

Νεώτεροι τύποι αυτοκίνητων χρησιμοποιούν όλο και λιγότερους συνδέσμους που έχουν ανάγκη λίπανσης. Στα σημερινά αυτοκίνητα πολύ σπάνια υπάρχουν σημεία που χρειάζονται λίπανση. Αντί για τους κοινούς αρθρωτούς συνδέσμους χρησιμοποιούνται σφαιρικοί σύνδεσμοι οι οποίοι αποτελούνται από ένα πείρο με σφαιρική κεφαλή η οποία βρίσκεται σε μια φωλιά από ναύλο γεμάτη με ένα ειδικό λίπος που κρατά πάνω από 50000 km. Η φωλιά είναι κλεισμένη με ένα ελαστικό κάλυμμα για να εμποδίζεται η είσοδος της σκόνης. Μέσα στη φωλιά υπάρχει ελατήριο που κρατά πάντα σε επαφή τις υποδοχές από ναύλο με τη σφαιρική κεφαλή.

8.7. Πιθανές φθορές και βλάβες στο σύστημα ανάρτησης με σπειροειδή ελατήρια

Οι πιθανότερες φθορές ή βλάβες που μπορούν να παρουσιαστούν στο σύστημα ανάρτησης από την μακροχρόνια χρήση ή έπειτα από ένα ατύχημα είναι :

- 1) κάμψη ή παραμόρφωση γενικά των βραχιόνων
- 2) θραύση ή εξασθένηση γενικά του ελατήριου
- 3) φθορά στους πείρους και στους τριβείς τους
- 4) παραμόρφωση του πείρου του τροχού
- 5) παραμόρφωση των στοιχείων του αμαξώματος πάνω στα οποία στηρίζεται το σύστημα ανάρτησης
- 6) παραμόρφωση του βραχίονα του αποσβεστήρα των ταλαντώσεων
- 7) παραμόρφωση του ακραζονίου ή της βάσης του

Γενικά ο καλύτερος τρόπος για να ελέγξει κανείς το σύστημα ανάρτησης είναι να ελέγξει τα γεωμετρικά στοιχεία του τροχού (γωνία αμπέρ, κάστερ, κλίση πείρου κτλ.).

8.8. Ανάρτηση με βραχίονες και ελατήρια στρέψης

Αντί για τα ελατήρια κάμψης, όπως είναι τα ημιελλειπτικά και τα σπειροειδή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελατήρια στρέψης που είναι οι γνωστές ράβδοι στρέψης. Εδώ η ράβδος στρέψης στηρίζεται σε δυο σημεία του αμαξώματος στο ένα σταθερά με πολύσφηνο και στο άλλο με ένα ελεύθερο τριβέα. Στο άκρο της ράβδου που είναι κοντά στον ελεύθερο τριβέα στηρίζεται με πολύσφηνο ένας βραχίονας στο άκρο του οποίου είναι το ακραζόνιο του τροχού. Έτσι κάθε ταλάντωση του τροχού από τις ανωμαλίες του εδάφους προκαλεί μια παραμόρφωση σε στρέψη της θρεπτικής ράβδου. Στην παραμόρφωση αυτή αντιδρά η ράβδος και τείνει να επαναφέρει τον τροχό στην αρχική του θέση. Στην πραγματικότητα ο τροχός στηρίζεται σε δυο βραχίονες.

Η ανάρτηση με στρεπτική ράβδο είναι απλή και αποτελεσματική, απαιτεί πολύ λιγότερο χώρο από ότι απαιτεί η ανάρτηση με σπειροειδή ελατήρια και δεν χρειάζεται καμία λίπανση. Η συντήρηση των συστημάτων ανάρτησης με

στρεπτικές ράβδους είναι ακριβώς η ίδια με των συστημάτων με σπειροειδή ελατήρια.

8.9. Ρύθμιση των στρεπτικών ράβδων

Για να κρατιέται το αμάξωμα στο κανονικό του ύψος πρέπει να υπάρχει πάντα ένα σύστημα ρύθμισης της έντασης της ράβδου με το αυτοκίνητο σε στάση και με το κανονικό του φορτίο. Συνήθως η ρύθμιση αυτή γίνεται με ένα κοχλία στο σταθερό άκρο της ράβδου με τον οποίο δημιουργείται μια ροπή στρέψης η οποία ανεβάζει ή κατεβάζει το αμάξωμα.

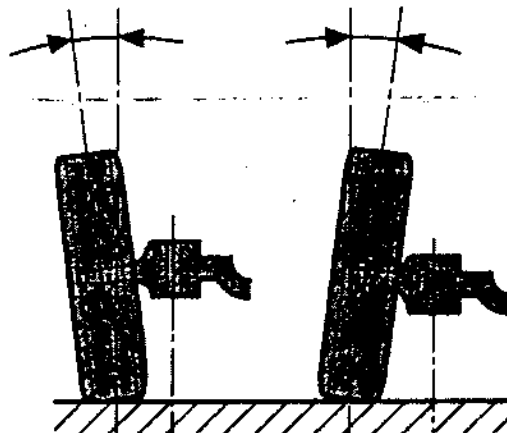
Για την ρύθμιση ανυψώνεται το αυτοκίνητο και υποστηρίζεται πίσω από τους τροχούς. Μετά τοποθετείται ένας γρύλος στο έξω άκρο του κάτω βραχίονα και ανυψώνεται μέχρι να απομακρυνθεί ο βραχίονας του αποσβεστήρα ταλαντώσεων από τον ελαστικό αναστολέα, όμως χρειάζεται προσοχή για να μην γλιστρήσει ο γρύλος. Κατόπιν αφαιρούνται ο κοχλίας και το περικόχλιο που κρατούν την συνδετική ράβδο στον βραχίονα ανάρτησης και αφαιρούνται οι κοχλίες και τα περικόχλια που κρατούν το εμπρόσθιο ήμισυ του βραχίονα. Αποσυνδέεται ο κάτω σύνδεσμος του πείρου του τροχού και χαμηλώνει ο γρύλος μέχρι να ελευθερωθεί η στρεπτική ράβδος από το φορτίο της. Τότε χαλαρώνει το ασφαλιστικό περικόχλιο του κοχλία του ρυθμιστικού βραχίονα και στρέφεται ο κοχλίας αντιωρολογιακά για να υψωθεί το αμάξωμα και ωρολογιακά για να χαμηλώσει.

Ανάρτηση Multi Link : Η ανάρτηση αυτή είναι ημιάκαμπτου άξονα πολλαπλών συνδέσμων στους πίσω τροχούς. Έχει μικρό βάρος, μικρές τριβές, μειώνει κατά πολύ τους θορύβους και μεγαλώνει το χώρο του σαλονιού. Κρατά επίσης τους τροχούς πάντα κάθετους στο δρόμο και έτσι έχουμε τέλειο κράτημα στις στροφές και μεγάλη σταθερότητα ακόμα και σε επιφάνειες που γλιστρούν. Επιπλέον δεν παρουσιάζει απότομες αντιδράσεις όπως οι κοινές αναρτήσεις και επιτρέπει στο αμάξωμα να κινηθεί περισσότερο κάθετα και λιγότερο πλευρικά.

Μεγάλο ρόλο στην οδική συμπεριφορά του οχήματος εκτός από το είδος της ανάρτησης κατέχει και η γεωμετρία του συστήματος. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν κατά κύριο λόγο το κράτημα είναι η γωνία κάμπερ, η γωνία κάστερ και η γωνία σύγκλισης των τροχών.

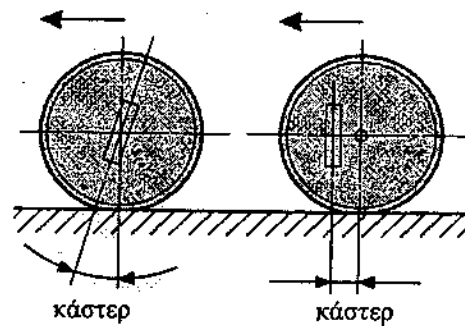
9.1. Γωνία κάμπερ

Η γωνία κάμπερ είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του επιπέδου του τροχού και του κάθετου προς το δρόμο επιπέδου. Αν ο τροχός είναι εντελώς κάθετος έχουμε μηδενικό κάμπερ, ενώ αν είναι κεικλιμένος προς τα μέσα ή προς τα έξω τότε έχουμε θετικό ή αρνητικό κάμπερ αντίστοιχα. Τα σύγχρονα αυτοκίνητα έχουν αρνητική γωνία κάμπερ γιατί επιτρέπει την ανάπτυξη υψηλότερων ταχυτήτων στις στροφές. Όταν ο τροχός στρέφεται υπό αρνητική κλίση (όπως ο εξωτερικός τροχός που δέχεται και το μέγιστο φορτίο) τείνει να στρίψει και το αυτοκίνητο προς την κατεύθυνση της κλίσης του, ενώ στην ευθύγραμμη πορεία ο ένας τροχός εξαναγκάζει τον αντικρυνό του να κινηθεί χωρίς παρέκκλιση. Στην περίπτωση που το κάμπερ είναι μεγάλο η επιπλέον δύναμη που εξασκεί ο ένας τροχός στον απέναντί του φθείρει άσκοπα τα ελαστικά. Γι' αυτό δεν πρέπει να δίνονται μεγάλες τιμές κατά τη ρύθμιση της συγκεκριμένης γωνίας. Στα ανισομεγέθη διπλά ψαλίδια η γωνία κάμπερ μεταβάλλεται ελαφρά όταν το όχημα περνά πάνω από ανώμαλο οδόστρωμα, ενώ στο γόνατο ΜακΦέρσον η μεταβολή αυτή είναι μεγαλύτερη αλλά όχι και υπερβολική.



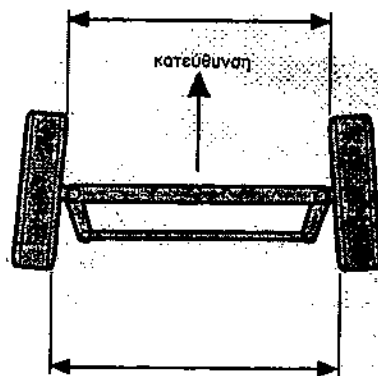
9.2. Γωνία κάστερ

Η άλλη σημαντική γωνία είναι η κάστερ, η οποία είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του κάθετου προς το δρόμο άξονα που περνά από το κέντρο του τροχού και της θεωρητικής προέκτασης του βασιλικού πείρου. Από τη γωνία κάστερ εξαρτάται η επαναφορά του τιμονιού στη θέση της ευθείας μετά από το τέλος μιας στροφής.



9.2. Γωνία σύγκλισης

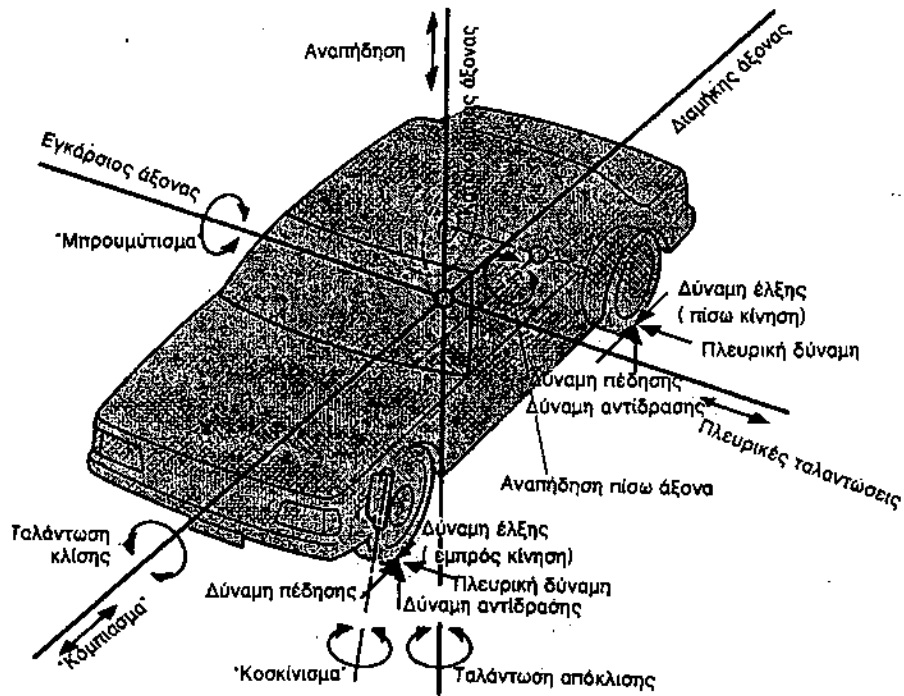
Προκειμένου να μην 'κοσκινίζει' το τιμόνι στη θέση της ευθείας είναι αναγκαία η ρύθμιση της γωνίας σύγκλισης των τροχών, που σχηματίζεται μεταξύ του άξονα που εφάπτεται στην εξωτερική περιμετρο του τροχού και του διαμήκους άξονα του οχήματος.



9.4. Κέντρα και άξονες περιστροφής

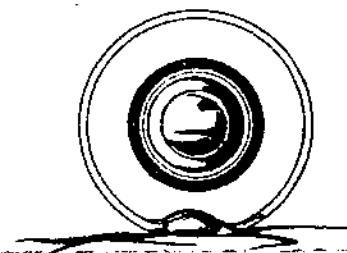
Εκτός από τις προαναφερθείσες γωνίες, σημαντικά γεωμετρικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν την οδική συμπεριφορά του αυτοκινήτου είναι και τα κέντρα και οι άξονες περιστροφής. Κέντρο περιστροφής είναι το σημείο γύρω από το οποίο περιστρέφεται το αμάξωμα στο κάθετο προς το δρόμο επίπεδο που περνά από τον

άξονα του κάθε ζεύγους των τροχών. Η ευθεία που ενώνει το εμπρός και πίσω κέντρο περιστροφής ονομάζεται άξονας περιστροφής.



10.1. ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ

Ταλαντώσεις γενικά εμφανίζονται σε ένα όχημα εξαιτίας της κίνησής του πάνω στο δρόμο (ανωμαλίες του εδάφους) και από τις δονήσεις της μηχανής . Οι σημαντικότερες είναι αυτές που οφείλονται στις ανωμαλίες του εδάφους (σχήμα 1) που είναι και ο κυριότερος λόγος που οδηγός και επιβάτες κουράζονται με το αυτοκίνητο . Επίσης αυτές οι ταλαντώσεις αν είναι αρκετά ισχυρές τότε μπορεί να προκαλέσουν και παθολογικά προβλήματα , όπως ναυτία κ. τ. λ. Προκαλούν επίσης και προβλήματα με τα μεταφερόμενα φορτία στα οποία μπορεί να προκαλέσουν ζημιές . Έτσι , ένας από τους πρωταρχικούς στόχους του σύγχρονου σχεδιασμού είναι να περιορίσει όσο γίνεται αυτές τις ταλαντώσεις .



Σχήμα 1. Ανωμαλίες στο οδόστρωμα

Η πρώτη μορφή ταλαντώσεων προέρχεται από τις ανωμαλίες του δρόμου οι οποίες έχουν διαφορετικές διαστάσεις και σχήμα και οι οποίες υπάρχουν

ακόμα και σε ασφαλτοστρωμένους δρόμους . Η τραχύτητα λοιπόν των δρόμων οφείλεται κυρίως σε δύο είδη ανωμαλιών :

A) σε μικροανωμαλίες (3-5mm ύψος και 8-10mm μήκος) και

B) σε κυματώσεις (10-12mm ύψος και 5-8mm μήκος)

Η εμφάνιση των μικροανωμαλιών έχει στοχαστικό χαρακτήρα ενώ, αντιθέτως, για τις κυματώσεις έχει παρατηρηθεί ότι συνήθως εμφανίζονται σε δρόμους με συχνή κυκλοφορία , ένα με δύο χρόνια μετά την ασφαλτόστρωση και προκαλούν το μεγαλύτερο πρόβλημα στην προσπάθεια για να επιτευχθεί άνεση στην κίνηση με το αυτοκίνητο .

10.2. Πειραματική προσέγγιση του φαινομένου .

Διάφορα πειράματα διεξάγονται για να εξετασθεί το κατά πόσο είναι ομαλή η κίνηση ενός οχήματος . Αυτά πραγματοποιούνται είτε μέσα στο εργαστήριο , είτε στον πραγματικό δρόμο . Έχουν αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι για τη μελέτη του φαινομένου . Εκτός από μια γενική εκτίμηση τα πειράματα σκοπεύουν να εξετάσουν την επίδραση χαρακτηριστικών συντελεστών της κίνησης της ταλάντωσης όπως το πλάτος της , η ταχύτητά της και η επιτάχυνσή της . Ενδιαφέροντα μεγέθη είναι επίσης οι διάφορες συχνότητες ταλαντώσεων που εμφανίζονται σε αναρτημένες ή μη μάζες .

Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων στο εργαστήριο χρησιμοποιούνται οι παρακάτω μέθοδοι για την παραγωγή ταλαντώσεων :

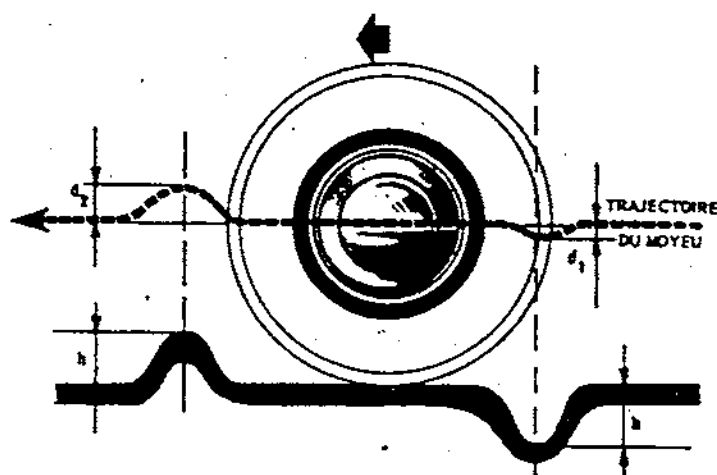
A) τραβώντας κάτω απότομα το σασσί του αυτοκινήτου και κατόπιν απελευθερώνοντάς το , αποσυνδέοντας τα φρένα την ίδια στιγμή

B) με ανύψωση του οχήματος με τη βοήθεια ειδικής πλατφόρμας σε ένα ύψος μεταξύ 50 και 60 mm και στη συνέχεια γρήγορα αφήνοντάς το , (αυτές οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούνται για να βρεθούν οι συχνότητες ταλάντωσης , όπως και τη φύση απόσβεσης και τέλος για να καθορίσουν τα κέντρα ταλάντωσης του οχήματος) .

Γ) ανεβάζοντας το αυτοκίνητο πάνω σε μια σταθερή πειραματική βάση που από κάτω έχει τύμπανα, τα οποία είναι έκκεντρα και έχουν τη δυνατότητα να περιστρέφονται (τα τύμπανα μπορεί να είναι κάτω είτε από τους εμπρός τροχούς, είτε κάτω από τους πίσω, είτε κάτω και από τους τέσσερις τροχούς). Στην περίπτωση που τα τύμπανα έχουν τοποθετηθεί μόνο κάτω από τους εμπρός ή από τους πίσω τροχούς, τότε εξετάζονται οι ταλαντώσεις που προκαλούνται σε μια μόνο από τις αναρτήσεις, ενώ στην άλλη περίπτωση εξετάζεται ο συνδυασμός των ταλαντώσεων των εμπρός και πίσω τροχών.

Δ) ταλαντώνοντας περιοδικά τις πλατφόρμες πάνω στις οποίες στέκεται το όχημα

Ε) ανεβάζοντας τους τροχούς του οχήματος πάνω σε μετακινούμενες λωρίδες οι οποίες έχουν πάνω τους τεχνητές ανωμαλίες (σχήμα 2).



Σχήμα 2. Τεχνητές ανωμαλίες για δοκιμές αναρτήσεων

Για την διεξαγωγή αυτών των πειραμάτων συνήθως χρησιμοποιούνται ανωμαλίες 50 mm ύψος και 250, 500 mm μήκος, οι οποίες μοιάζουν αρκετά στο προφίλ των πραγματικών που υπάρχουν στους δρόμους. Εκτός όμως από αυτές χρησιμοποιούνται και πιο κοντές ανωμαλίες, περίπου 120 mm μήκος και 25, 35, και 50 mm ύψος, οι οποίες προσαρμόζονται για παράδειγμα λιθόστρωτο όπως και άλλες επιφάνειες δρόμων. Όταν οι ταλαντώσεις ενός οχήματος εξετάζονται στο εργαστήριο τότε οι ταλαντώσεις του σασσί των τροχών και των επιβατών στις θέσεις τους καταγράφονται

με τη βοήθεια ενός καταγραφικού ή ενός ταλαντωγράφου . Ένα ταχύμετρο χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η γωνιακή ταχύτητα των τυμπάνων από την οποία εύκολα μπορεί να υπολογιστεί η ταχύτητα του οχήματος .

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων επεξεργάζονται στη συνέχεια για να εκτιμηθούν οι συχνότητες ταλάντωσης των αναρτημένων ή μη μαζών , καθώς , επίσης , για την αξιολόγηση του πλάτους της ταχύτητας και της επιτάχυνσης της ταλάντωσης , όπως και για κάποιες άλλες παραμέτρους .

Για να αποκτηθούν συγκρίσιμα αποτελέσματα για διαφορετικά αυτοκίνητα κατά τη διάρκεια πειραμάτων στο δρόμο , οι ταλαντώσεις προκαλούνται κάνοντας το όχημα να τρέξει πάνω από τεχνητές ανωμαλίες καθορισμένου προφίλ , οι οποίες είναι τοποθετημένες σε ένα λείο , επίπεδο δρόμο (δύο ανωμαλίες και για τους δεξιά και για τους αριστερά τροχούς αντίστοιχα) . Οι ανωμαλίες διασχίζονται σε μια ποικιλία ταχυτήτων ξεκινώντας από 1.4 – 2.8 m/s και αυξάνονται κατά 1.4 m/s . Για τις δοκιμές δρόμου συνήθως χρησιμοποιούνται καμπύλες διαμήκεις ανωμαλίες . Ο δρόμος είναι σκορπισμένος με μεγάλες (1.5 – 2.5 m) και μικρές (0.8- 1.2 m) ανωμαλίες . Ο χρόνος που αυτές διασχίζονται σε μια ταχύτητα από 5.5 – 1.1 m/sec είναι ίσος , για τις μεγάλες ανωμαλίες , με την περίοδο των ταλαντώσεων χαμηλών συχνοτήτων , ενώ για τις μικρές είναι ίσος με την περίοδο των ταλαντώσεων υψηλών συχνοτήτων .

Μια ποικιλία από οχήματα της ίδιας κατηγορίας μπορούν να εξετασθούν σε δρόμους με ανωμαλίες ίδιου μήκους και ίδιου ύψους . Στην περίπτωση των φορτηγών π.χ. οι ανωμαλίες πρέπει να έχουν μήκος 0.8 και 3 m . Όταν εξετάζονται οχήματα με στερεά ή μαλακή ανάρτηση το ύψος των ανωμαλιών πρέπει να είναι αντίστοιχα 40 και 80 mm . Κατά τη διάρκεια των δοκιμών η απόλυτη κίνηση του σασσι και των μη αναρτημένων μαζών είναι αυτή που ενδιαφέρει και καταγράφεται με σημείο αναφοράς το έδαφος .

Μετά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των δοκιμών , καθορίζονται οι μεγαλύτερες αποκλίσεις των διάφορων μερών του αυτοκινήτου από μια

γραμμή αποτελεσμάτων κατά την πρώτη περίοδο ταλάντωσης, όπως επίσης, καθορίζεται και η συχνότητα των διαφόρων ταλαντώσεων. Η μετατόπιση του ελαστικού στοιχείου της ανάρτησης μπορεί να εκτιμηθεί από την απόσταση μεταξύ των καμπυλών ταλάντωσης των αξόνων των τροχών και του σώματος του οχήματος.

Οι γωνιακές ταλαντώσεις του σασσί βρίσκονται από την κάθετη κίνηση των σημείων της, που τοποθετούνται στον εμπρός και στον πίσω άξονα.

Κατά την διάρκεια των δοκιμών η ταχύτητα του οχήματος πρέπει να διατηρείται σταθερή. Αν η ταχύτητα μετριέται από ένα ταχύμετρο τότε το λάθος μπορεί να είναι της τάξης του 10 % - 30 %. Η ακρίβεια της μέτρησης για χαμηλές ταχύτητες μπορεί να αυξηθεί αν καθοριστούν οι σχέσεις μετάδοσης του κιβωτίου ταχυτήτων και μετρηθούν οι στροφές του κινητήρα με τη βοήθεια ενός στροφόμετρου. Εντούτοις η πιο ακριβής μέθοδος μέτρησης της μέσης ταχύτητας ενός αυτοκινήτου γίνεται με σημάδια χρόνου κατανεμημένα πάνω σε ένα φωτογραφικό φιλμ ή πάνω σε ένα καταγραφικό, με τη βοήθεια ενός αυτογραφικού (autotimer). Αν το μήκος του τμήματος του δρόμου και ο χρόνος της κίνησης είναι γνωστά τότε μπορεί εύκολα να υπολογιστεί η μέση ταχύτητα.

Οι τιμές της επιτάχυνσης κατά τη διάρκεια των ταλαντώσεων καθορίζονται από τις καταγραφές της κορδέλας ενός επιταχυνσιόμετρου.

Πειραματικός υπολογισμός της ροπής αδράνειας των αναρτημένων μαζών :

Όταν εξετάζεται, το κατά πόσο είναι εξομαλυμένη η κίνηση ενός αυτοκινήτου και υπολογίζονται τα στοιχεία της ανάρτησης, είναι απαραίτητο να είναι γνωστή η ροπή αδράνειας των αναρτημένων μαζών (σασσί), η οποία συμβολίζεται με I_b , ως προς τον άξονα ο οποίος περνά από το κέντρο βάρους του αυτοκινήτου και είναι κάθετος στο διαμήκη άξονά του. Η απλούστερη μέθοδος για να καθοριστεί αυτή η ροπή αδράνειας είναι να ταλαντώνεται το όχημα γύρω από τους άξονες των τροχών του. Γι' αυτό το λόγο οι μπροστινοί ή οι πίσω τροχοί με τα ελαστικά τους σφηνώνονται σε

βάσεις σχήματος V , όπως φαίνεται στο σχήμα 3 και η πίεση στα ελαστικά αυξάνεται στη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή . Ο άλλος άξονας μαζί με την ανάρτηση βγαίνουν και αντικαθίστανται από ελατήρια . Το μπροστινό μέρος του αυτοκινήτου διεγείρεται κατάλληλα για να προκληθούν ταλαντώσεις των οποίων η συχνότητα καθορίζεται από τις καταγραφές του ταλαντογράφου . Η ροπή αδράνειας των αναρτημένων μαζών ενός οχήματος I_1 ως προς τον άξονα ο οποίος διέρχεται από τον άξονα περιστροφής O_1 μπορεί να βρεθεί από τον τύπο (σε $N \cdot M \cdot S^2$) :

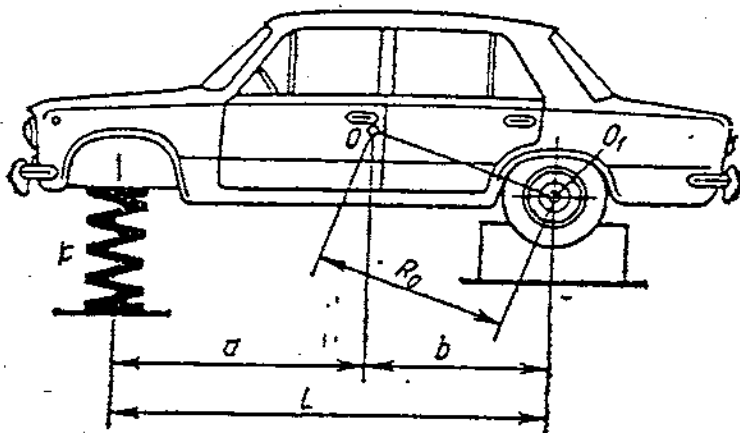
$$I_1 = \frac{\kappa l^2 T_1}{4 \pi^2} \quad (1)$$

οπού έχουμε :

κ = σταθερά ελατηρίου (N/M)

l = απόσταση του κέντρου του ελατηρίου από το κέντρο της περιστροφής (M)

T_1 = περίοδος της ταλάντωσης (s)



Σχήμα 3 . Καθορισμός της ροπής αδράνειας ενός αυτοκινήτου

Η ροπή αδράνειας I_b των αναρτημένων μαζών του οχήματος (σε $N \cdot M \cdot S^2$) σε σχέση με τον άξονα περιστροφής που περνάει από το κέντρο βάρους O και κάθετα στο διαμήκη άξονα του οχήματος μπορεί να βρεθεί από τη σχέση : $I_b = I_1 - m_b \cdot R_0^2$ (2)

οπού έχουμε : m_b = μάζα των αναρτημένων μαζών του οχήματος (kg)

R_o = απόσταση από το κέντρο βάρους O των αναρτημένων μαζών του οχήματος , σε σχέση με τον άξονα περιστροφής O_1 (σχήμα 3) ,
(m)

Το αποτέλεσμα των αποσβεστήρων στην απαλότητα της κίνησης μελετάται σε ειδικά πειράματα , στα οποία οι δυνάμεις αντίστασης σε διάφορες συχνότητες και πλάτη ταλάντωσης και επίσης σε διάφορες πιέσεις και θερμοκρασίες των ρευστών καθορίζονται .

10.3. Χαρακτηριστικά στην απαλότητα της κίνησης

Οι επιδράσεις που δημιουργούνται σε έναν ανθρώπινο οργανισμό εξαιτίας των ταλαντώσεων ενός οχήματος εκτιμούνται υποκειμενικά . Ακόμα και σήμερα ούτε μια παράμετρος δεν υπάρχει που να μπορεί να εκτιμήσει την απαλότητα της κίνησης ενός οχήματος ή να συσχετίσει ποσοτικά τα αποτελέσματα αυτών των ταλαντώσεων με τα χαρακτηριστικά που περιγράφονται παρακάτω .

- Την περίοδο της ταλάντωσης T , η οποία είναι ο χρόνος σε δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια του οποίου εκτελείται μια πλήρης ταλάντωση .
- Τη συχνότητα της ταλάντωσης που είναι ο αριθμός των ταλαντώσεων στη μονάδα του χρόνου , δηλαδή :

$$n = 1/T$$

Το πλάτος της ταλάντωσης z_{max} το οποίο είναι η μέγιστη μετατόπιση από τη θέση ισορροπίας σε m

- Η ταχύτητα της ταλάντωσης T που είναι πρώτη παράγωγος της κίνησης στο χρόνο m / sec

- Η επιτάχυνση της ταλάντωσης η οποία είναι η δεύτερη παράγωγος του πλάτους στη μονάδα του χρόνου ή η πρώτη παράγωγος της ταχύτητας στη μονάδα του χρόνου σε m/sec^2

- Ο λόγος της αύξησης της επιτάχυνσης, η οποία είναι η πρώτη παράγωγος της επιτάχυνσης ή η δεύτερη παράγωγος της ταχύτητας στη μονάδα του χρόνου, σε m/sec^3 .

Έχει καθιερωθεί και επιβεβαιωθεί πειραματικά ότι όλα τα οχήματα παράγουν ταλαντώσεις, οι οποίες υποδιαιρούνται σε ταλαντώσεις υψηλών συχνοτήτων (5–13 Hz) και σε ταλαντώσεις χαμηλών συχνοτήτων (0.8–2 Hz). Οι μη αναρτημένες μάζες συνήθως ταλαντώνονται με υψηλές συχνότητες, ενώ αναρτημένες μάζες ταλαντώνονται με χαμηλές συχνότητες.

Ταλαντώσεις υψηλών συχνοτήτων που συμβαίνουν ακόμα και με χαμηλά πλάτη (τραντάγματα, δονήσεις) δημιουργούν άσχημα αισθήματα, σα να πρόκειται να δημιουργήσουν βλάβες. Ένας άνθρωπος δεν αισθάνεται όλες τις ταλαντώσεις όταν περπατάει γιατί έχει συνηθίσει στη συχνότητα ανάμεσα στα 1.17–1.66 Hz από την παιδική ηλικία. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα σύγχρονα αυτοκίνητα ταλαντώνονται περίπου ανάμεσα στα όρια αυτών των συχνοτήτων (1–1.3 Hz)

Όταν η ταχύτητα της ταλάντωσης αυξάνεται, η απαλότητα της κίνησης χειροτερεύει. Τα χαρακτηριστικά της ταλάντωσης σε σύγκριση με την ταχύτητα σε (m/sec) δείχνονται παρακάτω:

Καθόλου αντιληπτή	0.035
Λίγο αντιληπτή	0.035–1
Πολύ αντιληπτή	0.1–0.2
Δυνατά αντιληπτή	0.2–0.3
Δυσάρεστη και πολύ	

Δυσάρεστη

0.3 – 0.4

Τα αποτελέσματα των εναλλασσόμενων επιταχύνσεων πάνω στον ανθρώπινο οργανισμό, εξαρτώνται πολύ από τις συχνότητες της ταλάντωσης. Όταν η συχνότητα αυξάνει, ακόμα και μικρές επιταχύνσεις μπορεί να δημιουργούν δυσάρεστα αποτελέσματα ή ακόμα και παθολογικά προβλήματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΝ

<u>Συχνότητα (Hz)</u>	<u>επιταχύνσεις (m / sec²)</u>	
	<u>δυσάρεστες</u>	<u>παθολογικές</u>
1	2.35	2.7
1.5	2.1	2.5
2	1.9	2.3
3	1.7	2.0

Στις συχνότητες στις οποίες ταλαντώνεται το όχημα, το μεγαλύτερο ρόλο, για την απαλότητα της κίνησης, παίζει ο ρυθμός αλλαγής της επιτάχυνσης. Άσχημα αισθήματα εμφανίζονται στα 25 m / sec^3 και δυσάρεστα στα 40 m / sec^3 . Για αυτό ο ρυθμός αύξησης της επιτάχυνσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 25 m / sec^3 .

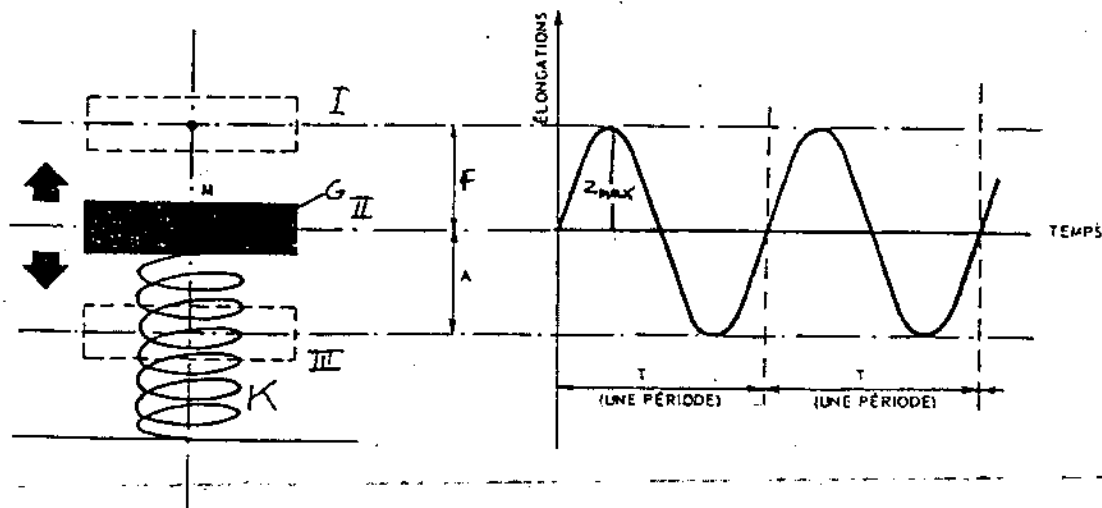
Στον πίνακα 2 που ακολουθεί παρουσιάζεται η επιτάχυνση που επιτρέπεται για υγιή άνθρωπο μέσης ηλικίας.

Η γερμανική εταιρία μηχανικών, πρότεινε ένα στάνταρ σύμφωνα με το οποίο η επιτάχυνση με ταλαντώσεις υψηλού πλάτους και συχνότητας 0.5 – 5 Hz και την ταχύτητα με ταλαντώσεις μικρού πλάτους και με μια συχνότητα από 15 – 80 Hz, δίνουν το δείκτη που χρησιμοποιείται για εκτίμηση των αισθημάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2
ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΓΙΑ
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΙΔΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΝ (ΣΕ M / SEC²)

Κατάσταση	Ταλαντώσεις		
	Κάθετες	Διαμήκεις	Εγκάρσιες
Απαλό Περπάτημα	1.0	0.6	0.5
Εύκολη Οδήγηση	2.5	1.0	0.7
Μικρό Ταξίδι	4.0	2.0	1.0

Ας θεμελιωθεί, λοιπόν, η σχέση μεταξύ των ξεχωριστών χαρακτηριστικών της απαλότητας της κίνησης ενός οχήματος. Ας θεωρήσουμε, λοιπόν, αρμονική ταλάντωση ενός σώματος με βάρος G (σχήμα 4) και με ένα βαθμό ελευθερίας τοποθετημένο πάνω σε ένα ελατήριο με σταθερά k (N / M).



Σχήμα 4. Ταλάντωση σώματος με ένα βαθμό ελευθερίας

Αν το ελατήριο είναι χωρίς φορτίο τότε το σώμα κατέχει τη θέση I.

Όταν το σύστημα είναι σε ισορροπία, τότε το ελατήριο είναι στατικά παραμορφωμένο, κάτω από την επίδραση της δύναμης G και έτσι παίρνει τη θέση II και έχουμε :

$$F = \frac{G}{K}$$

Έστω τώρα ότι το σώμα τραβιέται από τη θέση ισορροπίας του μετακινώντας το στη θέση III και συνεπακόλουθα πρίζοντας το ελατήριο. Στη συνέχεια ελευθερώνουμε το σώμα για να μπορεί να ταλαντωθεί. Αν η κίνηση του σώματος καταγραφεί σε μία κορδέλα η οποία μετακινείται με σταθερή ταχύτητα η καταγραφή θα δείξει τις ταλαντώσεις του σώματος. Μπορεί, τότε να βρεθεί στην καμπύλη το πλάτος Z_{max} το οποίο είναι ίσο με τη μέγιστη μετατόπιση από τη θέση ισορροπίας και η περίοδος T ίση με το χρόνο που παρεμβάλλεται μεταξύ δύο ίδιων σημείων πάνω στη καμπύλη {π.χ. μεταξύ των διαδοχικών κορυφών}.

Κατά τη διάρκεια των ταλαντώσεων το σώμα μεταβάλλει ανομοιόμορφα τη θέση του, την ταχύτητά του, την επιτάχυνσή του και το ρυθμό μεταβολής της επιτάχυνσης, αλλάζοντας τα κάθε χρονική στιγμή.

Η διαφορική εξίσωση της ταλάντωσης για αυτήν την περίπτωση έχει την παρακάτω μορφή :

$$m * \frac{d^2 z}{dt^2} + k * z = 0 \quad (3)$$

Λύνοντας την παραπάνω εξίσωση έχουμε :

$$z = z_{max} * \sin \sqrt{\frac{k}{m}} * T \quad (4)$$

όπου z_{\max} είναι η μέγιστη μετατόπιση σε m.

Η τιμή $\sqrt{\frac{k}{m}}$ στην εξίσωση (4) είναι η γωνιακή συχνότητα για ελεύθερες ταλαντώσεις ω . Από τα παραπάνω η (4) μπορεί να γράφει ως εξής :

$$z = z_{\max} * \sin\omega * t$$

Από την τελευταία εξίσωση ας βρούμε τις σχέσεις που συνδέουν τα ανεξάρτητα χαρακτηριστικά της απαλότητας της κίνησης στην περίπτωση των αρμονικών ταλαντώσεων.

Η ταχύτητα ταλάντωσης (σε m / sec)

$$v = \frac{dz}{dt} = z_{\max} * \omega * \cos\omega * t \quad (5)$$

Η επιτάχυνση ταλάντωσης (σε m / sec²)

$$j = \frac{d^2z}{dt^2} = z_{\max} * \omega^2 * \sin\omega * t \quad (6)$$

Η ταχύτητα αυξήσεως της επιτάχυνσης (σε m / sec³)

$$\frac{dj}{dt} = \frac{d^3j}{dt^3} = -z_{\max} * \omega^3 * \cos\omega * t$$

Η συχνότητα ω και η συχνότητα ταλάντωσης σχετίζονται με την ισότητα :

$$n = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2 * \pi} = \frac{1}{2 * \pi} * \sqrt{\frac{c}{m}}$$

Αντικαθιστώντας την τιμή της σταθεράς c από την εξίσωση (3) και εκφράζοντας την μάζα m ως G / g μπορούμε να πάρουμε την παρακάτω ισότητα :

$$n = \frac{1}{2 * \pi} * \sqrt{\frac{g}{f}}$$

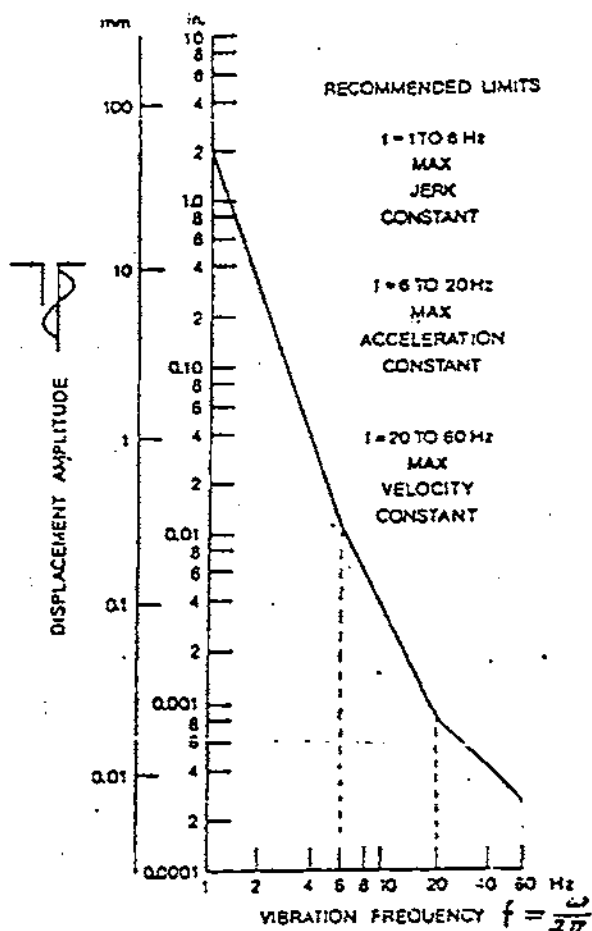
Άρα όσο μεγαλύτερη είναι η στατική παραμόρφωση του ελατηρίου τόσο μικρότεροι είναι η φυσική συχνότητα ταλάντωσης. Για το λόγο αυτό μαλακές αναρτήσεις χρησιμοποιούνται για να ελαττώσουν τις φυσικές συχνότητες ενός σώματος και έτσι να βελτιώσουν την άνεση της κίνησης .

Κριτήρια ανέσεως Janeway.

Πολύ σημαντικά είναι τα κριτήρια ανέσεως Janeway . Ορίζουν το αποδεκτό εύρος ταλαντώσεων ως συνάρτηση της συχνότητας . Από τα κριτήρια αυτά προκύπτει ότι καθώς η συχνότητα αυξάνει το αποδεκτό εύρος μειώνεται . Το

κριτήριο αυτό αποτελείται από τρεις απλές σχέσεις κάθε μια από τις οποίες καλύπτει μια περιοχή συχνοτήτων (στο σχήμα 5 αντιπροσωπεύουν τις τρεις ευθείες διαφορετικής κλίσης).

- 1 – 6 Hz
- 6 – 20 Hz
- 20 – 60 Hz



Σχήμα 5. Κριτήριο απόδοσης Janeway

Στην περιοχή 1 – 6 Hz ισχύει ότι $x_{\max} * \omega^3 < 12.6 m / sec^3$

Το γινόμενο του μέγιστου εύρους της μετατόπισης επί το ω^3 ονομάζεται J (jerk):

$$J = x_{\max} * \omega^3$$

Στην περιοχή 6 – 20 Hz το μέγιστο εύρος της επιτάχυνσης επί την κυκλική συχνότητα στο τετράγωνο δεν πρέπει να υπερβαίνει το $0.33 m / sec^4$. Τέλος στην

περιοχή 20 – 60 Hz το μέγιστο όριο της ταχύτητας επί την κυκλική συχνότητα δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2.7 mm / sec.

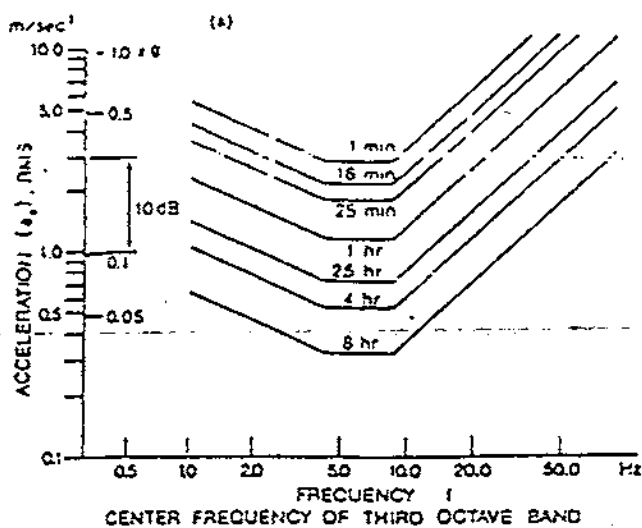
Το 1974 εξεδόθη και κατευθυντήριο εντολή του I.S.O που ορίζει τα ανθρώπινα φυσιολογικά όρια σε ταλάντωση ολόκληρου του ανθρώπινου σώματος (αλλά όρια ισχύουν για ξεχωριστά ανθρώπινα μέλη) στην περιοχή των 1 – 80 Hz. Προβλέπει τρία ανθρώπινα όρια που πρέπει να λαμβάνονται υπό όψη από τις βιομηχανίες :

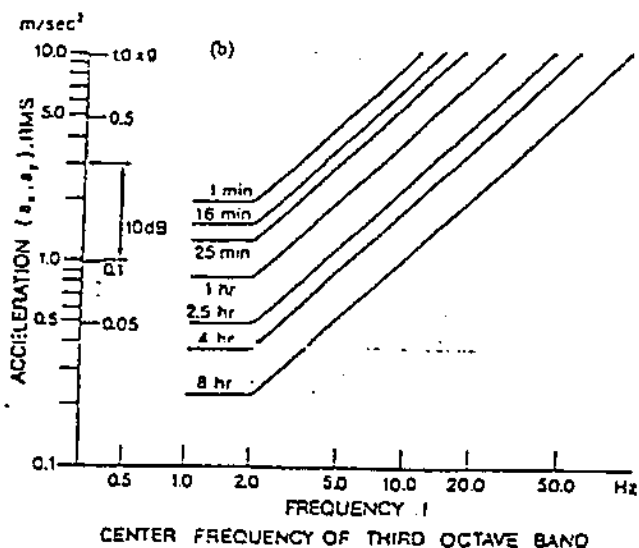
A – Όριο ταλαντώσεων που επιτρέπεται να εκτίθεται ο ανθρώπινος οργανισμός ώστε να μην διακινδυνεύεται η ασφάλεια του και η υγεία του (δεν πρέπει να υπερβαίνεται χωρίς σοβαρό λόγο και αιτία).

B – Όριο κοπώσεως ή μειωμένης απόδοσης . Σχετίζεται με την διατήρηση της αποδόσεως για τους οδηγούς των οχημάτων ελκυστήρων π.χ.

C – Όριο μειωμένης ανέσεως . Αφορά την άνεση και στα οχήματα μεταφοράς , σχετίζεται με την άνεση για ανάγνωση γραφή και σχετικές με αυτές ασχολίες .

Το όριο κατά I.S.O. δίνεται στο σχήμα 6 . Στο σχήμα 6 δίνεται το όριο κατακόρυφου επιταχύνσεως (RMS = τετραγωνική ρίζα του ολοκληρώματος των τετράγωνων της a_z) συνάρτηση της συχνότητας , με παράμετρο την χρονική διάρκεια εκθέσεως σε τέτοια ταλάντωση . Στο σχήμα 6 δίνεται και το αντίστοιχο όριο για επιταχύνσεις a_y και a_x .





Σχήμα 6. Διαγράμματα ορίων κοπώσεως σε ταλαντώσεις

Οι καμπύλες του σχήματος 6 δίνουν το όριο κοπώσεως (B) των I.S.O. Το όριο ασφάλειας (A) βρίσκεται από τις ίδιες καμπύλες και είναι κατά 6 db ψηλότερο. Επίσης από τις ίδιες καμπύλες το όριο μειωμένης ανέσεως (C) είναι κατά 10 db χαμηλότερο (διαιρείτε με το 3.15) .

Τα προαναφερθέντα όρια ορίσθηκαν μετά από πειράματα με ημιτονοειδείς διεγέρσεις και όχι με τυχαίες . Αμέσως μόλις υπάρξουν πειράματα με τυχαίες διεγέρσεις τα όρια αυτά θα αναθεωρηθούν .

Ο κατασκευαστής του οχήματος επιλέγοντας ένα σύστημα αναρτήσεως πρέπει να βεβαιωθεί ότι τα επιτρεπόμενα όρια ταλαντώσεως δεν πρόκειται να τα υπερβαίνει το όχημα του στις συνθήκες λειτουργίας για τις οποίες προορίζεται .

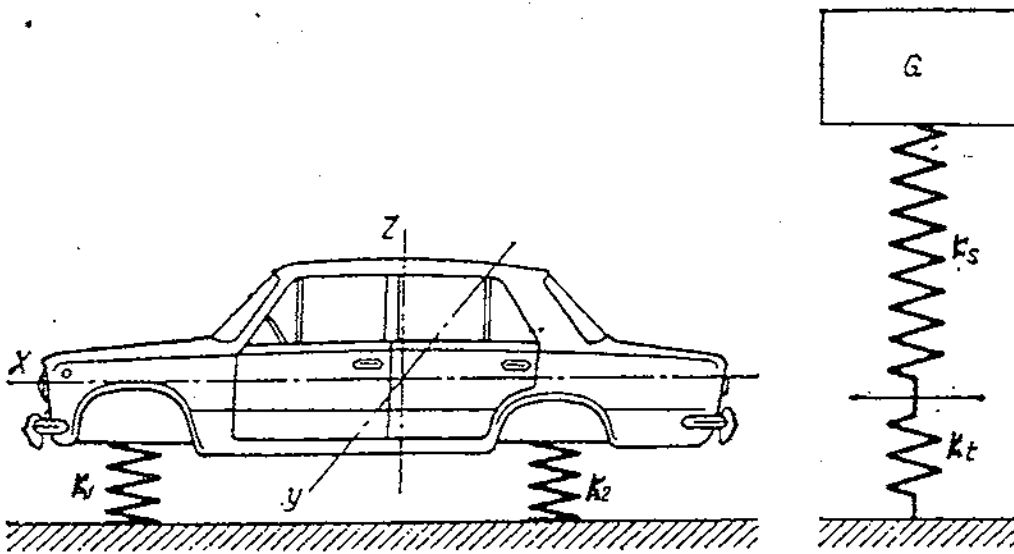
10.4. Ταλαντώσεις ενός μηχανοκίνητου οχήματος

Ελαστικότητα της ανάρτησης :

Ένα απλοποιημένο διάγραμμα ενός ταλαντωμένου μηχανοκίνητου οχήματος φαίνεται στο σχήμα 7 όπου τα γράμματα k_1 και k_2 δείχνουν την πραγματική δυσκαμψία της εμπρός και τις πίσω ανάρτησης .

Η πραγματική δυσκαμψία μιας ανάρτησης είναι η δυσκαμψία του ελατήριου η ενός οπουδήποτε ελαστικού στοιχείου του οποίου η μετατόπιση είναι ίση με την

ολική μετατόπιση της ανάρτησης και των ελαστικών όταν αυτά περνούν το ίδιο φορτίο . Για να καθοριστεί η πραγματική δυσκαμψία στο σχήμα 7 δείχνει ένα βάρος G να είναι πάνω σε ένα ελαστικό στοιχείο ανάρτησης και λάστιχου, των οποίων η δυσκαμψία (σταθερά του ελατήριου) είναι αντίστοιχα k_s και k_t .



Σχήμα 7. Καθορισμός της πραγματικής σταθεράς δυσκαμψίας

Το βάρος G μετατοπίζει το ελαστικό σύστημα κατά ένα πόσο ίσο με το άθροισμα των μετατοπίσεων του ελαστικού και του μέρους της ανάρτησης που παραμορφώνεται. Συγχρόνως η ολική μετατόπιση του συστήματος υπολογίζεται από την αλλαγή στη θέση του άξονα του τροχού και δίνεται (σε m) από τη σχέση :

$$f = \frac{G}{k_{eff}}$$

όπου k_{eff} είναι η πραγματική δυσκαμψία της ανάρτησης και του ελαστικού μαζί (σε N / M) Άρα θα είναι :

$$\frac{G}{k_{eff}} = \frac{G}{k_s} + \frac{G}{k_t}$$

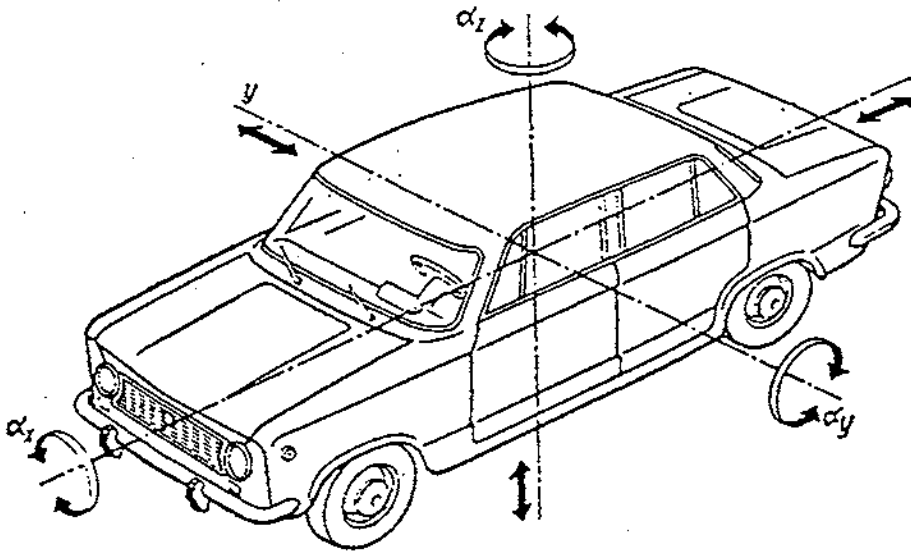
Λύνοντας την παραπάνω ισότητα ως προς k_{eff} έχουμε (σε N / M)

$$k_{eff} = \frac{k_s * k_t}{k_s + k_t} \quad (7)$$

Η δυσκαμψία του μπροστινού η του πίσω συστήματος ανάρτησης στα μοντέρνα αυτοκίνητα είναι ανάμεσα στις τιμές 20 έως 60 N / M . Οι μικρότερες τιμές

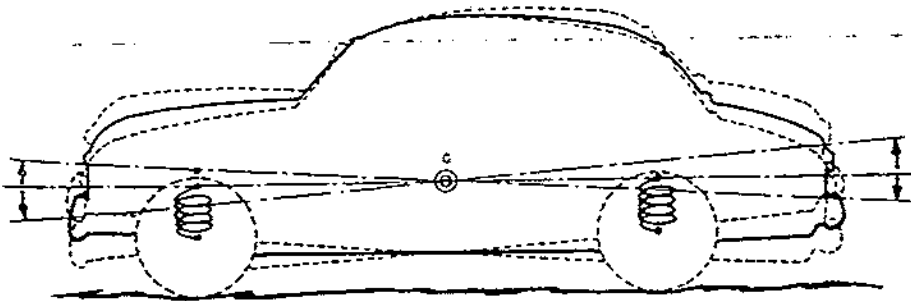
δυσκαμψίας αναφέρονται σε επιβατικά αυτοκίνητα ενώ οι μεγαλύτερες σε φορτηγά .

Το σώμα ενός σχήματος έχει 6 βαθμούς ελευθέριας (σχήμα 8) και μπορεί να εκτελεί έξι διαφορετικές ταλαντώσεις. Οι μετατοπίσεις που οφείλονται στις γραμμικές ταλαντώσεις κατά μήκος των αξόνων x, y, z δείχνονται αντίστοιχα ως : s_x, s_y, s_z ενώ οι αντίστοιχες γωνιακές κινήσεις ως : $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$.



Σχήμα 8. Είδη ταλαντώσεων σε ένα όχημα

Συνήθως εξαιτίας της περιπλοκότητας που έχει ένα σύστημα με έξι βαθμούς ελευθέριας και στην προσπάθεια , να απλοποιηθούν οι υπολογισμοί της ανάρτησης όσο γίνεται θεωρείται το σασί ενός αυτοκίνητου σαν ένα σύστημα με δυο βαθμούς ελευθέριας. Λαμβάνεται Υπόψην μόνο το πηδύμα s_z και ο καλπασμός που συμβολίζεται με α_y . Αυτές οι ταλαντώσεις είναι και οι πιο δυσάρεστη ενόχληση στον ανθρώπινο οργανισμό (σχήμα 9) .



Σχήμα 9. Ταλάντωση καλπασμού α_y

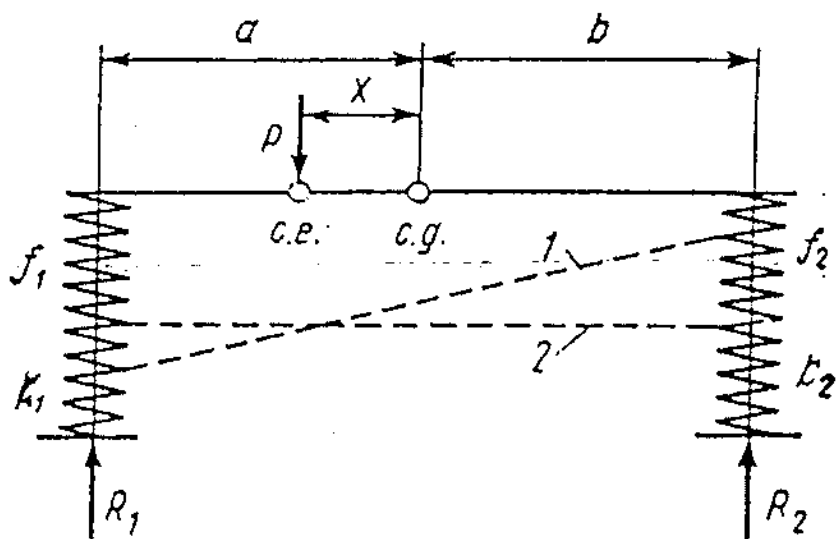
Κάθετες ταλαντώσεις του σώματος εμφανίζονται όταν οι τροχοί περνούν πάνω από ανωμαλίες. Μερικές φορές αυτές οι ταλαντώσεις εντείνονται πράγμα το οποίο μπορεί να προκαλέσει εμφάνιση συντονισμού όταν η συχνότητα της διέγερσης είναι κοντά σε μια από τις φυσικές συχνότητες του συστήματος .

Απαλές αναρτήσεις και αποσβεστήρες κρούσης χρησιμοποιούνται για να μειώσουν κάθετες ταλαντώσεις που δημιουργούν άσχημα άσθματα.

Στη συνέχεια οι αναρτήσεις θα εξεταστούν με τις βασικές αρχές της θεωρίας των ταλαντώσεων και κυρίως με τη θεωρία του κέντρου ελαστικότητας για να φανεί πως η κάθετη ταλάντωση a_y μπορεί να ελαττωθεί .

Κέντρο Ελαστικότητας :

Το κέντρο ελαστικότητας ενός συστήματος είναι το σημείο εκείνο όπου εμφανίζονται ευθύγραμμες μόνο μετατοπίσεις όταν εφαρμοσθεί μια εξωτερική δύναμη πάνω σε αυτό .Για να υπολογισθεί η θέση του κέντρου ελαστικότητας θεωρείται μια δοκός η οποία βρίσκεται επάνω σε δυο ελατήρια όπως στο σχήμα 10. Αν η εξωτερική διαταραχή δεν εφαρμόζεται στο κέντρο της ελαστικότητας (c.e) τότε συνυπάρχουν και ευθύγραμμη και γωνιακή μετατόπιση στο σώμα του αυτοκίνητου (όπως όμως αυτό τώρα μοντελοποιήθηκε). Όταν όμως η δύναμη εφαρμοστεί στο κέντρο ελαστικότητας τότε εμφανίζονται μόνο ευθύγραμμες μετατοπίσεις οι οποίες φαίνονται στο σχήμα 10 , στις θέσεις 1 και 2 . Στην τελευταία περίπτωση οι μετατοπίσεις των αναρτήσεων f_1 και f_2 είναι ίδιες και η a_y δεν υπάρχει.



Σχήμα 10. Εύρεση του κέντρου ελαστικότητας

Η απόσταση του κέντρου ελαστικότητας από το κέντρο βάρους του οχήματος χ προκύπτει από την εξίσωση ισορροπίας του συστήματος της δοκού :

$$\Sigma^{M_{cs}} = R_1 * a - P * x - R_2 * b = 0 \quad (8)$$

όπου R_1 και R_2 είναι οι αντιδράσεις.

Λύνοντας την εξίσωση ως προς χ βρίσκεται :

$$x = \frac{R_1 * a - R_2 * b}{P} \quad (9)$$

Για τις αντιδράσεις R_1 και R_2 (σε N) ισχύει :

$$R_1 = \kappa_1 * f_1 \text{ και } R_2 = \kappa_2 * f_2 \quad (10)$$

όπου κ_1 και κ_2 είναι οι δυσκαμψίες των ελαστικών στοιχείων της ανάρτησης και

f_1 , f_2 είναι οι αντίστοιχες μετατοπίσεις.

Επίσης ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις :

$$P = R_1 + R_2 = \kappa_1 * f_1 + \kappa_2 * f_2 \quad (11)$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές για R_1 , R_2 και P που βρήκαμε στην εξίσωση (9)

προκύπτει :

$$x = \frac{\kappa_1 * f_1 * a - \kappa_2 * f_2 * a}{\kappa_1 * f_1 + \kappa_2 * f_2} \quad (12)$$

επίσης ισχύει :

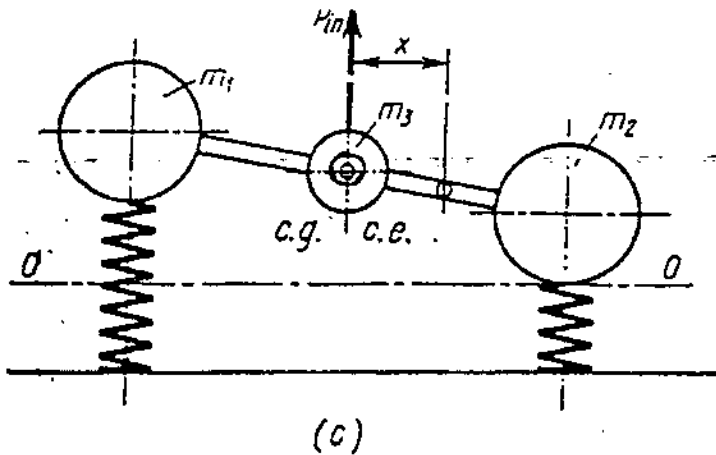
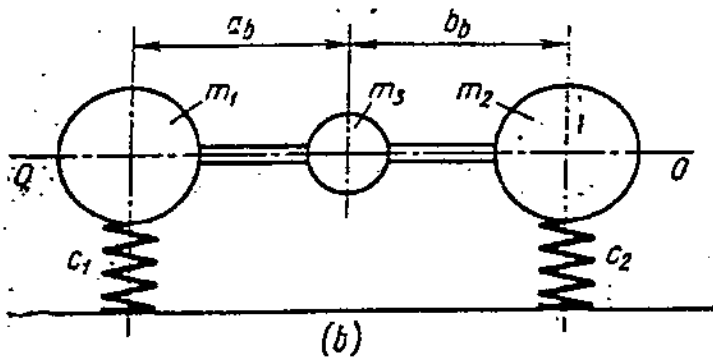
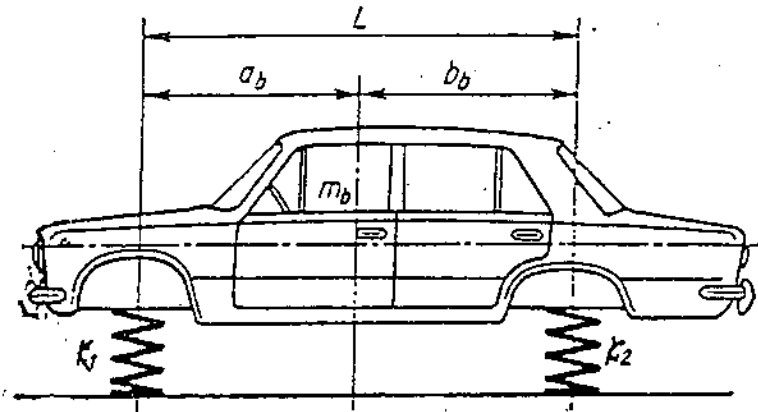
$$f_1 = f_2 \quad (13)$$

και από τις εξισώσεις (12) και (13) τελικά προκύπτει:

$$x = \frac{\kappa_1 * a - \kappa_2 * b}{\kappa_1 + \kappa_2} \quad (14)$$

Γενικά το σώμα του οχήματος ταλαντώνεται σε μια συχνότητα από τις φυσικές του. Για να μελετηθούν οι ελεύθερες ταλαντώσεις ενός οχήματος στο διάμηκες κάθετο επίπεδο, οι αναρτημένες μάζες (δηλαδή η μάζα m_b του σώματος, βλέπε σχήμα 11) αντικαθίσταται από τρεις μάζες m_1, m_2, m_3 και μια αβαρή συνδετική δοκό (σχήμα 11b). Οι μάζες m_1 και m_2 είναι τοποθετημένες σε αποστάσεις a_b και b_b από το κέντρο βάρους του συστήματος. Για να μπορεί

ένα σύστημα τριών μαζών να ανταποκρίνεται στη πραγματική μάζα του αναρτημένου τμήματος του αυτοκινήτου, πρέπει να ισχύουν οι παρακάτω προϋποθέσεις :



Σχήμα 11. Ελεύθερες ταλαντώσεις οχήματος

-Το άθροισμα όλων των μαζών του συστήματος, πρέπει να ίνα ίσο με το βάρος της αναρτημένης μάζας του αυτοκινήτου , δηλαδή :

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_b \quad (15)$$

-Το κέντρο βάρους του οχήματος πρέπει να συμπίπτει με το κέντρο βάρους της αναρτημένης μάζας του οχήματος και άρα :

$$m_1 * a = m_2 * b_b \quad (16)$$

-Η ροπή αδράνειας του συστήματος ως προς τον άξονα yy ,ο οποίος είναι κάθετος στο επίπεδο του συστήματος και περνάει από το κέντρο βάρους του, πρέπει να είναι ίσο με τη ροπή αδράνειας της αναρτημένης μάζας ως προς τον ίδιο άξονα , δηλαδή :

$$m_1 * a_b^2 + m_2 * b_b^2 = I = m_b * p_b^2 \quad (17)$$

όπου p_b είναι η ακτίνα αδράνειας της εξαρτημένης μάζας του οχήματος ως προς τον yy άξονα .

Λύνοντας τις εξισώσεις (15) , (16) , (17) , βρίσκονται οι τιμές για τις μάζες m_1 , m_2 και m_3 σε kg.

$$m_1 = \frac{m_b * p_b^2}{a_b * L} \quad (18)$$

$$m_2 = \frac{m_b * p_b^2}{b_b * L} \quad (19)$$

$$m_3 = m_b * \left[1 - \frac{p_b^2}{a_b * b_b} \right] \quad (20)$$

Αν τώρα η δοκός μετακινηθεί από τη θέση ισορροπίας και κατόπιν αφηθεί ελεύθερη , θα αρχίσει να ταλαντώνεται πάνω στα ελαστικά μέρη που στηρίζουν το σύστημα .

Ας εξεταστεί το αποτέλεσμα το οποίο ασκείται από τη μάζα m_3 και το κέντρο ελαστικότητας στις ταλαντώσεις της δοκού (σχήμα 11 c) . Κατά τη διάρκεια των ταλαντώσεων η δύναμη αδράνειας P_{in} που εφαρμόζεται στο κέντρο ελαστικότητας του συστήματος (σε N) , θα είναι

$$P_{in} = m_3 * j$$

όπου j είναι η αδρανειακή επιτάχυνση.

Η δύναμη αδράνειας δημιουργεί ροπή σε σχέση με το κέντρο ελαστικότητας

$$M_m = P_m * x = m_3 * j * x$$

Για να αποφευχθούν μεγαλύτερες αυξήσεις στις ταλαντώσεις καλπασμού του συστήματος η ροπή M_m πρέπει να είναι όσο γίνεται μικρότερη και αν είναι δυνατόν να γίνει ίση με μηδέν. Για να γίνει ,όμως , η M_m ίση με μηδέν πρέπει η μάζα m_3 να γίνει ίση με μηδέν ή η απόσταση x να γίνει ίση με μηδέν.

Ας υποθεθεί η περίπτωση στην οποία η μάζα m_3 γίνεται ίση με μηδέν . Από την εξίσωση (20) έχουμε ότι η m_3 γίνεται ίση με μηδέν όταν :

$$\frac{P_b^2}{a_b * b_b} = 1$$

γιατί η μάζα του σώματος m_b δεν μπορεί να είναι ίση με μηδέν . Για να ισχύει αυτή η συνθήκη , ο σχεδιαστής πρέπει ή να κατανειμίει αντίστοιχα τις μάζες του οχήματος , για παράδειγμα τη μηχανή να την πάει πιο μπροστά και το χώρο των αποσκευών πιο πίσω ώστε να εξασφαλίσει την απαιτούμενη ακτίνα αδράνειας P_b , ή , αν αυτό είναι δυνατό , να αλλάξει το κέντρο βάρους του οχήματος .

Για μοντέρνα αυτοκίνητα ο λόγος :

$$\frac{P_b^2}{a_b * b_b} = 1$$

και έτσι αυτά τα αυτοκίνητα έχουν πιο εξομαλυσμένη κίνηση.

Ας θεωρηθεί όμως άλλη μια περίπτωση όπου η απόσταση x είναι ίση με το μηδέν δηλαδή το κέντρο βάρους να συμπίπτει με το κέντρο ελαστικότητας του συστήματος . Σε αυτή την περίπτωση :

$$x = \frac{k_1 * a_b - k_2 * b_b}{c_1 + c_2} = 0$$

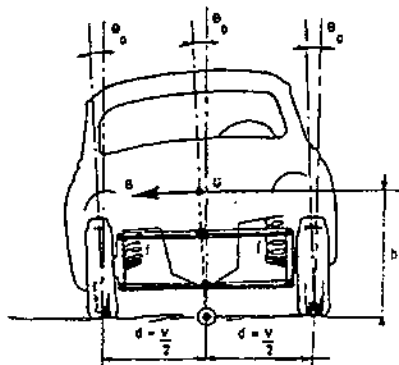
και άρα

$$k_1 * a_b = k_2 * b_b \quad \text{ή} \quad \frac{k_1}{k_2} = \frac{b_b}{a_b}$$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι δυσκαμψίες των ελατήριων πρέπει να εκλέγονται έτσι ώστε να είναι αντιστρόφως ανάλογες των αποστάσεων τους από το κέντρο βάρους του οχήματος. Έχοντας δεδομένες τις σταθερές ελατήριου είναι δυνατό να μετατοπιστούν οι αναρτήσεις κατάλληλα ώστε το όχημα να ταλαντώνεται στην κατακόρυφη διεύθυνση χωρίς να παρουσιάζει γωνιακές ταλαντώσεις δηλαδή τον γνωστό καλπασμό.

Οι τιμές της κάθετης κίνησης S_z είναι σχεδόν αποδεκτές αν η συχνότητα ταλαντώσεων είναι ανάμεσα στα προαναφερόμενα όρια (1,1 – 1,3 Hz).

Η περιστροφή a_x (σχήμα 12) δημιουργείται από την επίδραση κρουστικών δυνάμεων οι οποίες εφαρμόζονται στους τροχούς της μιας μόνο πλευράς του οχήματος όταν αυτό περάσει πάνω από μια ανωμαλία. Σε αυτή την περίπτωση οι πόρτες δημιουργούν εγκάρσιες ταλαντώσεις που εμφανίζονται και εξαφανίζονται. Η αιώρηση αυτή μπορεί να μειωθεί δραστικά χρησιμοποιώντας ένα εγκάρσιο σταθεροποιητή (ζανφόρ) ο οποίος βελτιώνει την γωνιακή δυσκαμψία της ανάρτησης .



Σχήμα 12. Γωνιακή ταλάντωση ax

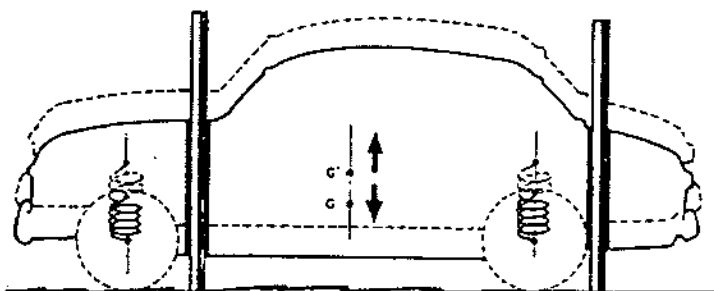
Εκτός από τις ταλαντώσεις εξαιτίας των ανωμαλιών του δρόμου, ένα όχημα είναι επίσης υποκείμενο σε υψηλής συχνότητας ταλαντώσεις με χαμηλά πλάτη οι οποίες προκαλούνται από την λειτουργία της μηχανής , το κιβώτιο των ταχυτήτων και τα λάστιχα. Οι ταλαντώσεις αυτές πρακτικά δεν επηρεάζουν την απαλότητα της κίνησης αλλά μπορεί να προκαλέσουν θόρυβο και να καταστρέψουν συνδέσεις μεταξύ των διάφορων μερών του αυτοκινήτου. Οι ταλαντώσεις αυτές μπορούν να εξαλειφθούν η τουλάχιστον να μειωθούν σημαντικά αν χρησιμοποιηθούν φλάντζες απορρόφησης κραδασμών και ελαστικά παρεμβύσματα ώστε να προλαμβάνεται ο συντονισμός. Επιπλέον καθίσματα με ειδικό σχεδιασμό χρησιμοποιούνται για να μειώσουν την επίδραση των δονήσεων και των ταλαντώσεων στον οδηγό και στους επιβάτες.

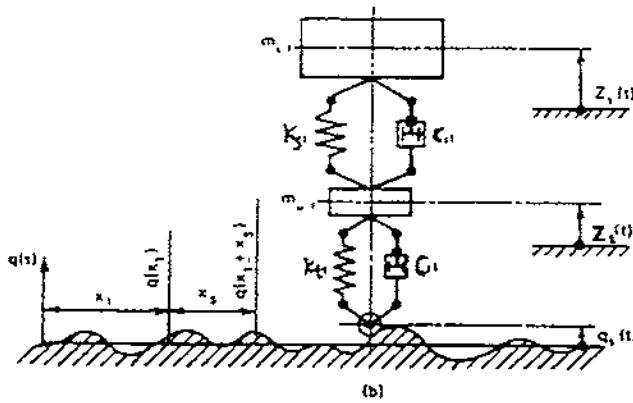
10.5. ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΠΟΥ ΠΕΡΙΓΡΑΦΟΥΝ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΠΗΔΗΣΕΩΣ ΚΑΙ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΑΛΠΑΣΜΟΥ

Για τη μελέτη των ταλαντώσεων ενός οχήματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα μοντέλα . Το μοντέλο του σχήματος 7 είναι ένα μοντέλο με 6 βαθμούς ελευθέριας κίνησης και καλύπτει κάθε δυνατή περίπτωση ταλάντωσης . Ως βαθμούς ελευθέριας λαμβάνουμε τις μετατοπίσεις κατά x , y , z του οχήματος καθώς και τις γωνίες κυλίσεως α_x , καλπασμού α_y και περιστροφής α_z του οχήματος. Η μάζα του αμαξώματος είναι η αναρτημένη μάζα ενώ η μάζα των τροχών κλπ μερών της ανάρτησης είναι η μη αναρτημένη μάζα . Για λόγους απλοποίησης του προβλήματος είναι χρήσιμο να μελετηθούν απλοποιημένα μοντέλα του οχήματος τα οποία επιτρέπουν να αναλυθούν ορισμένες ταλαντώσεις του οχήματος .

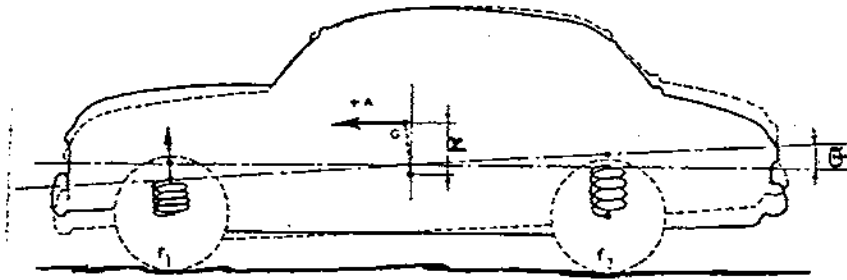
Με τη γνωστή θεωρία από την δυναμική των μηχανολογικών κατασκευών καταστρώνονται οι διαφορικές εξισώσεις που περιγράφουν την κίνηση του οχήματος. Εάν είναι γνωστή η διέγερση στο όχημα μπορούν να επιλυθούν οι εξισώσεις κινήσεως με ηλεκτρονικό υπολογιστή . Εξάλλου η διανυσματική ανάλυση επιτρέπει να προσδιοριστούν οι ιδιοσυχνότητες και οι ιδιομορφίες του συστήματος .

Θα μελετηθεί λοιπόν στη συνέχεια η επίπτωση του λόγου των αναρτημένων μαζών στην μετάδοση των ταλαντώσεων από την ανάρτηση στο αμάξωμα. Αυτό μπορεί εύκολα να γίνει μέσω της προσομοιώσεως με το μοντέλο του σχήματος 13 το οποίο είναι ένα μοντέλο δυο βαθμών ελευθέριας (μελέτη της κίνησης αναπηδήσεως) . Επίσης με το μοντέλο του σχήματος 14 μελετάται το φαινόμενο του καλπασμού δηλαδή του συνδυασμού κάθετης και γωνιακής ταλάντωσης του αμαξώματος .





Σχήμα 13. Μοντέλο αναπηδήσεως



Σχήμα 14. Μοντέλο καλπασμού

5.1 Επίλυση Μοντέλου Αναπηδήσεως

Θεωρώντας το μοντέλο του σχήματος 13 καταστρώνονται με βάση την δυναμική των κατασκευών οι παρακάτω διαφορικές εξισώσεις :

$$m_s \cdot z'' + c_s \cdot (z_1' + z_2') + k \cdot (z_1 - z_2) = 0 \quad (21)$$

$$m_{us} \cdot z_2'' + c_s \cdot (z_2' - z_1') + k_s \cdot (z_2 - z_1) + c_t \cdot z_2' + k_t \cdot z_2 = F(t) \quad (22)$$

όπου :

m_s οι αναρτημένες μάζες

m_{us} οι μη αναρτημένες μάζες

c_s ο συντελεστής αποσβέσεως των αποσβεστήρων της ανάρτησης

c_t ο συντελεστής αποσβέσεως των ελαστικών

k_s η σταθερά του ελατήριου της ανάρτησης

k_t η σταθερά του ισοδύναμου ελατήριου που προσομοιώνει την συμπεριφορά του λάστιχου

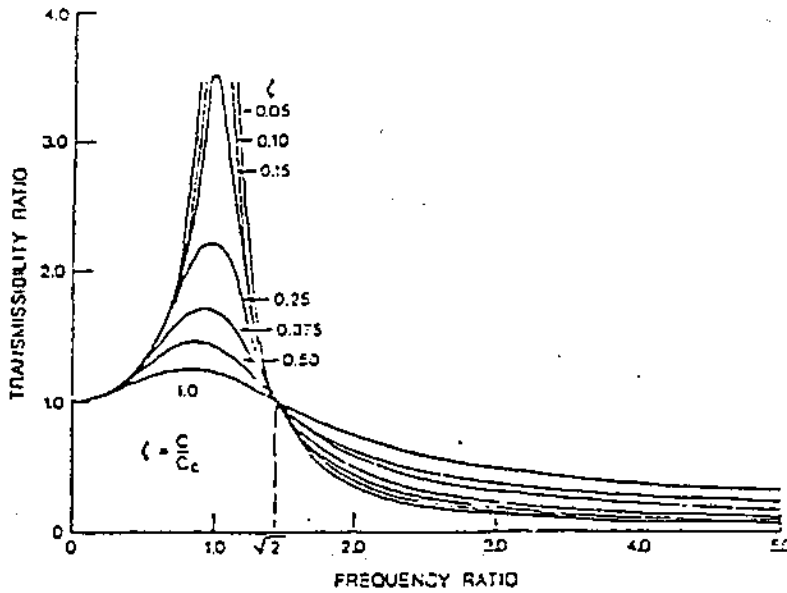
$F(t)$ είναι η διέγερση που ασκεί ο δρόμος της τροχούς .

Για να βρεθούν αναλυτικοί τύποι των ιδιοσυχνοτήτων θεωρείται σε πρώτη προσέγγιση αμελητέα η απόσβεση και υπολογίζοντας αναλυτικά προκύπτουν οι ιδιοσυχνότητες ω_s και ω_{us} (μπορεί να θεωρηθεί ότι η μια ιδιοσυχνότητα αντιστοιχεί στη μάζα m_s και η άλλη στη μάζα m_{us}) :

$$\omega_s = \sqrt{\frac{k_s * k_t / (k_s + k_t)}{m_s}} \quad (22)$$

$$\omega_{us} = \sqrt{\frac{k_s + k_t}{m_{us}}} \quad (23)$$

Όταν ο τροχός της ανάρτησης προσκρούει σε εμπόδιο τίθεται σε ταλάντωση και μετά από ελάχιστες στιγμές παίρνει την συχνότητα f_{us} . Για την μάζα m_s η ταλάντωση της μάζας m_{us} με συχνότητα f_{us} αποτελεί διέγερση η δε συχνότητα f_{us} θα είναι η συχνότητα διεγέρσεως. Αλλά είναι γνωστό από τη θεωρία ταλαντώσεων ότι όσο περισσότερο διαφέρει ο λόγος συχνότητας διεγέρσεως της την ιδιοσυχνότητα από την μονάδα τόσο μικρότερη είναι η μεταδοτικότητα της ταλάντωσης .Τούτο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 15 όπου φαίνεται και η επίδραση του συντελεστή απόσβεσης .



Σχήμα 15. Μεταδοτικότητα ταλαντώσεων

5.2 Μοντέλο Καλπασμού και Αναπηδήσεως

Το μοντέλο είναι αυτό του σχήματος 14 . Οι διαφορικές εξισώσεις κινήσεως λαμβάνονται κατά τα γνωστά .

$$m_s * z'' + k_f * (z - l_1 * \theta) + k_r * (z + l_2 * \theta) = 0 \quad (23)$$

$$I_y * \theta'' - k_f * l_1 * (z - l_1 * \theta) + k_r * l_2 * (z + l_2 * \theta) = 0 \quad (24)$$

Στη συνέχεια γίνονται οι παρακάτω αντικαταστάσεις :

$$D_1 = \frac{1}{m_s} * (k_f + k_r) \quad (25.1)$$

$$D_2 = \frac{1}{m_s} * (k_r * l_2 - k_f * l_1) \quad (25.2)$$

$$D_3 = \frac{1}{I_y} * (k_f * l_1^2 + k_r * l_2^2) = \frac{1}{m_s * r_y^2} * (k_f * l_1^2 + k_r * l_2^2) \quad (25.3)$$

όπου r_y είναι η αδρανειακή ακτίνα κατά τη διεύθυνση o_y . Είναι γνωστό ότι η k_f

Ιανοί η σταθερά των εμπρός ελατήριων και k_r Ιανοί η σταθερά των πίσω ελατήριων ενώ οι σταθερές l_1 και l_2 Ιανοί η απόσταση των εμπρός και πίσω τροχών και ελατήριων από το κέντρο βάρους του οχήματος. Τώρα οι εξισώσεις κινήσεως γράφονται ως εξής :

$$z'' + D_1 * z + D_2 * \theta = 0 \quad (26.1)$$

$$\theta'' + D_3 * \theta + \frac{D_2}{r_y^2} * z = 0 \quad (26.2)$$

Εάν υποθέσουμε ότι το $D_2 = 0$ τότε γίνεται η αποσύζευξη των ταλαντώσεων κατά z και κατ θ . Η συνθήκη λοιπόν για να υπάρχει ανεξαρτησία των δυο ταλαντώσεων μεταξύ τους είναι :

$$k_r * l_2 = k_f * l_1$$

Στην περίπτωση αυτή οι δυο ιδιοσυχνότητες δίνονται από τις σχέσεις :

$$\omega_z = \sqrt{D_1} \quad (27)$$

$$\omega_\theta = \sqrt{D_2} \quad (28)$$

Η αποσύζευξη αυτή δεν επιδιώκεται στην πράξη διότι αντιστοιχεί σε όχι άνετες συνθήκες ταλαντώσεως για τους επιβάτες.

Στην γενική περίπτωση οι ιδιοσυχνότητες υπολογίζονται αντικαθιστώντας στις εξισώσεις (26) λύσεις της μορφής :

$$z = z * \cos \omega * t \quad (29)$$

$$\theta = \theta * \cos \omega * t \quad (30)$$

όποτε προκύπτουν οι αλγεβρικές εξισώσεις για τα πλάτη ταλάντωσης z και θ :

$$(D_1 - \omega^2) * z + D_2 * \theta = 0 \quad (31)$$

$$\frac{D_2}{r_y^2} * z + (D_3 - \omega^2) * \theta = 0 \quad (32)$$

Το σύστημα επιδέχεται μη μηδενικές λύσεις όταν η ορίζουσα είναι μηδέν, όποτε προκύπτει το χαρακτηριστικό πολυώνυμο του συστήματος των εξισώσεων :

$$\omega^4 - (D_1 + D_3) * \omega^2 + [D_1 * D_3 - \frac{D_2^2}{r_y^2}] = 0 \quad (33)$$

οι δυο ιδιοσυχνότητες είναι :

$$\omega_1^2 = \frac{1}{2} * (D_1 + D_3) - \sqrt{\frac{1}{4} * (D_1 - D_3)^2 + \frac{D_2^2}{r_y^2}} \quad (34)$$

$$\omega_2^2 = \frac{1}{2} * (D_1 + D_3) + \sqrt{\frac{1}{4} * (D_1 - D_3)^2 + \frac{D_2^2}{r_y^2}} \quad (35)$$

Οι ιδιοσυχνότητες ω_1 και ω_2 βρίσκονται πάντοτε εκτός των ω_z και ω_θ των αποσυζευγμένων κινήσεων

Από τις εξισώσεις (31) και (32) υπολογίζονται τα ιδιοδυναύσματα τα οποία στην ουσία δίνουνε τον μέγιστο λόγο των ευρών .Έτσι ισχύει :

Για την ω_1

$$\frac{z}{\theta} \Big|_{\omega_1} = \frac{D_2}{\omega_1^2 - D_1} \quad (36)$$

Για την ω_2

$$\frac{z}{\theta} \Big|_{\omega_2} = \frac{D_2}{\omega_2^2 - D_1} \quad (37)$$

Είναι προφανές ότι οι δύο αυτοί λόγοι εύρους έχουν αντίθετα πρόσημα .

Για να κατανοηθεί καλύτερα η κίνηση αναπηδήσεως και καλπασμού εισάγεται η έννοια του κέντρου ταλαντώσεως .Ένα κέντρο (το OC1) αντιστοιχεί στην ω_1 και ένα αντιστοιχεί στην ω_2 (το OC2):

για την ω_1

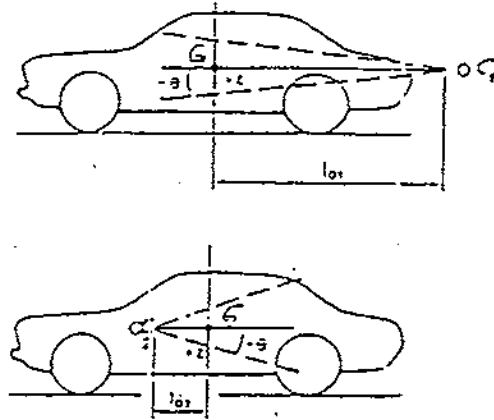
$$I_{o1} = \frac{D_2}{\omega_2^2 - D_1} \quad (38)$$

για την ω_2

$$I_{o2} = \frac{D_2}{\omega_2^2 - D_1} \quad (39)$$

όπου I_{o1} και I_{o2} είναι οι αποστάσεις από το κέντρο βάρους

Εάν ο λόγος των ευρών είναι αρνητικός το κέντρο OC1 θα βρίσκεται μετά το κέντρο μάζας (προς τα πίσω του οχήματος) ,αλλιώς θα βρίσκεται προς τα εμπρός του οχήματος (σχήμα 16)

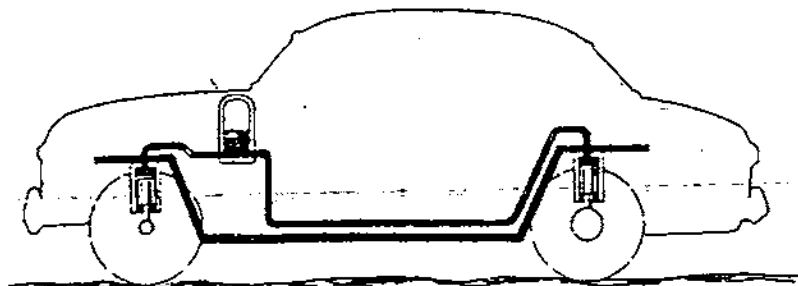


Σχήμα 16. Κέντρα ταλάντωσης σε όχημα

Γενικώς μια διέγερση στο εμπρός μέρος του οχήματος συνεπάγεται τόσο κίνηση αναπήδησης, όσο και καλπασμού. Θα αντιστοιχεί δε, σε ταλάντωση γύρω από κάθε ένα από τα κέντρα ταλαντώσεως OC1 και OC2. Με άλλα λόγια η κίνηση του οχήματος θα είναι το άθροισμα των δύο συνιστωσών κινήσεων, η κάθε μια από τις οποίες γίνεται γύρω από κάθε κέντρο ταλαντώσεως.

Συνήθως κέντρο αναπηδήσεως ονομάζεται αυτό το οποίο ευρίσκεται εκτός της βάσης των τροχών (OC1 στο σχήμα 3.12) ενώ εκείνα που είναι εντός της βάσης των τροχών ονομάζεται κέντρο καλπασμού (OC2 στο σχήμα 17). Στα περισσότερα οχήματα η συχνότητα αναπηδήσεως είναι $f_1 \cong 1-1.2 \text{ Hz}$, ενώ η συχνότητα καλπασμού είναι ελαφρώς ψηλότερη.

Στα οχήματα με συζευγμένη ανάρτηση εμπρός πίσω (π.χ. σχήμα 17) η συχνότητα καλπασμού δυνατόν να είναι μικρότερη της συχνότητας αναπηδήσεως.



Σχήμα 17. Συζευγμένη ανάρτηση εμπρός πίσω (υδροπνευματική)

Απεναντίας η συχνότητα κυλίσεως συνήθως είναι υψηλότερη (1.5 -2.0Hz) λόγω των περιορισμών που επιβάλλουν οι αντιστρεπτικές δοκοί στην κίνηση των οχημάτων .

Η θέση των κέντρων ταλαντώσεως έχει πρακτική επίδραση επί των ιδιοτήτων οχήσεως του οχήματος .Ενδιαφέρουσα περίπτωση είναι αυτή των αποσυζευγμένων κινήσεων αναπηδήσεως και καλπασμού , που συμβαίνει όπως ήδη αποδείχτηκε όταν

$$k_f * I_1 = k_r * I_2$$

Σε αυτήν την περίπτωση το ένα κέντρο ταλαντώσεως συμπίπτει με το κέντρο μάζας ,ενώ το άλλο βρίσκεται στο άπειρο

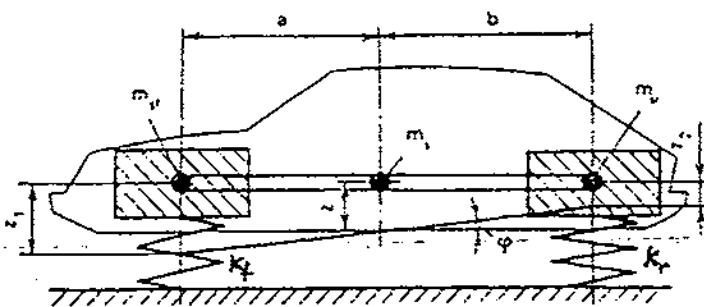
Μια άλλη ενδιαφέρουσα περίπτωση είναι αυτή που αντιστοιχεί σε

$$r_y^2 = I_1 * I_2$$

Τότε το ένα κέντρο ταλαντώσεως συμπίπτει με το σημείο στηρίξεως του εμπρός ελατηρίου και το άλλο με το σημείο στηρίξεως του πίσω ελατηρίου (επιβεβαίωση για $I_1 = I_{o2}$ και $I_2 = I_{o1}$) . Στην περίπτωση αυτή έχουμε το μοντέλο του σχήματος 18 ,όπου η μάζα m_s χωρίζεται σε δύο μάζες οι οποίες είναι :

$$\frac{m_s I_2}{I_1 + I_2} \text{ και } \frac{m_s I_1}{I_1 + I_2}$$

και είναι τοποθετημένες επί των ελατηρίων (δύο ισοδύναμα συστήματα συγκεντρομένων μαζών , με ένα βαθμό ελευθερίας το κάθε ένα) .



Σχήμα 18. Ισοδύναμο σύστημα συγκεντρομένων μαζών πάνω από τις αναρτήσεις.

Οι αντίστοιχες ιδιοσυχνότητες δίνονται από τις σχέσεις :

$$\omega_f = \sqrt{\frac{k_f(I_1 + I_2)}{m_s I_2}}$$

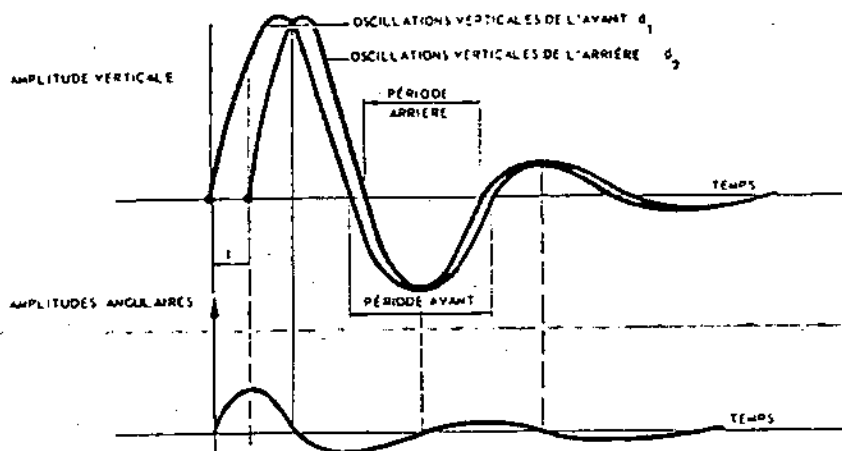
$$\omega_r = \sqrt{\frac{k_r(I_1 + I_2)}{m_s I_1}}$$

Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ της εμπρός και της πίσω αναρτήσεως, διέγερση δε στους εμπρός τροχούς, δεν προκαλεί καμιά ταλάντωση στους πίσω τροχούς. Κάτι τέτοιο είναι βεβαίως επιθυμητό στην πράξη, αλλά δύσκολα υλοποιείται. Συνήθως ο λόγος

$$\frac{r_y^2}{I_1 I_2}$$

κειμένεται γύρω στο 0.8 για τα σπór αυτοκίνητα και 0.9-1.0 για τα συμβατικά, ενώ για τα εμπροσθοκίνητα είναι μέχρι 1.2

Όταν θεωρούνται οι ω_f και ω_r , πρέπει να είναι γνωστό ότι μια διέγερση από τον δρόμο πρώτα επιδρά στους εμπρόσθιους τροχούς και με μια μικρή καθυστέρηση στους πίσω (σχήμα 19). Αυτό προκαλεί και την κίνηση καλασμού του οχήματος. Για να ελαχιστοποιηθεί αυτή η κίνηση πρέπει να επιλέγει $k_f < k_r$ και $\omega_f < \omega_r$, πράγμα που έχει ως επακόλουθο τα δυο άκρα του οχήματος να έχουν την ίδια φάση στην κίνηση τους. Από απόψεως ανέσεως ο καλασμός είναι πολύ ενοχλητικότερος της αναπηδήσεως. Αλλά ο επιθυμητός λόγος εξαρτάται από το άθροισμα $I_1 + I_2$, την ταχύτητα του αυτοκίνητου και την κατάσταση του δρόμου.

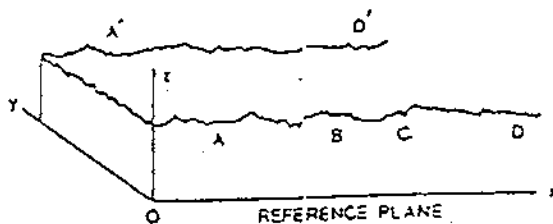


Σχήμα 19. Διαφορά φάσης εμπρός και πίσω τροχών με αποτέλεσμα την εμφάνιση καλασμού

10.6. ΤΥΧΑΙΕΣ ΔΙΕΓΕΡΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ

Η επίλυση του δρόμου ως τυχαία συνάρτηση :

Αρχικώς χρησιμοποιούνταν ημιτονοειδείς , νηματικές η τριγωνικές συνάρτησης για την προσομοίωση των διεγέρσεων από το δρόμο. Αυτές ήταν επαρκείς για την συγκριτική μελέτη διάφορων οχημάτων , αλλά ανεπαρκείς σε πραγματικές συνθήκες. Αργότερα ευρεθεί ότι η μορφή της επιφάνειας του δρόμου αντιπροσωπεύεται καλύτερα από μια τυχαία συνάρτηση σχήμα 20.



Σχήμα 20. Προφίλ εδάφους ως τυχαία συνάρτηση

Το χαρακτηριστικό μιας τυχαίας συνάρτησης είναι ότι η στιγμιαία τιμή της δεν μπορεί να προβλεφθεί με τρόπο ντετερμινιστικό, π.χ. το ύψος των ανωμαλιών του δρόμου κατά z πάνω του επιπέδου αναφοράς δεν είναι προβλέψιμο ως συνάρτηση των συντεταγμένων x και y του εκάστοτε σημείου. Εντούτοις ορισμένες ιδιότητες των τυχαίων συναρτήσεων μπορούν να αποδοθούν στατιστικά , π.χ. η μέση τιμή η μέση τετραγωνική τιμή μιας τυχαίας συναρτήσεως μπορεί να προσδιοριστεί καθώς της και το περιεχόμενο της συναρτήσεως σε συχνότητες μέσω της αναλύσεως Fourier.

Ορισμένες ιδιότητες των τυχαίων συναρτήσεων έχουν πρακτική σημασία , π.χ. εάν οι στατιστικές ιδιότητες του τμήματος του δρόμου μεταξύ A και B είναι της με οποιαδήποτε αλλά τμήματα του δρόμου της το CD , τότε η τυχαία συνάρτηση της μορφής του δρόμου είναι στάσιμη όποτε οι στατιστικές ιδιότητες που αντιστοιχούν σε τμήμα του δρόμου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αντιπροσωπευτικές όλου του δρόμου AD. Εάν οι στατιστικές ιδιότητες στο επίπεδο της τομής AD είναι της με αυτές σε οποιαδήποτε άλλη τομή A'D' , τότε η συνάρτηση λέγεται και εργόδικη. Εάν η συνάρτηση είναι στάσιμη και εργόδικη η όλη ανάλυση απλοποιείται ουσιαστικά.

Η περιεκτικότητα σε συχνότητες μιας τυχής συνάρτησης είναι της σημαντική. Λαμβάνεται από τη χρησιμοποίηση της αναλύσεως Fourier όποτε και εκτιμάται το εύρος κάθε συχνότητας που αντιπροσωπεύεται. Εάν δεν είναι διακριτικές συχνότητες, τότε προσδιορίζεται το μέσο εύρος σε μια ζώνη συχνοτήτων.

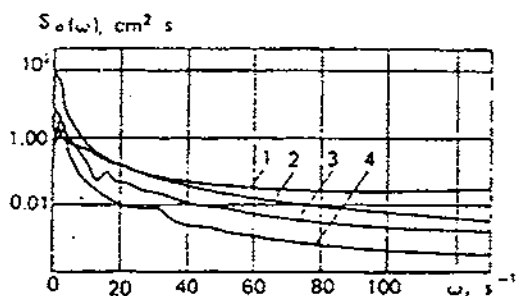
Της τυχαίες ταλαντώσεις δεν ενδιαφέρει συνήθως το εύρος της ταλάντωσης αλλά το μέσο τετραγωνικό εύρος ταλαντώσεως (RMS) διότι το τελευταίο είναι το αντιπροσωπευτικό της μέσης ενέργειας του συστήματος. Για μια αρμονική συνάρτηση $Z_n(x)$, μέγιστου εύρους Z_n και μήκους κύματος $l\omega_n$ ισχύει :

$$Z_n(x) = Z_n * \sin \frac{2 * \pi * x}{l\omega_n} = Z_n * \sin \Omega_n * x \quad \text{όπου } \Omega_n = \frac{2 * \pi}{l\omega_n}$$

Η μέση τετραγωνική τιμή θα είναι :

$$\overline{Z_n^2} = \frac{1}{l * \omega_n} \int_0^{l\omega_n} \left[Z_n * \sin \left(\frac{2 * \pi * x}{l * \omega_n} \right) \right]^2 * dx = \frac{Z_n^2}{2} \quad (40)$$

Για μια συνάρτηση περιέχουσα διακριτικές συναρτήσεις συχνοτήτων, η περιεκτικότητα της σε συχνότητες εκφράζεται συναρτήσει των μέσων τετραγωνικών τιμών των συνιστωσών κάθε συχνότητας και το αποτέλεσμα είναι αντίστοιχα ένα διακριτικό φάσμα.



Σχήμα 21. Συνεχές φάσμα

Εάν $S(n * \Omega_0)$ είναι η πυκνότητα της μέσης τετραγωνικής τιμής στο τμήμα $\Delta\Omega$ και στην συχνότητα $n * \Omega_0$ τότε ισχύει :

$$S(n * \Omega_0) * \Delta\Omega = \frac{Z_n^2}{2} = \overline{Z^2} \quad (41)$$

Άρα η διακριτική πυκνότητα φάσματος θα δίνεται από την σχέση :

$$S(n * \Omega_0) = \frac{\overline{Z_n^2}}{\Delta * \Omega} = \frac{Z_n^2}{2 * \Delta * \Omega} \quad (42)$$

Εάν το φάσμα περιλαμβάνει παρά πολλές συχνότητες, στο όριο τείνει να είναι συνεχές όπως αυτό του σχήματος 21 και πρόκειται για συνεχή συχνότητα φάσματος $S(\Omega)$. Η μέση τετραγωνική τιμή της συναρτήσεως δίνεται τότε από τον τύπο της μορφής :

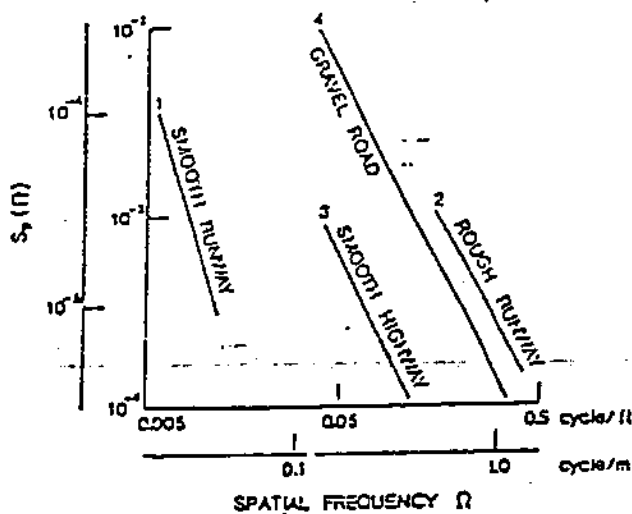
$$\overline{Z^2} = \int_0^{\alpha} S(\Omega) d\Omega \quad (43)$$

Σε μια ζώνη συχνοτήτων $\Omega_1 - \Omega_2$ υπολογίζεται η μέση τετραγωνική τιμή της συναρτήσεως από την παρακάτω σχέση :

$$\overline{Z_{\Omega_1 \rightarrow \Omega_2}^2} = \int_{\Omega_1}^{\Omega_2} S(\Omega) d\Omega \quad (44)$$

Όταν η επιφάνεια του δρόμου θεωρείται τυχαία συνάρτηση χαρακτηρίζεται τότε από μια συνάρτηση πυκνότητας φάσματος. Παράδειγμα τέτοιων συναρτήσεων δίνεται για διάφορους τύπους δρόμων στο σχήμα 22 που ακολουθεί παρακάτω. Όλες αυτές οι συναρτήσεις δίνονται ως συναρτήσεις της συχνότητας.

$$\Omega = \frac{1}{l * \omega} \quad (\text{cycles/m})$$



Σχήμα 22. Διάγραμμα φάσματος διεγέρσεως για διάφορα είδη δρόμων

Οι $S^*g(\Omega)$ εκφράζονται σε $m^2 / cycle / m$ και βρέθηκε προσεγγιστικός τύπος ο οποίος παρατίθεται παρακάτω

$$S^*g(\Omega) = C_{sp} * \Omega^{-N} \quad (45)$$

όπου οι συντελεστές C_{sp} και N είναι σταθερές που δίδονται στον πίνακα 3 για κάθε έδαφος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

No	DESCRIPRION	N	Csp	C'sp
1	Smooth runway	3.8	4.3×10^{-11}	1.6×10^{-11}
2	Routh runway	2.1	8.1×10^{-6}	2.3×10^{-5}
3	Smooth highway	2.1	4.8×10^{-7}	1.2×10^{-6}
4	Highway with gravel	2.1	4.4×10^{-6}	1.1×10^{-5}
5	Pasture	1.6	3.0×10^{-4}	1.6×10^{-3}
6	Plowed field	1.6	6.5×10^{-4}	3.4×10^{-3}

Για τις αναλύσεις που ενδιαφέρουν στα οχήματα είναι καλύτερα να εκφραστεί η πυκνότητα φάσματος συναρτήσει της κυκλικής συχνότητας Ω αλλά της συχνότητας f (σε Hz) μέσω της ταχύτητας του οχήματος :

$$f = \Omega * V \quad [Hz] = [cycles/m] * [m/sec] \quad (46)$$

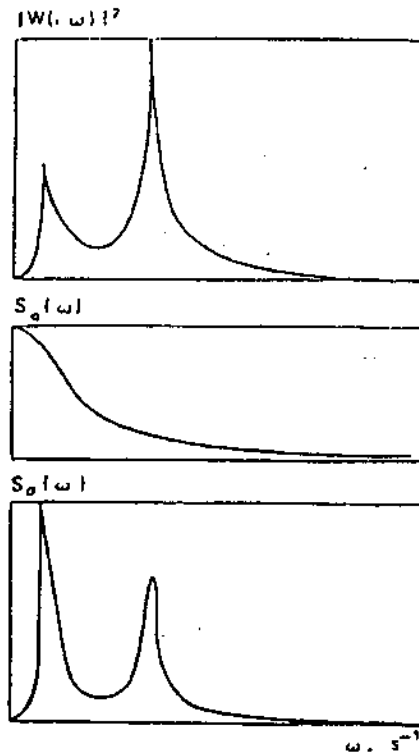
Αντιστοίχως ισχύει :

$$S_g(f) = \frac{S_g(\Omega)}{V} \quad (47)$$

Συνάρτηση Αποκρίσεως σε Τυχαία Διέγερση :

Η συνάρτηση αποκρίσεως εκφράζει μαθηματικά της επίδραση του αυτοκίνητου ως σύνολο στην διέγερση του δρόμου (ανεξάρτητα αν θεωρείται τυχαία η όχι). Στην συγκεκριμένη περίπτωση η συνάρτηση αποκρίσεως συνδέει την πυκνότητα φάσματος διεγέρσεως $S_g(f)$ με την πυκνότητα φάσματος αποκρίσεως $S_v(f)$ η οποία μας δίνει και την ταλαντωτική συμπεριφορά του αμαξώματος. Στο σχήμα

23 γίνεται φανερή η σχέση των δυο φασμάτων (διεγέρσεως και αποκρίσεως) για το σύστημα αναπηδήσεως του σχήματος 15.



Σχήμα 23. Διαγράμματα συνάρτησης απόκρισης , φάσματος διεγερσης και φάσματος απόκρισης

Η συνάρτηση μεταφοράς ορίζεται ως ο λόγος της αποκρίσεως ως προς την διεγερση για συνθήκες μόνιμου ταλαντώσεως (μετασχηματισμός κατά Laplace), π.χ για την μοντελοποίηση του οχήματος με μια μάζα , ένα ελατήριο και ένα αποσβεστήρα (ένας βαθμός ελευθέριας) το εύρος της συναρτήσεως μεταφοράς είναι :

$$|W(f)| = \left| \frac{1 + \left(\frac{25 \cdot f}{f_n} \right)^2}{\left[1 - \left(\frac{f}{f_n} \right)^2 \right]^2 + \left(\frac{25 \cdot f}{f_n} \right)^2} \right| \quad (48)$$

όπου f η συχνότητα διεγέρσεως , f_n η φυσική συχνότητα του συστήματος και ζ ο λόγος απόσβεσης.

Στην περίπτωση των πυκνοτήτων φάσματος της σχέσεως (47) θα ισχύει η σχέση μεταξύ φάσματος διεγέρσεως $Sg(f)$ και φάσματος αποκρίσεως $Sv(f)$:

$$Sv(f) = :W(f):^2 * Sg(f) \quad (49)$$

Το πραγματικό αυτοκίνητο όμως έχει πολύ περισσότερους βαθμούς ελευθέριας και μεταξύ του οχήματος και του οδηγού παρεμβάλλεται και η ελαστική ανάρτηση των καθισμάτων. Επιπροσθέτως οι τυχαίες διεγέρσεις στην είσοδο είναι περισσότερες από μια , και μάλιστα είναι τέσσερις , κάθε μια σε κάθε τροχό , η δε αλληλεπίδραση αυτών μεταξύ τους είναι σημαντική για τον προσδιορισμό της αποκρίσεως. Άρα απαιτείται γνώση της χρονικής υστερήσεως στη διέγερση μεταξύ των εμπρός και των πίσω τροχών. Έτσι τελικά οι υπολογισμοί γίνονται πολύ πολυπλοκώτεροι.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΕΙΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ , ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ , ARTHUR W. JUDGE , ΕΚΔΟΣΕΙΣ Π. ΓΑΛΟΥΣΗΣ , ΤΡΙΤΗ ΕΚΔΟΣΗ 1979.
2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΗΓΜΕΝΕΣ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ , Don KNOWLES , ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ 1997.
3. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ , BARRY HOLLEMBEAK , ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ 1969.
4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ , ΝΙΚΟΛΑΟΥ Γ. ΖΑΡΑΓΚΟΥΛΙΑ , ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΑ.
5. AUTO MOTOR UND SPORT.
6. 4ΤΡΟΧΟΙ.

