

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ

- ▶ Σκοπός του συστήματος ανάρτησης
- ▶ Βασικά είδη συστημάτων ανάρτησης
- ▶ Ελατήρια
- ▶ Αποσβεστήρες ταλαντώσεων (αμορτισέρ)
- ▶ Ελαστικά μέρη ανάρτησης και "σινεμπλόκ" ή "σάϊλεντ μπλόκ" (Silent block)
- ▶ Ανεξάρτητη ανάρτηση με βραχίονες (Ψαλίδια)
- ▶ Ανεξάρτητη πρόσθια ανάρτηση με γόνατα Μακ Φέρσον (Mac-Pherson).
- ▶ Σφαιρικοί σύνδεσμοι
- ▶ Ανεξάρτητη ανάρτηση στους οπίσθιους τροχούς
- ▶ Υδροπνευματική ανάρτηση
- ▶ Ανάρτηση με αεροελατήρια (αερόσουστες)
- ▶ Συστήματα ρύθμισης ύψους αυτοκινήτου και αυτόματης οριζοντίωσης
- ▶ Φθορές - Βλάβες - Συντήρηση - Έλεγχος - Ρυθμίσεις
- ▶ Ανακεφαλαίωση
- ▶ Ερωτήσεις - Ατομική Εργασία

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την προσεκτική μελέτη του κεφαλαίου αυτού, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

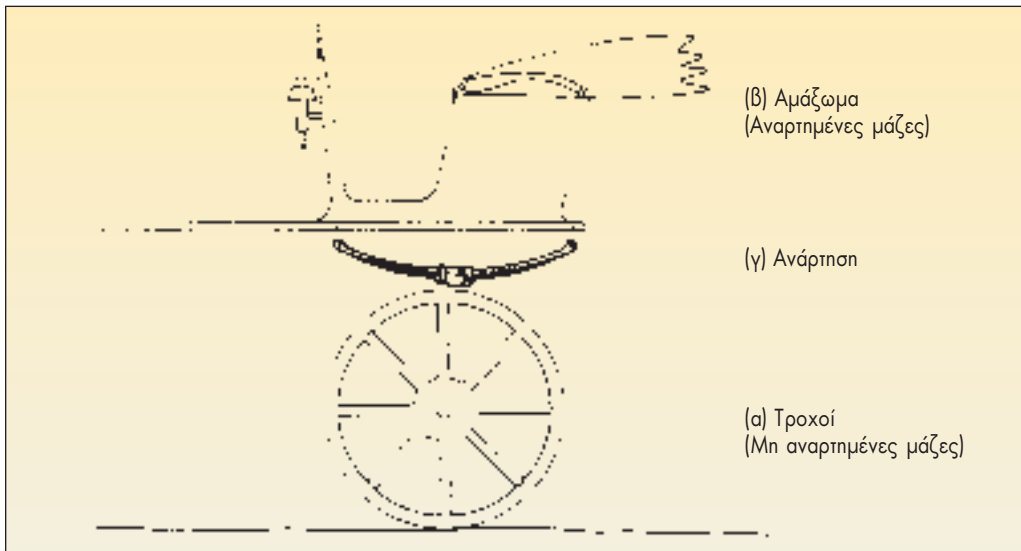
- Να ορίζουν το σύστημα ανάρτησης των αυτοκινήτων οχημάτων.
- Να διακρίνουν με τη βοήθεια εποπτικών μέσων (σχεδίων, πραγματικών κατασκευών κ.λπ.) και να αναφέρουν τα βασικά είδη συστημάτων ανάρτησης των αυτοκινήτων.
- Να διακρίνουν μέσα από σχέδια, εικόνες ή πραγματικές κατασκευές και να περιγράφουν τα κύρια μέρη ενός τέτοιου συστήματος.
- Να αναφέρουν τα είδη των ελατηρίων και να προσδιορίζουν τον τρόπο λειτουργίας τους σε ένα σύστημα ανάρτησης αυτοκινήτου.
- Να αξιολογούν τη σημασία και να περιγράφουν τον τρόπο λειτουργίας ενός ελατηρίου, σε συνδυασμό με τον αποσβεστήρα ταλάντωσης (αμορτισέρ).
- Να αναφέρουν τα μέρη και να περιγράφουν, μέσα από λειτουργικά ή κατασκευαστικά σχέδια, τη λειτουργία ενός συστήματος ανεξάρτητης ανάρτησης με ψαλίδια και γόνατα Μακ - Φέρσον.
- Να μπορούν να συσχετίζουν τις βλάβες, γενικά, του συστήματος ανάρτησης με τα πιθανά αίτια που τις προκαλούν.
- Να ακολουθούν τους τρόπους συντήρησης των διαφόρων αυτών συστημάτων, σύμφωνα με τις προδιαγραφές των κατασκευαστών.

4.1. Σκοπός του συστήματος ανάρτησης

Όταν κινείται ένα όχημα, μεταφέρονται κραδασμοί (τραντάγματα) σ'αυτό, όσο ομαλός και αν είναι ο δρόμος. Ας φανταστούμε, λοιπόν, ένα αυτοκίνητο κινούμενο με άξονες, στερεωμένους απευθείας στο σώμα του. Θα κυλούσε μεν και θα προχωρούσε καλά σ'ένα λείο σαν γυαλί δρόμο χωρίς στροφές, όμως η παραμικρή ανωμαλία του δρό-

μου θα το τράνταζε σε μεγάλο βαθμό, με αποτέλεσμα, αφενός να έχανε πολύ εύκολα την επαφή του με το δρόμο και αφετέρου οι επιβάτες να υπέφεραν αφάνταστα, ενώ και το ίδιο το αυτοκίνητο θα καταστρεφόταν γρήγορα. Επίσης, σε μία στροφή με ανωμαλίες στο κατάστρωμα του δρόμου, το αυτοκίνητο αυτό θα "χοροπηδούσε" και θα "έφευγε", σχεδόν αμέσως, έξω από το δρόμο.

Έτσι, ήδη από την εποχή των ιππύλατων



Σχ.4.1 Σύστημα ανάρτησης σε άμαξα
(α) Τροχοί (μη αναρτημένες μάζες). (β) Αμάξωμα (αναρτημένες μάζες). (γ) Ελαστικός σύνδεσμος - ανάρτηση (ελατήριο).

αμαζών είχε γίνει αντιληπτό, ότι ήταν απαραίτητο να παρεμβληθεί ανάμεσα στους τροχούς και το αμάξωμα, ένα **είδος ελαστικού συνδέσμου**, που θα εξασφάλιζε, αφενός, τέλεια συνοχή (σύνδεση) αμαζώματος και τροχών και αφετέρου, να "απομονώνει" το αμάξωμα από τους κραδασμούς (τραντάγματα), που προέρχονται από τις διάφορες ανωμαλίες του δρόμου.

Ο ελαστικός αυτός σύνδεσμος ονομάστηκε **ανάρτηση**.

Οι μάζες του αυτοκινήτου, με την παρεμβολή του ελαστικού αυτού συνδέσμου (ανάρτησης), χωρίζονται σε δύο ομάδες:

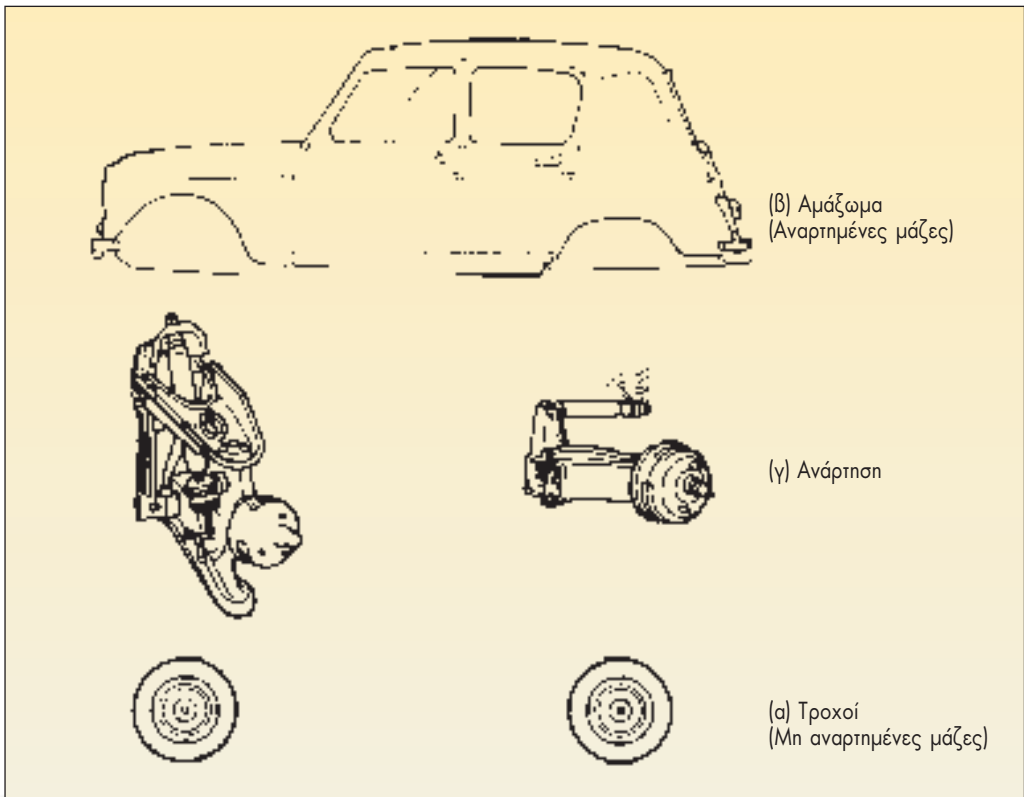
- α) Τις μάζες, που υπόκεινται άμεσα στους κραδασμούς, όπως είναι οι τροχοί και τα εξαρτήματα που συνδέονται σταθερά μαζί τους, δηλαδή οι άξονες του διαφορικού, τα τύμπανα των τροχών, οι δίσκοι πέ-

δησης, κ.λπ., και που ονομάζονται **μη αναρτημένες μάζες (Α)** και

- β) Τις μάζες, που συνδέονται με τους τροχούς μέσω του ελαστικού συνδέσμου (ανάρτησης), όπως είναι το πλαίσιο, το αμάξωμα, η μηχανή, το κιβώτιο ταχυτήτων, οι επιβάτες, τα φορτία κ.λπ., και που ονομάζονται **αναρτημένες μάζες (Β)**.

Έτσι, όσο μικρότερος είναι ο λόγος των μαζών A/B , τόσο πιο αποτελεσματικά λειτουργεί η ανάρτηση και είναι καλύτερη η απόσβεση των κραδασμών-τρανταγμάτων και τόσο καλύτερο είναι το "κράτημα" του αυτοκινήτου στο δρόμο.

Στο Σχ.4.1 φαίνονται σε ιππήλατη άμαξα: (α) Οι τροχοί (μη αναρτημένες μάζες), (β) Το αμάξωμα (αναρτημένες μάζες) και (γ) Ο ελαστικός σύνδεσμος (ελαιοειδική σούστα) που παρεμβάλλεται μεταξύ των (α) και (β).



Σχ. 4.2 Σύστημα ανάρτησης σε αυτοκίνητο

(α) Τροχοί (μη αναρτημένες μάζες). (β) Αμάζωμα (αναρτημένες μάζες). (γ) Ελαστικός σύνδεσμος (σύστημα ανάρτησης).

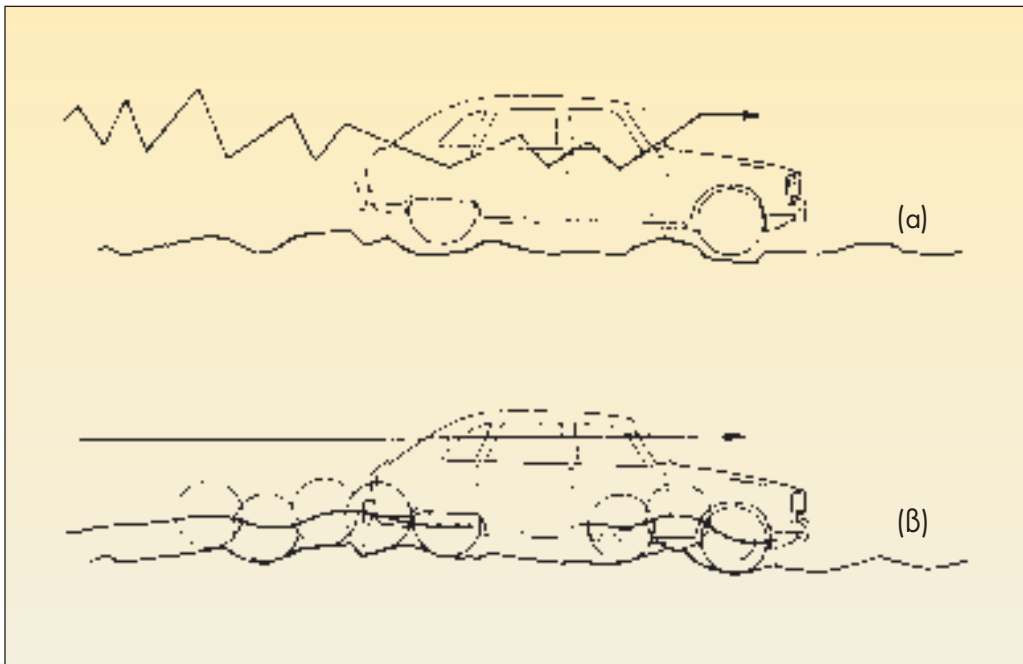
Στο Σχ.4.2 φαίνονται, αντίστοιχα, σε όχημα: (α) Οι τροχοί (μη αναρτημένες μάζες), (β) Το αμάζωμα (αναρτημένες μάζες) και (γ) Ο ελαστικός σύνδεσμος (σύστημα ανάρτησης).

Για να εξασφαλισθεί, λοιπόν, η αναγκαία ανάρτηση σε ένα όχημα, διαμορφώνεται το ονομαζόμενο "Σύστημα Ανάρτησης", το οποίο θεωρείται ότι εκπληρώνει τον προορισμό του, όταν:

1. Εξασφαλίζει άνεση στους επιβάτες και ασφάλεια στο φορτίο.
2. Περιορίζει την καταπόνηση των με-

ρών του οχήματος από τους κραδασμούς-τραντάγματα και πραγματοποιεί την απόσβεση των ταλαντώσεων, που δημιουργούνται από τα ελατήρια της ανάρτησης.

3. Εξασφαλίζει, ταυτόχρονα, αφενός μεν συνεχή επαφή των τροχών με το δρόμο, και αφετέρου, ευστάθεια του οχήματος κατά την πορεία.
4. Συνδέει με ελαστικότητα αλλά και με ασφάλεια τις αναρτημένες με τις μη αναρτημένες μάζες και μεταδίδει από τις πρώτες στις δεύτερες και αντί-



Σχ. 4.3

(α) Όχημα με ελαττωματική ανάρτηση. (β) Όχημα με σωστή ανάρτηση.

στροφα, όλες εκείνες τις δυνάμεις και αντιδράσεις, που δημιουργούνται κατά την κίνηση του οχήματος και, οι οποίες, γενικά, συνθέτουν τη στατική και δυναμική του κατάσταση, όπως π.χ. τις δυνάμεις του βάρους, της αδράνειας, της επιτάχυνσης, της επιβράδυνσης κ.λπ.

Στο Σχ.4.3(α) βλέπουμε τι θα συνέβαινε, εάν οι τροχοί ήσαν σταθερά και, ταυτόχρονα, "σκληρά" συνδεδεμένοι με το αμάξωμα: Όλες οι ανωμαλίες του εδάφους θα μεταφέρονταν με έντονα τραντάγματα στο αμάξωμα, στους επιβάτες και στο φορτίο. Στο Σχ.4.3(β) φαίνεται τι συμβαίνει, όταν υπάρχει σωστή ανάρτηση: Το όχημα κινείται χωρίς κραδασμούς, προσφέροντας άνεση και ασφάλεια στους επιβάτες.

Η ανάρτηση, γενικά, γίνεται με την παρεμβολή ενός συστήματος ελατηρίων ανάμεσα στις αναρτημένες και μη αναρτημένες μάζες. Επειδή, όμως, ακόμη και τα ελατήρια δημιουργούν ταλαντώσεις, στο ίδιο τους το σύστημα, περιλαμβάνονται, κατά κανόνα, και ειδικά εξαρτήματα απόσβεσης αυτών ακριβώς των ταλαντώσεων των ελατηρίων, που ονομάζονται αποσβεστήρες ταλαντώσεων ή αμορτισέρ.

Σημειώνεται, ότι στις μη αναρτημένες μάζες υπολογίζεται περίπου το 50 % της μάζας των βραχιόνων ανάρτησης (ψαλιδιών κ.λπ.), των ελατηρίων ανάρτησης και των αποσβεστήρων ταλάντωσης, εφόσον όλα αυτά στο ένα άκρο τους συνδέονται στο πλαίσιο ή στο αμάξωμα.

4.2. Βασικά είδη συστημάτων ανάρτησης

Η ανάρτηση, όπως είπαμε, είναι ένας ελαστικός σύνδεσμος, που παρεμβάλλεται μεταξύ τροχών και πλαισίου ή αμαξώματος και επειδή δεν είναι δυνατό να στηριχθεί απευθείας επάνω στον τροχό, στηρίζεται επάνω στον άξονα του τροχού. Έτσι, η ανάρτηση που διαθέτει ένα αυτοκίνητο, συνδέεται άμεσα με το είδος των αξόνων, που χρησιμοποιούνται σ' αυτό.

Στα βαριά οχήματα (φορτηγά, λεωφορεία), όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι πρόσθιοι άξονες είναι ολόσωμοι, ενώ οι πρόσθιοι τροχοί στηρίζονται με τριβείς (ρουλεμάν) στα ακραξόνια, τα οποία - μέσω αρθρώσεων τύπου διχάλων ή γόμφων, όπως είδαμε στο Σχ.3.25 - συνδέονται με τους πρόσθιους ολόσωμους άξονες.

Οι οπίσθιοι άξονες αποτελούν και εκείνοι ολόσωμα κομμάτια, ενώ οι οπίσθιοι τροχοί στηρίζονται σταθερά, μέσω τριβέων, στα ημιαξόνια (Σχ.4.5).

Όμως, στα επιβατικά αυτοκίνητα και στα ελαφρά φορτηγά, εδώ και πολλά χρόνια, ο πρόσθιος άξονας ακόμα και όταν είναι κινητήριος, δεν είναι πλέον ολόσωμος. Το ίδιο, ανάλογα βέβαια με την κατασκευή, μπορεί να συμβαίνει και στον οπίσθιο άξονα.

Οι σύγχρονες αναρτήσεις είναι, σχετικά, πολύπλοκα και "έξυπνα" συστήματα, που αποστολή έχουν να προσφέρουν άνεση και ασφάλεια στους επιβάτες μέσα από μια σωστή γεωμετρία του όλου συστήματος. Με τον όρο "γεωμετρία ανάρτησης", εννοούμε τη γεωμετρία με την οποία οι τροχοί εφάπτονται στο δρόμο και η οποία επηρεάζει, γενικότε-

ρα, την οδική συμπεριφορά του οχήματος και, πιο συγκεκριμένα, την αίσθηση και την απόκριση του συστήματος διεύθυνσης.

Από πλευράς ανάρτησης αξόνων, διακρίνουμε:

(α) Την ανάρτηση του πρόσθιου άξονα και

(β) Την ανάρτηση του οπίσθιου άξονα.

Από πλευράς ανεξαρτησίας των τροχών, διακρίνουμε:

(α) Τις ανεξάρτητες και

(β) Τις μη ανεξάρτητες αναρτήσεις.

Γενικά, όμως, τα βασικά είδη των συστημάτων διακρίνονται σε:

α) Συστήματα ανάρτησης με σταθερούς ή άκαμπτους άξονες.

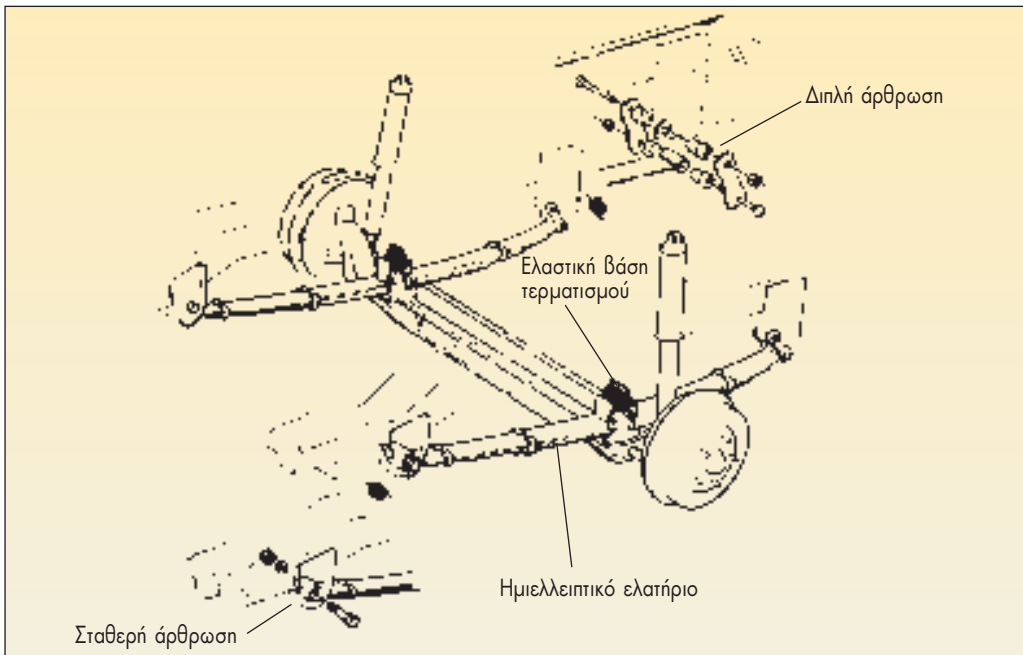
β) Συστήματα ανάρτησης με ημιάκαμπτους άξονες.

γ) Συστήματα με ανεξάρτητη ανάρτηση τροχών.

4.2.1. Άκαμπτοι άξονες

Στο Σχ.4.4 παρουσιάζεται, παραστατικά, η περίπτωση πρόσθιου ολόσωμου άκαμπτου άξονα με ημιελλειπτικά ελατήρια, όπου οι δυνάμεις, κατά την επιτάχυνση και επιβράδυνση του οχήματος, μεταφέρονται μέσω των ημιελλειπτικών ελατηρίων και των εξαρτημάτων τους, όπως εξηγείται, λεπτομερώς, και παρακάτω. Στο Σχ.4.5 παρουσιάζεται, παραστατικά, η περίπτωση οπίσθιου άκαμπτου άξονα με ημιελλειπτικά πεπλατυσμένα ελατήρια.

Στο Σχ.4.6 παρουσιάζεται, πάλι παραστατικά, η περίπτωση οπίσθιου άκαμπτου άξονα, αλλά με ελικοειδή ελατήρια. Πα-

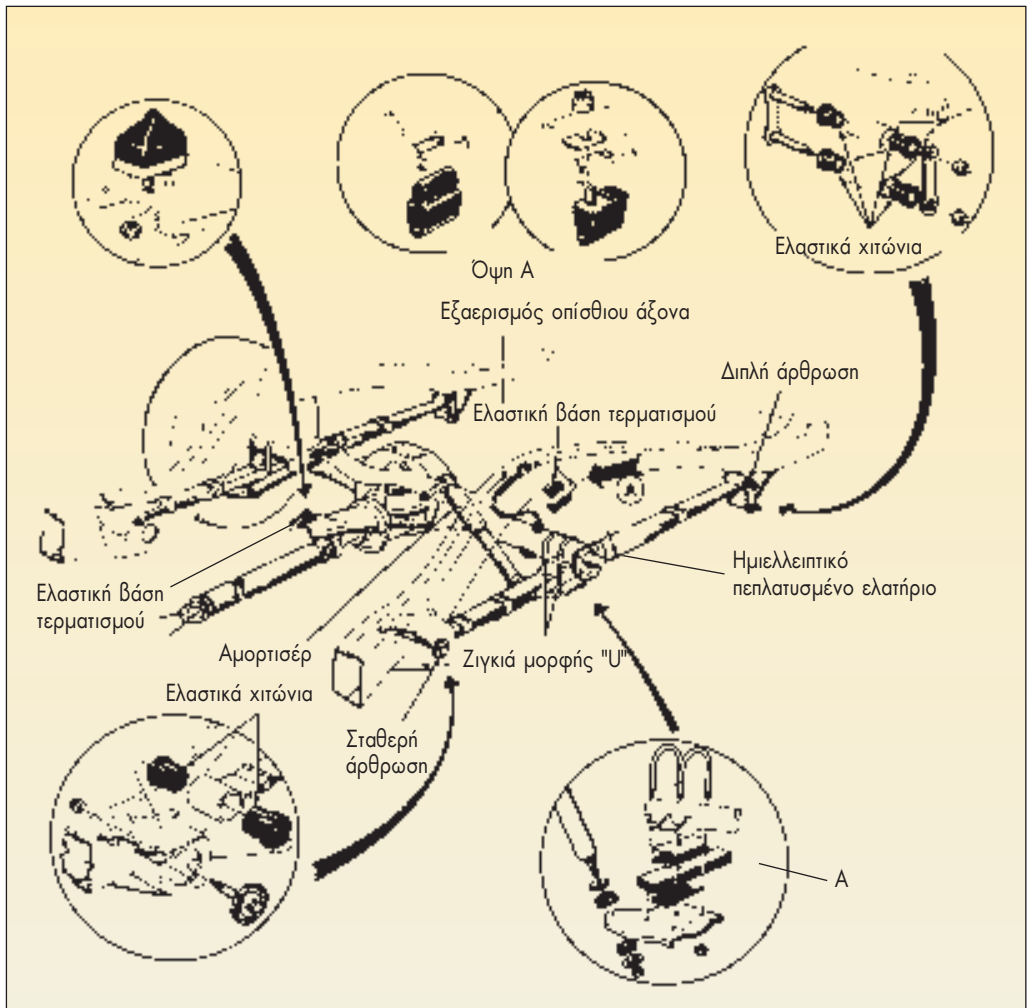


Σχ.4.4 Πρόσθιος ολόσωμος άκαμπτος άξονας με ημιελλειπτικά ελατήρια

ρατηρούμε, εδώ, ότι το τμήμα των μη αναρτημένων μαζών είναι μεγάλο, διότι περιλαμβάνει το όλο συγκρότημα του οπίσθιου άξονα μαζί με το διαφορικό. Στη συγκεκριμένη διάταξη, οι δυνάμεις κατά την επιτάχυνση και επιβράδυνση του οχήματος, μεταφέρονται μέσω των ειδικών βραχιόνων (άνω και κάτω διαμήκων βραχιόνων), ενώ η πλευρική ευστάθεια και ο έλεγχος των εγκάρσιων μετατοπίσεων ελέγχεται από μία εγκάρσια ράβδο που ονομάζεται ράβδος Πανάρ(Panhard) της οποίας τα άκρα συνδέονται, μέσω ελαστικών συνδέσμων, τόσο με τον οπίσθιο άκαμπτο άξονα όσο και με το αμάξωμα ή το πλαίσιο.

Στο Σχ.4.7 παρουσιάζεται η κλασική σχεδίαση De Dion (Ντε Ντιόν), όπου ο

οπίσθιος άκαμπτος άξονας De Dion περιλαμβάνει, ουσιαστικά, μία εγκάρσια συνδετική δοκό E ("Νεκρός Άξονας"), η οποία συνδέεται με το αμάξωμα μέσω ημιελλειπτικών πεπλατυσμένων ελατηρίων, ενώ οι τροχοί δεν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους. Παρατηρείται, λοιπόν, ότι το διαφορικό A, που είναι και το βαρύτερο μέρος του άξονα, είναι στερεωμένο στο αμάξωμα και η κίνηση στους τροχούς μεταφέρεται μέσω των αξόνων D και των δύο ημιαξονίων C, το κάθε ένα από τα οποία έχει δύο αρθρώσεις B ("σταυρούς"). Επιπλέον, υπάρχει και τηλεσκοπικός σύνδεσμος για την αυξομείωση του μήκους των ημιαξονίων, με αποτέλεσμα να γίνεται σημαντικά πιο ελαφριά η οπίσθια μη αναρτημένη μάζα.

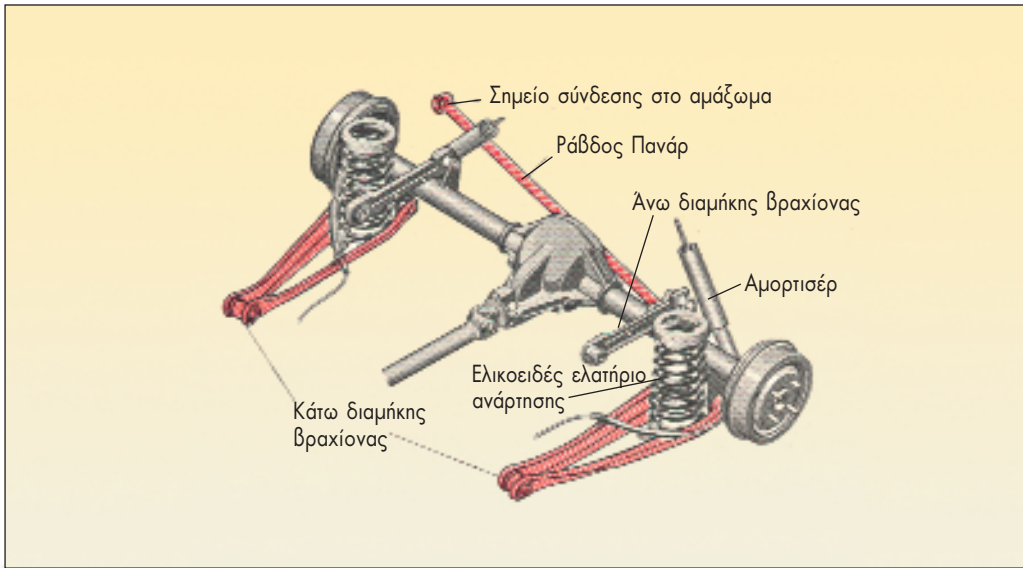


Σχ.4.5 Οπίσθιος άκαμπτος άξονας με ημιελλειπτικά πεπλατυσμένα ελατήρια.

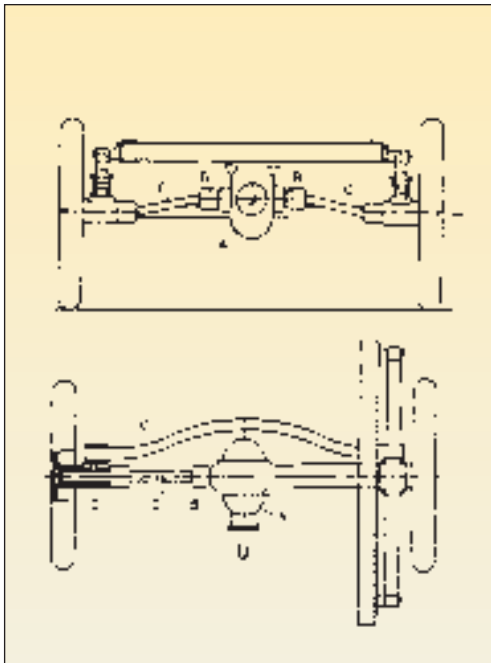
Ταυτόχρονα, οι άξονες D περιστρέφονται σε βάσεις που είναι στερεωμένες στη συνδετική δοκό E, ενώ και τα ελατήρια ανάρτησης που συνδέουν τη δοκό E με το πλαίσιο, είναι στερεωμένα στις βάσεις αυτές.

Στο Σχ.4.8 φαίνεται, παραστατικά, μία σύγχρονη παραλλαγή του άξονα Ντε

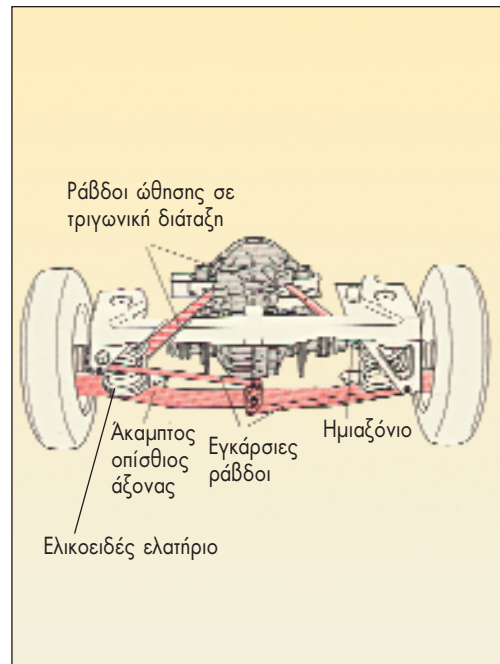
Ντιόν (De Dion) με ελικοειδή ελατήρια ανάρτησης, όπου η πλευρική ευστάθεια του οχήματος πετυχαίνεται με τις εγκάρσιες ράβδους, ενώ υπάρχουν και άλλοι δύο ράβδοι σε τριγωνική διάταξη, για την ώθηση του οχήματος. Η ανάρτηση αυτή συνδυάζει πολλά από τα προτερήματα της ανάρτησης του άκαμπτου άξονα, με τις αρετές της ανεξάρτητης ανάρτησης.



Σχ. 4.6 Οπίσθιος άκαμπτος άξονας με ελικοειδή ελατήρια



Σχ.4.7 Ανάρτηση οπίσθιου άξονα με σχεδίαση Ντε Ντιόν

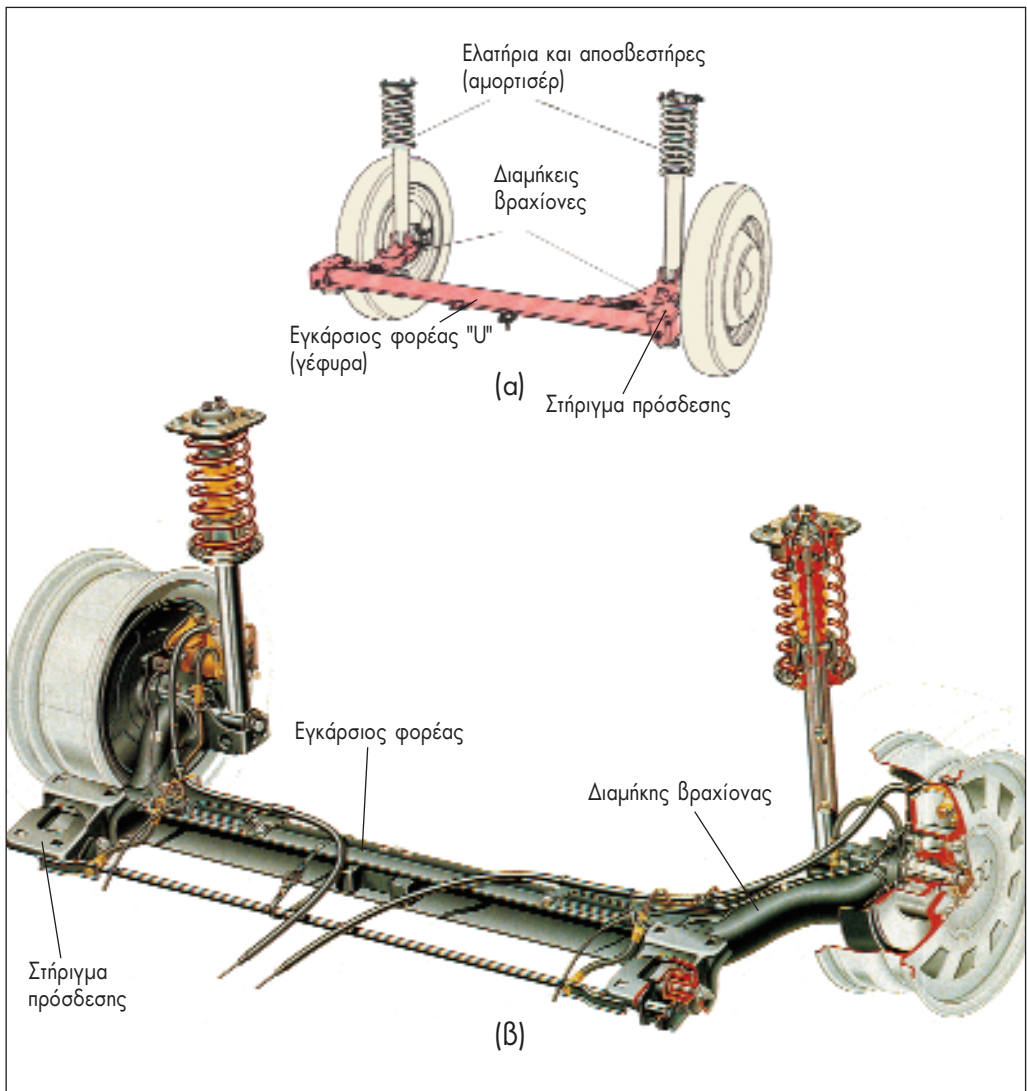


Σχ.4.8 Σύγχρονη ανάρτηση οπίσθιου άξονα με σχεδίαση Ντε Ντιόν

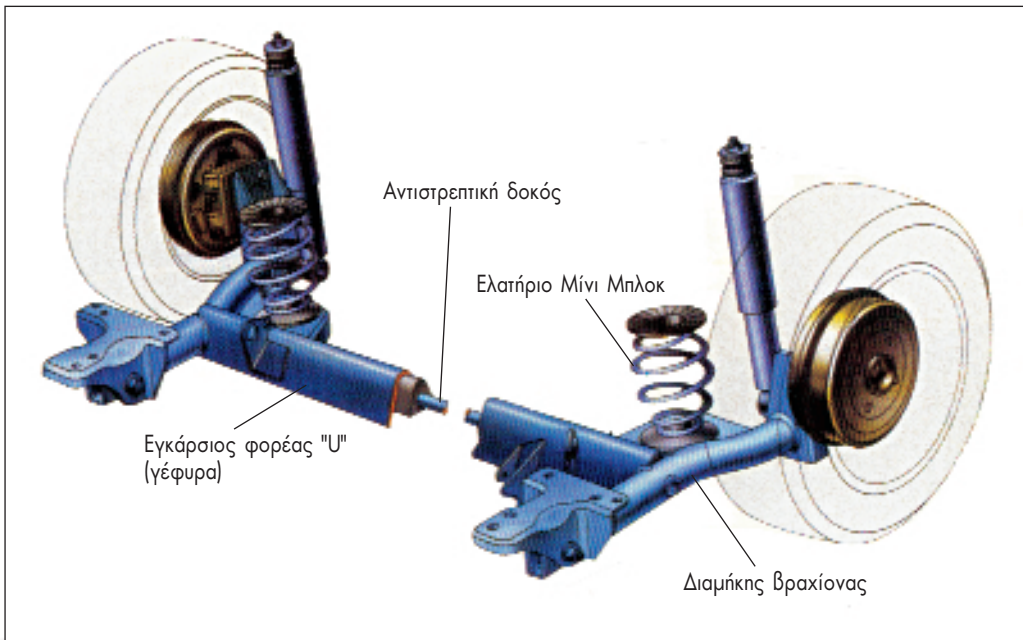
4.2.2. Ημιάκαμπτοι άξονες

Στο Σχ.4.9 (α) και (β) παρουσιάζεται, με μικρές παραλλαγές, ένας ημιάκαμπτος άξονας τύπου "γέφυρας", της οποίας τα άκρα είναι συγκολλημένα με δύο παράλληλους διαμήκεις καλύβδινους βραχίονες, δεξιά και αριστερά, ενώ επάνω

στους βραχίονες στερεώνονται οι τροχοί. Τα άκρα της γέφυρας στο άνω μέρος της έχουν ειδικά διαμορφωμένα στηρίγματα πρόσδεσης όπου, μέσω ελαστικών εδράνων, στηρίζονται με κοχλίες στο αμάξωμα. Έτσι, στην περίπτωση ομοιόμορφων εμποδίων (αντιστάσεων)



Σχ.4.9 Ημιάκαμπτος άξονας τύπου γέφυρας



Σχ.4.10 Ημιάκαμπος άξονας με διαμήκεις βραχίονες.

και στους δύο τροχούς, όλη η γέφυρα παρουσιάζει μία ταλάντωση στα ελαστικά της έδρανα. Σημειώνεται, ότι η γέφυρα διατομής "U" κατασκευάζεται από χάλυβα ελατηρίων και έχει μεγάλη αντίσταση σε κάμψη, ενώ παράλληλα παραλαμβάνει και στρεπτικά φορτία. Σε περίπτωση εμποδίου στον ένα μόνο τροχό, η κίνηση από τον ένα διαμήκη βραχίονα ενός τροχού μεταφέρεται, μέσω της γέφυρας, και στον αντίστοιχο του άλλου τροχού, με αποτέλεσμα αυτή να ενεργεί σαν σταθεροποιητής (Stabilizer). Η γωνία Κάμπερ των τροχών, στην περίπτωση αυτή, δεν μεταβάλλεται.

Στο Σχ.4.10 παρουσιάζεται ένα σύστημα ημιάκαμπου άξονα, όπου και οι δύο διαμήκεις βραχίονες των τροχών δεν είναι παράλληλοι μεταξύ τους, αλλά παρουσιάζουν μία απόκλιση προς το πίσω

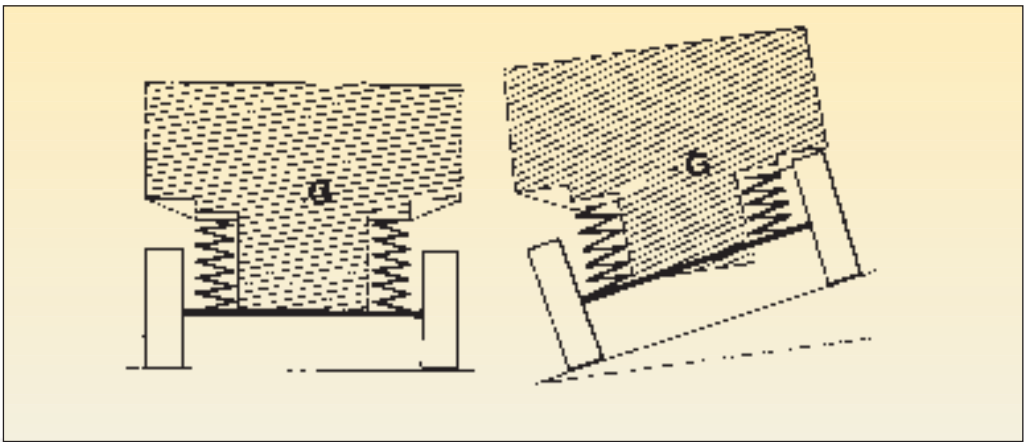
μέρος τους και κατασκευάζονται από χάλυβα, ενώ έχουν συγκολληθεί στο σημείο των $\frac{2}{3}$ περίπου του μήκους τους, επάνω σε ένα εγκάρσιο φορέα από χάλυβα ελατηρίων ("γέφυρα") διατομής "U". Σημειώνεται και εδώ, ότι η γέφυρα αυτή κατασκευάζεται από χάλυβα ελατηρίων και έχει μεγάλη αντίσταση σε κάμψη, ενώ παράλληλα παραλαμβάνει στρεπτικά φορτία μέσω της αντιστρεπτικής δοκού που είναι τοποθετημένη στο εσωτερικό του εγκάρσιου φορέα. Όταν, λοιπόν, παρουσιασθεί κάποιο εμπόδιο στον ένα τροχό, τότε ο εγκάρσιος φορέας παίρνει λοξή θέση και έτσι, στις στροφές, όπου η φόρτιση του εξωτερικού τροχού είναι μεγαλύτερη, αυξάνει η γωνία Camber, λαμβάνοντας αρνητικές τιμές, με αποτέλεσμα το όχημα να παρουσιάζει μεγαλύτερη ευστάθεια.

4.2.3 Ανεξάρτητη ανάρτηση τροχών.

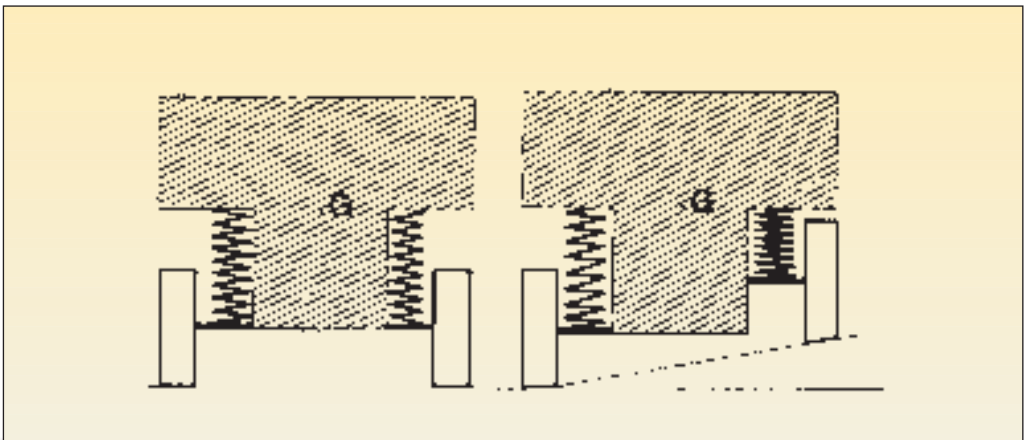
Στους άκαμπτους άξονες, κατά την κίνηση του αυτοκινήτου σε δρόμο με εγκάρσια κλίση ή βαθμίδα (σκαλοπάτι), ο ένας τροχός επηρεάζει τον άλλο, ενώ το αμάξωμα G (Σχ.4.11) παρουσιάζει σημαντική κλίση.

Στην ανεξάρτητη ανάρτηση, ο κάθε τροχός, είναι στερεωμένος, ανεξάρτητος

από τον άλλο, με βραχίονα στο πλαίσιο ή το αμάξωμα (Σχ.4.12). Έτσι, μπορεί ο ένας τροχός, ανάλογα με τα εμπόδια που θα συναντήσει, να κινηθεί μόνον κατακόρυφα, ανεξάρτητα από τον άλλον. Επίσης, με τη διάταξη αυτή οι τροχοί μπορούν να κινούνται και σε αντίθετες κατευθύνσεις (πάντα όμως κατακόρυφα), χωρίς η κίνηση του ενός να επηρεάζει την κίνηση του άλλου, ενώ και το βάρος



Σχ.4.11 Άκαμπτος άξονας σε εγκάρσια κλίση του δρόμου



Σχ.4.12 Ανεξάρτητη ανάρτηση τροχών

των μη αναρτημένων μαζών, τώρα πλέον έχει ελαττωθεί σημαντικά, γεγονός το οποίο κάνει την ανάρτηση περισσότερο αποτελεσματική.

Ας εξετάσουμε, τώρα, και την περίπτωση της ανεξάρτητης ανάρτησης με ψαλίδια και ελικοειδές ελατήριο.

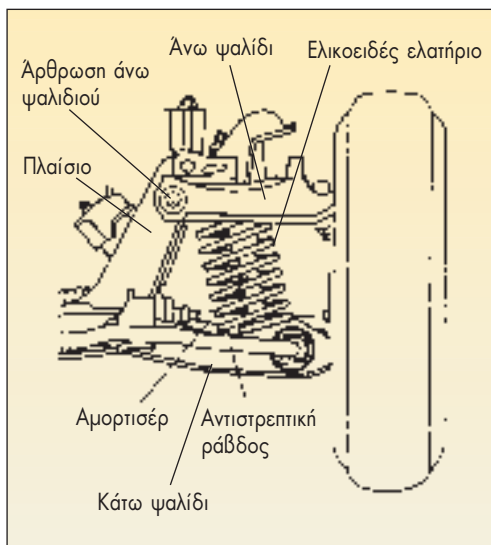
Εδώ, ο κάθε τροχός στηρίζεται με βραχίονες (ψαλίδια), που είναι τοποθετημένοι εγκάρσια ως προς τον διαμήκη άξονα του αυτοκινήτου και μπορεί να έχουν το ίδιο (Σχ.4.41) ή και διαφορετικό μήκος (Σχ.4.13).

Όταν έχουν διαφορετικό μήκος, ο κάτω βραχίονας (κάτω ψαλίδι) είναι μεγαλύτερος από τον επάνω (άνω ψαλίδι), ενώ και στις δύο περιπτώσεις, οι βραχίονες (ψαλίδια) αρθρώνονται στο πλαίσιο ή το αμάξωμα με βλήτρα (μπουλόνια). Στο εξωτερικό τους άκρο, στις παλαιότερες κατασκευές αλλά και στις σύγχρονες σε φορτηγά οχήματα, η βάση του ακραζονίου αρθρώνεται με μπουλόνια, οπότε υπάρχει ο κλασικός πείρος για το ακραζόνιο. Στις σύγχρονες, όμως, κατασκευές, το εξωτερικό άκρο τους στερεώνεται με σφαιρικούς συνδέσμους Νο 9, (Σχ.4.43α) στο σώμα της βάσης του ακραζονίου Νο 7, το οποίο πλέον δεν έχει πείρο, αφού τη θέση του την καταλαμβάνουν οι σφαιρικοί σύνδεσμοι.

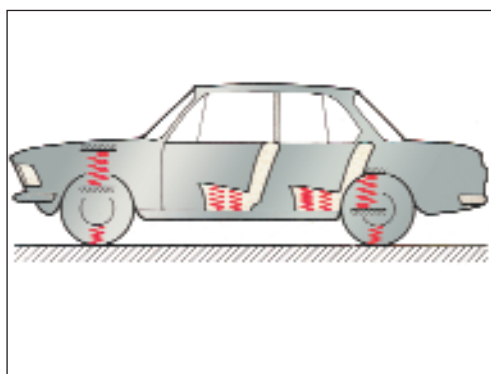
Κύρια μέρη του συστήματος ανάρτησης

Τα κύρια μέρη που περιλαμβάνουν τα διάφορα συστήματα ανάρτησης, είναι:

- Τα ελατήρια.
- Οι αποσβεστήρες κραδασμών ή αμορτισέρ.
- Οι σφαιρικοί σύνδεσμοι.
- Τα ελαστικά ή ελαστικοπλαστικά μέλη των εξαρτημάτων της ανάρτησης.



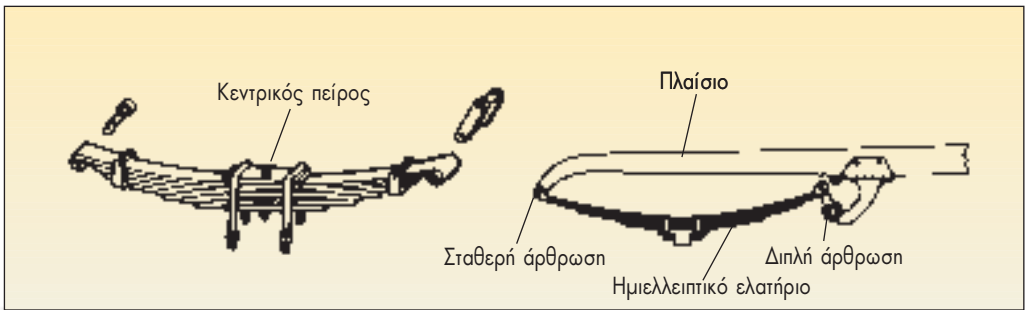
Σχ.4.13 Ανεξάρτητη ανάρτηση με ψαλίδια άνισου μήκους.



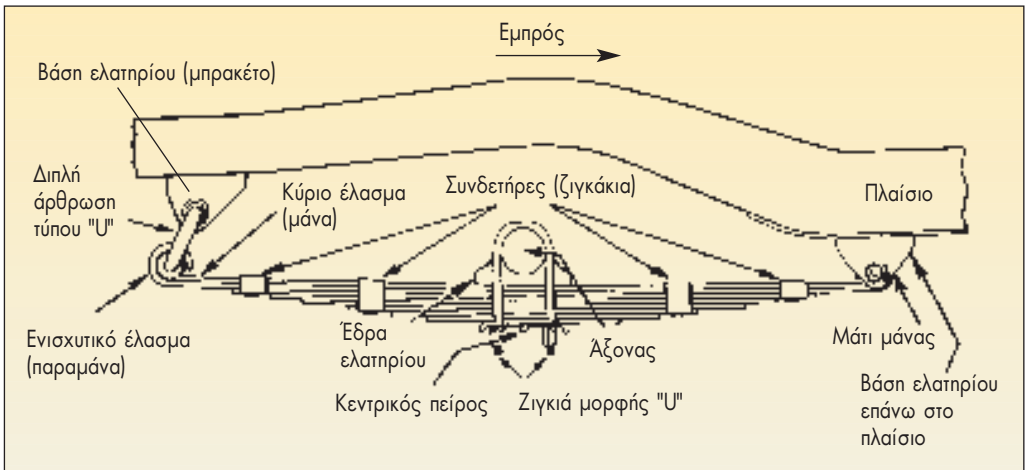
Σχ.4.14 Τυπικά ελατήρια σε μία ανεξάρτητη ανάρτηση επιβατικού αυτοκινήτου

4.3. Ελατήρια

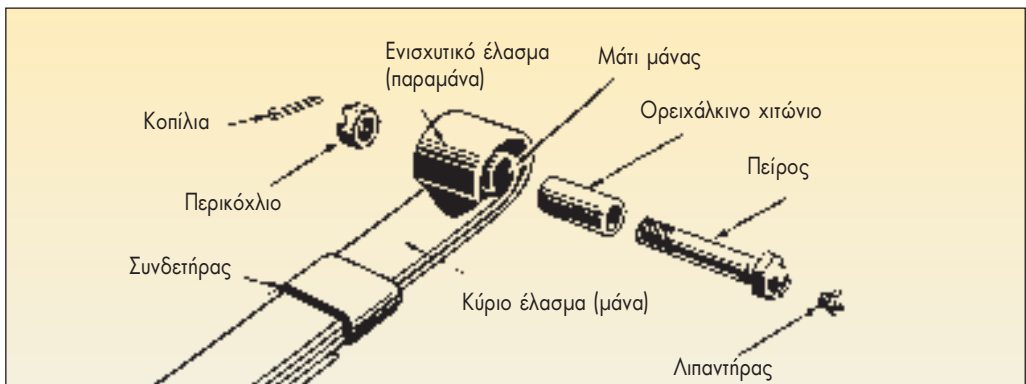
Τα ελατήρια, που είναι και τα κύρια στοιχεία της ανάρτησης, τοποθετούνται μεταξύ των αξόνων των τροχών και του πλαισίου ή του αμαξώματος (Σχ.4.14). Εκτός, βέβαια, από τα ελατήρια, συνεισφέρουν



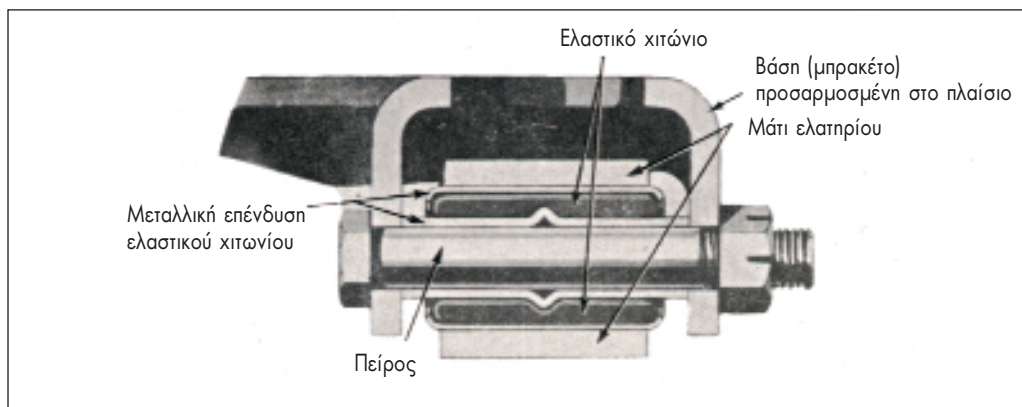
Σχ.4.15 Ημιελλειπτικό ελατήριο ανάρτησης



Σχ. 4.16 Διάταξη σύνδεσης ημιελλειπτικού ελατηρίου



Σχ.4.17 Ημιελλειπτικό ελατήριο με σταθερή άρθρωση και ορειχάλκινο χιτώνιο



Σχ.4.18 Σταθερή άρθρωση με ελαστικό χιτώνιο

στην ανάρτηση, ως ένα βαθμό, και τα ελαστικά των τροχών. Επιπρόσθετα, για την παραπέρα άνεση των επιβατών, υπάρχουν ελατήρια και στα καθίσματά τους.

Είδη ελατηρίων ανάρτησης

Στα διάφορα συστήματα ανάρτησης χρησιμοποιούνται τρία είδη ελατηρίων:

- Τα ημιελλειπτικά ελατήρια.
- Τα ελικοειδή ελατήρια.
- Οι στρεπτικοί ράβδοι.

4.3.1. Ημιελλειπτικά ελατήρια

Τα ελατήρια αυτά είναι τα πρώτα που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάρτηση των αυτοκινήτων και, σήμερα, στα μεν επιβατικά μικρά αυτοκίνητα χρησιμοποιούνται σπανιότερα, αλλά σχεδόν, αποκλειστικά, στα βαριά οχήματα. Πρόκειται για μία σειρά ελασμάτων από χάλυβα, που το μήκος τους μειώνεται διαδοχικά, καθώς τοποθετούνται το ένα επάνω στο άλλο. Στο μέσον τους (Σχ.4.15) ή, σπανιότερα σε ασύμμετρη θέση, συνδέονται με έναν κεντρικό πείρο ο οποίος και τα διαπερ-

νά. Ο αριθμός των ελασμάτων αρχίζει από ένα ή δύο και φθάνει μέχρι και πάνω από δέκα, στις περιπτώσεις βαρέων οχημάτων.

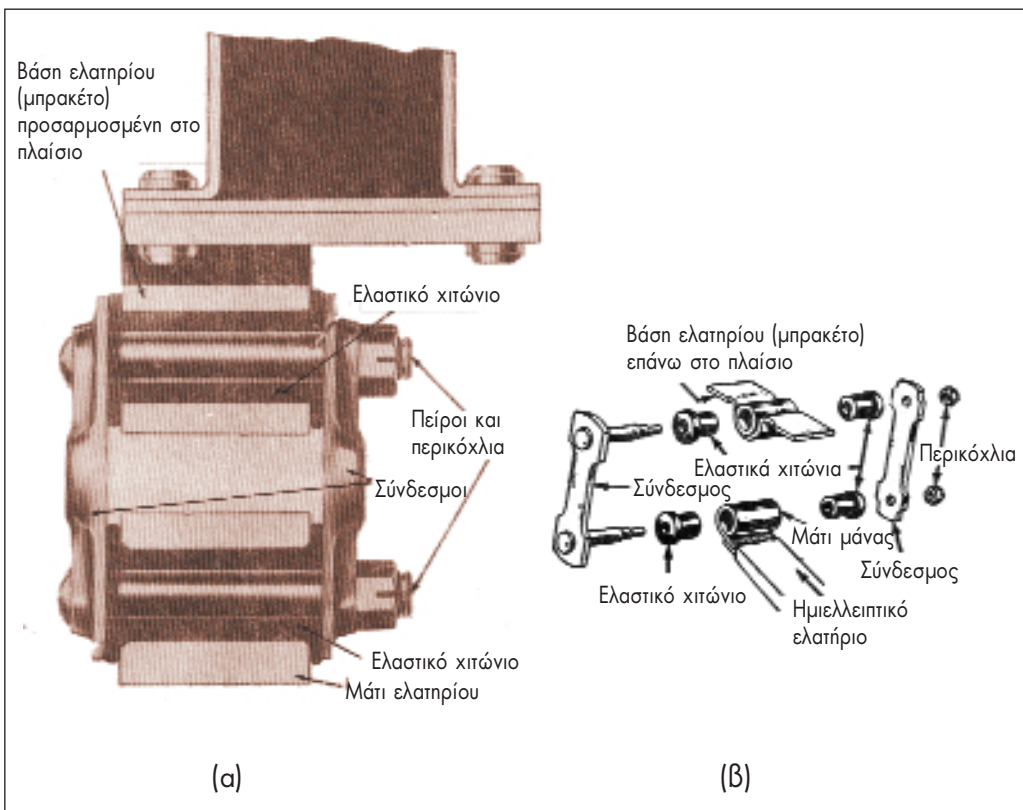
Στο Σχ. 4.16 φαίνεται, παραστατικά, μία γενική διάταξη ενός ημιελλειπτικού ελατηρίου, με τα επιμέρους κομμάτια που το αποτελούν. Εδώ, η σύνδεση μεταξύ των καλύβδινων φύλλων του ελατηρίου γίνεται με έναν κεντρικό πείρο στο μέσο τους, ενώ όλο το συγκρότημα του ελατηρίου συνδέεται με "ζιγκιά" (συνδετήρες μορφής U) κάτω από τον άξονα.

Το πρώτο έλασμα του ελατηρίου, που θεωρείται και το κύριο, ονομάζεται "μάνα" (βλ. και Σχ.4.17), είναι το μακρύτερο και κάμπτεται στα άκρα του, ενώ σχηματίζει και δύο "μάτια" ("καρύδια"), με τα οποία στερεώνεται το όλο ελατήριο στο πλαίσιο. Το ένα άκρο του ελατηρίου συνδέεται κατευθείαν στην ειδική βάση (μπρακέτο), που προσαρμόζεται στο πλαίσιο (Σχ.4.18), είτε με πείρο και ορειχάλκινο δακτυλίδι - το οποίο λιπαίνεται, σε παλαιότερες κατασκευές, με λιπαντήρα (γρασαδόρο)(Σχ.4.17) - είτε με

ανθεκτικό ελαστικό ή ελαστικοπλαστικό δακτυλίδι (Σχ.4.18). Το άλλο άκρο του ελατηρίου συνδέεται με μία διπλή άρθρωση ("σκουλαρίκι"), επίσης στο πλαίσιο. Στα Σχ.4.19(α) και Σχ.4.19(β) φαίνονται η διπλή άρθρωση ("σκουλαρίκι") ενός ημιελλειπτικού ελατηρίου σε συναρμολογημένο σύνολο, και τα επιμέρους κομμάτια που την αποτελούν, αντίστοιχα.

Η διπλή άρθρωση, ουσιαστικά, αποτελεί ένα σύνδεσμο, που σκοπό έχει να επιτρέψει στο ελατήριο να αυξομειώνει ελεύθερα το μήκος του, δηλαδή την απόσταση

μεταξύ των δύο "ματιών" του. Αυτό πρέπει να γίνεται, διότι όσο αυξάνει το φορτίο του ελατηρίου, τόσο αυτό τείνει να αυξήσει το ελεύθερο μήκος του και να λάβει ευθύγραμμη μορφή, μέχρι βέβαια το όριο της τέλει ευθυγράμμισής του. Το όριο αυτό, πάντως, δεν πρέπει να παραβιάζεται, διότι τότε, το ελατήριο κάμπτεται αντίστροφα, με άμεσο κίνδυνο να σπάσει με απρόβλεπτες συνέπειες. Εννοείται ότι, εάν το ελατήριο στερεωνόταν σταθερά με τα δύο άκρα του στο πλαίσιο, δεν θα υπήρχε ελαστικότητα, οπότε δεν θα λειτουργούσε σαν ελατήριο.



Σχ.4.19

(α) Συναρμολογημένο σύνολο διπλής άρθρωσης με διαιρετά ελαστικά ή ελαστικοπλαστικά χιτώνια , (β) τα επιμέρους κομμάτια της διπλής άρθρωσης

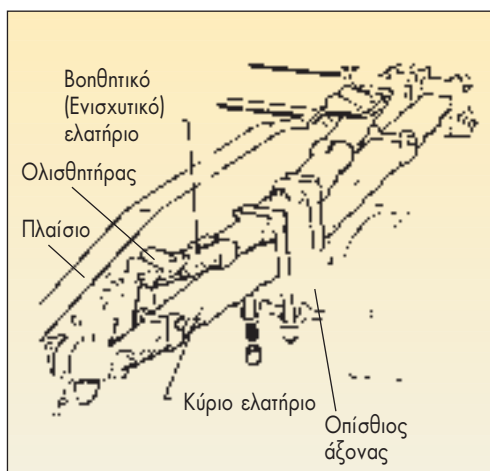
Το ελατήριο σπηρίζεται στον άξονα με δύο σπηρίγματα μορφής U ("ζιγκιά") και με την παρεμβολή ειδικού, συνήθως, χαλύβδινου κομματιού έδρασης (έδρας ελατηρίου) Σχ.4.16, ενώ μπορεί να προσαρμόζεται στο επάνω ή στο κάτω μέρος του άξονα.

Για να μην απομακρύνονται από τη θέση τους, κατά την αιώρησή τους τα φύλλα του ελατηρίου συγκρατούνται με άλλους μικρότερους συνδετήρες ("ζιγκάκια").

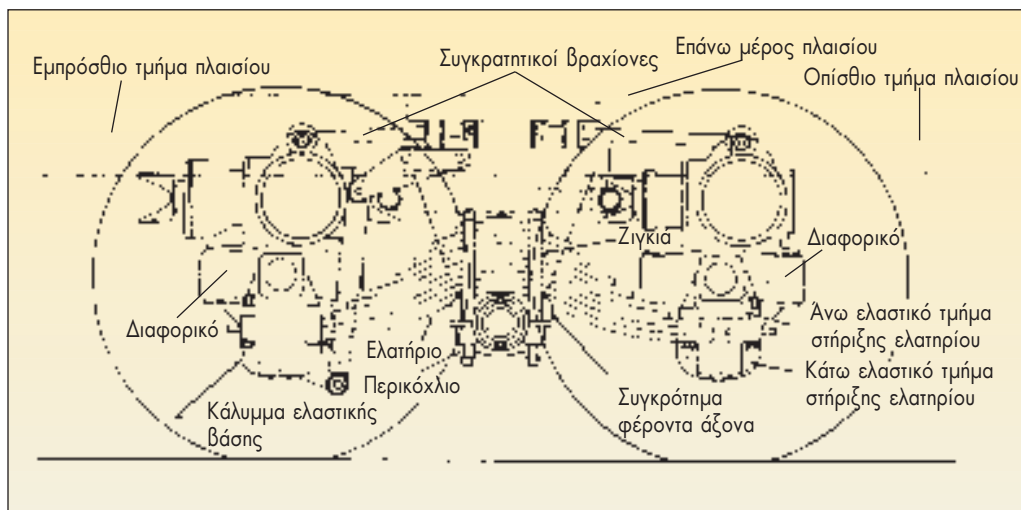
Ανάρτηση με ενισχυμένα φύλλα ημιελλειπτικών ελατηρίων ανάρτησης

Στα βαρέα οχήματα, για να ενισχυθεί το κύριο έλασμα ("μάνα"), υπάρχει δεύτερο και τρίτο έλασμα, που φθάνει μέχρι τα άκρα του ελατηρίου (Σχ.4.17). Τα έλασματα αυτά ονομάζονται "παραμάνες". Επίσης, στους οπίσθιους άξονες των βαρέων φορτηγών τα ελατήρια ανάρτησης ενισχύονται με ένα ακόμα ή και δύο βοηθητικά ελατήρια ("κόντρα σού-

στες") σε κάθε τροχό (Σχ.4.18). Το δεύτερο αυτό ή ακόμη και το τρίτο βοηθητικό ελατήριο (αν υπάρχει), συνδέεται πάνω στο πρώτο με τα ίδια "ζιγκιά" και, όταν δέχεται φορτίο, σπηρίζεται (πατά) στο πλαίσιο με ειδικούς ολισθητήρες (μπρακέτα) και όχι με σύνδεσμο.



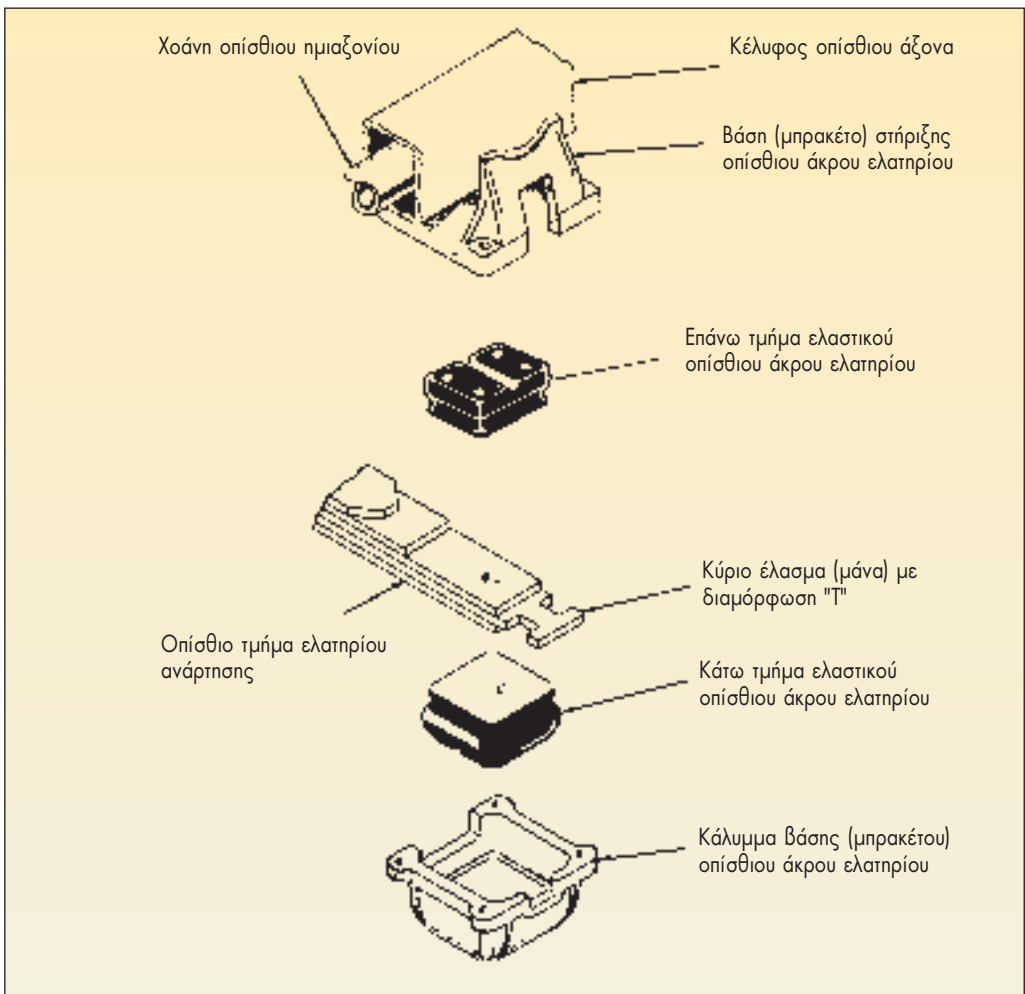
Σχ.4.18 Ενισχυτικό ελατήριο (κόντρα σούστα)



Σχ. 4.19 Τρόπος ανάρτησης με ημιελλειπτικό ελατήριο βαρέος τύπου σε φορτηγό.

Στο Σχ.4.19 φαίνεται ο σχεδιασμός ανάρτησης με ημιελλειπτικό ελατήριο βαρέος τύπου στους οπίσθιους κινητήριους τροχούς ενός φορτηγού. Διακρίνονται, δηλαδή, οι κύκλοι των τροχών που "πιάνουν" στην προέκταση των ημιαξονίων των δύο διαφορικών, καθώς και οι συγκρατητικοί βραχίονες (ελκυστήρες ράβδοι) που αναλαμβάνουν να αντιμετωπίσουν τις δυνάμεις της επιτάχυνσης, της

επιβράδυνσης και της αντίδρασης, όπως θα δούμε αναλυτικά παρακάτω, και οι οποίοι συνδέουν τα κελύφη των διαφορικών με το πλαίσιο. Το ελατήριο συνδέεται με ζιγκιά και έχει δυνατότητα μικρής ελευθερίας κίνησης ως προς τον "φέροντα άξονα" (trunnion), ο οποίος συνδέεται σταθερά στο πλαίσιο, ενώ ο τρόπος σύνδεσης των άκρων του ελατηρίου φαίνεται στο Σχ. 4.20.



Σχ.4.20 Τυπική διαμόρφωση και σύνδεση άκρου ελατηρίου βαρέος τύπου

Το σύστημα ανάρτησης σε αντίδραση στη ροπή στρέψης του κινητήρα

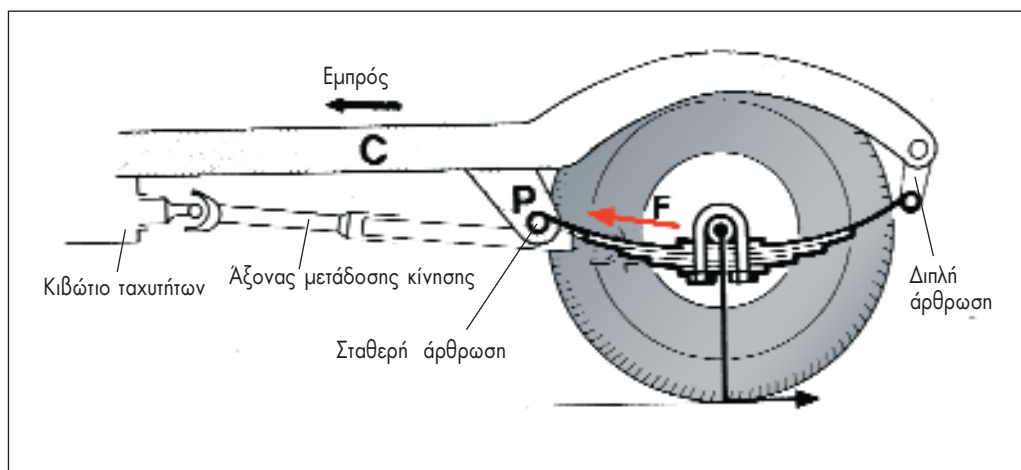
Όπως είπαμε πιο πάνω, το σύστημα ανάρτησης παρεμβάλλεται ανάμεσα στις αναρτημένες μάζες, στις οποίες περιλαμβάνεται και ο κινητήρας, και στις μη αναρτημένες, στις οποίες περιλαμβάνονται και οι τροχοί. Για να κινηθεί το όχημα, όμως, πρέπει να μεταδοθεί στους τροχούς η ροπή στρέψης, που δημιουργείται από τον κινητήρα. Πρέπει, δηλαδή, η ροπή αυτή από τις αναρτημένες μάζες να περάσει στις μη αναρτημένες και έτσι, τον ρόλο του μεταφορέα τον αναλαμβάνει ο άξονας μετάδοσης της κίνησης, όπως π.χ. συμβαίνει σε ένα τυπικό όχημα που έχει μεν τον κινητήρα εμπρός, αλλά την κίνηση στους οπίσθιους τροχούς μέσω ενός ανοικτού άξονα μετάδοσής της.

Ο άξονας, όμως, μετάδοσης της κίνησης δημιουργεί με την κίνησή του αντιδράσεις, που πρέπει να αντιμετωπίσει το σύστημα ανάρτησης. Έτσι, η ροπή στρέ-

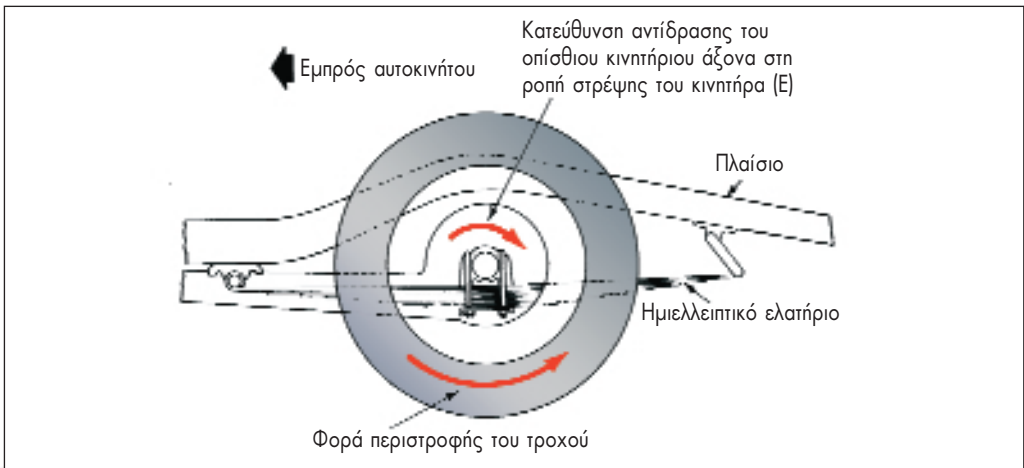
ψης που μεταδίδεται στον οπίσθιο κινητήριο άξονα του αυτοκινήτου, με τη βοήθεια του άξονα μετάδοσης κίνησης, δημιουργεί τη δύναμη F (Σχ.4.21). Αυτή, με τη σειρά της, τείνει να κινήσει τον οπίσθιο κινητήριο άξονα του αυτοκινήτου προς τα εμπρός και, συγχρόνως, λόγω των αντιδράσεων στην κίνηση αυτή, δημιουργείται τάση στον οπίσθιο κινητήριο άξονα (θήκη διαφορικού και ημιαξονίων) να στραφεί γύρω από τον γεωμετρικό του άξονα, κατά φορά αντίθετη προς την φορά περιστροφής των τροχών (Σχ.4.22).

Είναι φανερό, λοιπόν, ότι για να κινηθεί ολόκληρο το αυτοκίνητο προς τα εμπρός, πρέπει, αφενός η δύναμη F (Σχ.4.21) να μεταδοθεί στο πλαίσιο ή το αμάξωμα (σημείο P), αφετέρου η τάση της αντίθετης περιστροφής του κινητήριου άξονα (E) (Σχ.4.22) να εξουδετερωθεί, ώστε να υπάρξει κίνηση του οχήματος.

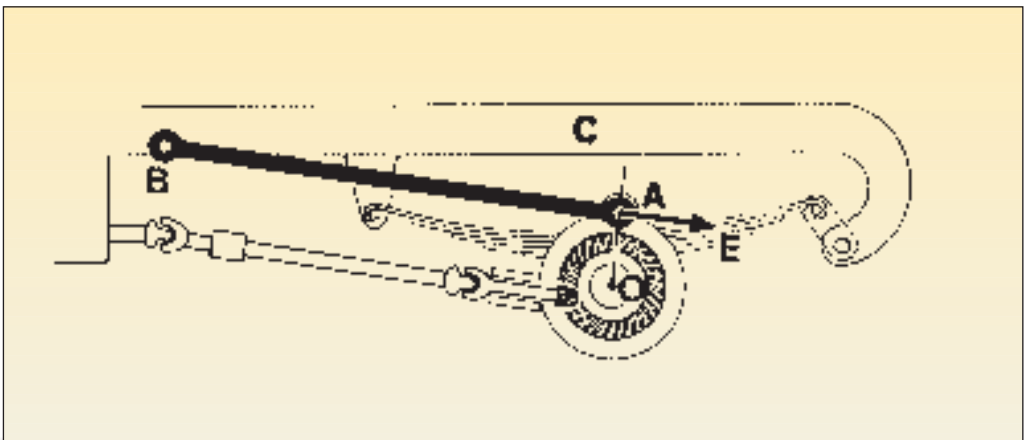
Τόσο τη μετάδοση της ώθησης από τον οπίσθιο κινητήριο άξονα στο πλαίσιο ή



Σχ.4.21 Μεταφορά της δύναμης ώθησης από τον οπίσθιο άξονα στο πλαίσιο ή το αμάξωμα



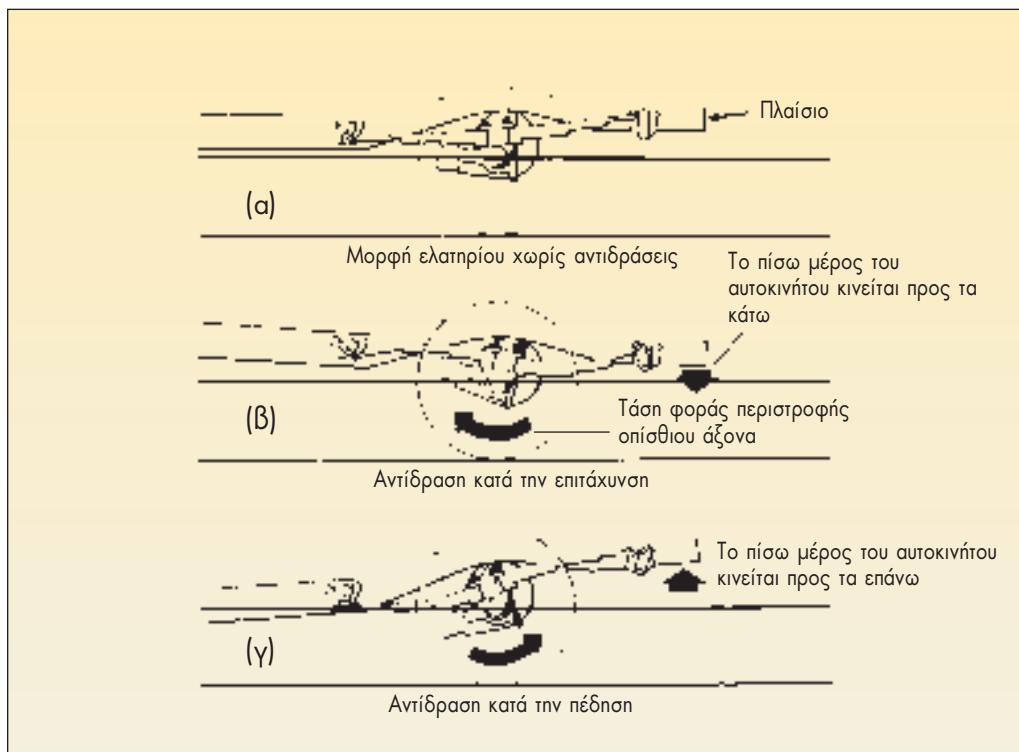
Σχ. 4.22 Διεύθυνση αντίδρασης του οπίσθιου κινητήριου άξονα στη ροπή στρέψης του κινητήρα



Σχ. 4.23 Ράβδος για την αντίδραση στην αντίθετη στροφή του οπίσθιου κινητήριου άξονα

το αμάξωμα, όσο και την αντίδραση-εξουδετέρωση της τάσης για αντίθετη περιστροφή του οπίσθιου κινητήριου άξονα, τις αναλαμβάνει το σύστημα ανάρτησης που, κανονικά, θα έπρεπε να ονομάζεται σύστημα **ανάρτησης, ώθησης και αντίδρασης**.

Η μετάδοση της ώθησης και η αντίδραση στην αντίθετη στροφή του συγκροτήματος του οπίσθιου κινητήριου άξονα (δύναμη E), μπορεί να γίνουν, είτε με τη βοήθεια ειδικών εξαρτημάτων, όπως π.χ. της ράβδου AB (Σχ.4.23), είτε μόνον από τα ίδια τα ελατήρια της ανάρτησης.



Σχ.4.24 Παραμόρφωση ημιελλειπτικών ελατηρίων από τις αντιδράσεις

(α) Ελατήριο χωρίς αντιδράσεις. (β) Παραμόρφωση κατά την επιτάχυνση. (γ) Παραμόρφωση κατά το φρενάρισμα.

Στην περίπτωση των ημιελλειπτικών ελατηρίων σε ελαφρά οχήματα, η μετάδοση της δύναμης ώθησης και της δύναμης αντίδρασης στη τάση περιστροφής του οπίσθιου άξονα, γίνεται με την κατάλληλη στερέωση των άκρων των ελατηρίων, γνωστή ως σύστημα Hotchkiss (Χότσκις) (Σχ.4.24).

Στο σύστημα αυτό, τα ελατήρια ανάρτησης στο πρόσθιο σημείο συναρμογής τους στο πλαίσιο ή στο αμάξωμα έχουν σταθερή άρθρωση, όπως ήδη έχει αναφερθεί παραπάνω, ενώ στο οπίσθιο σημείο διαθέτουν διπλό αθρωτό σύνδεσμο ("σκουλαρίκι").

Με τη σταθερή άρθρωση μεταδίδονται, τόσο η δύναμη ώθησης F (Σχ.4.21), όσο και η δύναμη E η οποία είναι αποτέλεσμα της αντίδρασης του άξονα στη ροπή στρέψης του κινητήρα (Σχ.4.23). Οι δυνάμεις αυτές πάντως, εξουδετερώνονται από το βάρος του οχήματος.

Κάτω, λοιπόν από την επίδραση των αντιδράσεων αυτών, τα ελατήρια παραμορφώνονται και παίρνουν τις μορφές που φαίνονται στο Σχ. 4.24.

Στο Σχ.4.24(α) φαίνεται η μορφή που έχει το ελατήριο χωρίς αντιδράσεις. Στο (β) η μορφή που παίρνει το ελατήριο από την αντίδραση του οπίσθιου άκα-

μπου κινητήριου άξονα κατά την επιτάχυνση και στο (γ) η μορφή του κατά το φρενάρισμα.

Χαρακτηριστικά ημιελλειπτικού ελατηρίου

Ένα χαρακτηριστικό στοιχείο του ημιελλειπτικού ελατηρίου είναι η υποχώρηση που αυτό παρουσιάζει κάτω από ορισμένο φορτίο, κατά πόσο δηλαδή μειώνεται η ημιελλειπτικότητά του, κάτω από ένα συγκεκριμένο φορτίο. Όσο, λοιπόν, μεγαλύτερο είναι το μήκος του φύλλου του ελλειψοειδούς ελατηρίου, τόσο αυτό παρουσιάζεται πιο μαλακό και η υποχώρησή του - κάτω από ορισμένο φορτίο - είναι μεγάλη, με αποτέλεσμα να απορροφά ελαφρούς κραδασμούς. Όσο, όμως, μικρότερο γίνεται το μήκος των φύλλων του ελατηρίου, τόσο αυτό σκληραίνει και απορροφά μεγαλύτερους κραδασμούς.

Τοποθετώντας, λοιπόν, ελατήρια διαφόρων μηκών, έχουμε τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουμε μικρού και μεγάλου μεγέθους κραδασμούς, τους οποίους αναλαμβάνει να αποσβέσει το κατάλληλο κάθε φορά φύλλο του ελατηρίου. Για να μη "φεύγουν" μάλιστα από τη θέση τους τα φύλλα - που ας σημειωθεί, έχουν μεταξύ τους διαφορετικές σχέσεις υποχώρησης και διαφορετική ταλάντωση, και τα οποία κατά τη λειτουργία τους δημιουργούν τριβές το ένα με το άλλο - συγκρατούνται με συνδετήρες. Οι τριβές αυτές αντιμετωπίζονται ή με γράσο, που παρεμβάλλεται ανάμεσα στα φύλλα του ελατηρίου ή (και) με φύλλα ελαστικού (αντιτριβικά παρεμβύσματα), που παρεμβάλλονται ανάμεσα στα φύλλα του ελατηρίου.

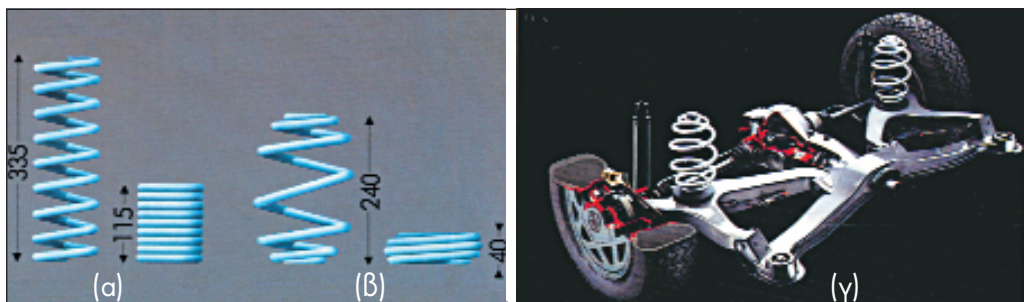
Να σημειωθεί ότι, για να έχουμε σωστή ανάρτηση με ημιελλειπτικά ελατήρια και στον πρόσθιο και στον οπίσθιο άξονα, θα πρέπει η σχέση υποχώρησης του κάθε συνόλου των ελατηρίων να είναι η ίδια και στους δύο άξονες.

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό του ημιελλειπτικού ελατηρίου είναι ο αριθμός των ταλαντώσεων, που πραγματοποιεί στη μονάδα του χρόνου (min). Δηλαδή, όταν φορτωθεί ένα ελατήριο και κατόπιν πάψει να επενεργεί αυτή η δύναμη της φόρτισης, τότε αυτό θα ανεβοκατεβαίνει αρκετές φορές, δημιουργώντας ταλαντώσεις οι οποίες μετρούνται στα οχήματα ανά λεπτό (min.)

Για να αντιμετωπισθούν οι ταλαντώσεις αυτές, τοποθετούνται, όπως θα δούμε παρακάτω, ειδικοί αποσβεστήρες (αμορτισέρ).

4.3.2. Ελικοειδή ελατήρια

Τα ελικοειδή ελατήρια αποτελούνται από κυκλικής διατομής χαλύβδινη ράβδο, που έχει περιελιχθεί ελικοειδώς [Σχ.4.25(α)]. Τα ελατήρια αυτά που από τη φύση τους δέχονται μόνον θλιπτικά φορτία και χρησιμοποιούνται σε συστήματα ανεξάρτητης ανάρτησης, τοποθετούμενα μεταξύ του άνω ή κάτω βραχίονα (ψαλιδιού) και αμαξώματος ή πλαισίου σε κατάλληλες υποδοχές. Χρησιμοποιούν, επιπλέον, συγκρατητικούς βραχίονες ή ελκυστήρες ράβδους, διότι δεν μεταφέρονται με αυτά δυνάμεις επιτάχυνσης, επιβράδυνσης ή δυνάμεις αντίδρασης στην αντίθετη στροφή του κινητήριου άξονα. (Παραπάνω εξηγήσαμε τι συμβαίνει με τις δυνάμεις αυτές για τα ημιελλειπτικά ελατήρια).



Σχ. 4.25

(α) Ελικοειδές ελατήριο κυλινδρικής μορφής. (β) Ελατήριο Μίνι Μπλοκ. (γ) Μίνι μπλοκ ελατήρια σε οπίσθια ανάρτηση με ημιϋστερούντες άξονες.

Η δυνατότητα φόρτισής τους εξαρτάται από τη διάμετρο της χαλύβδινης ράβδου που διαθέτουν, από το μέγεθος της διαμέτρου του ελατηρίου και από τον αριθμό των σπειρών που έχουν.

Σήμερα χρησιμοποιούνται διαφόρων ειδών ελατήρια, που μπορεί, πέρα από την κανονική (ομοιόμορφη) κυλινδρική μορφή τους, να παρουσιάζουν είτε σμίκρυνση στη μέση του κυλίνδρου, είτε να έχουν κωνική ή βαρελοειδή μορφή. Επίσης, χρησιμοποιούνται σε ιδιαίτερα μεγάλη έκταση τα διπλού κώνου ελατήρια, γνωστά ως Mini-Block (μίνι μπλοκ) [Σχ.4.25(β)]. Τα ελατήρια αυτά μπορεί να συσπειρωθούν, χωρίς να έλθουν σε επαφή οι σπείρες μεταξύ τους κατά την συμπίεσή τους, αφού η μία εισχωρεί μέσα στην άλλη, πράγμα που τελικά τους δίνει μικρό μήκος, με αποτέλεσμα να μην μειώνεται η ικανότητα φόρτισής τους, ενώ παράλληλα εξοικονομείται και χώρος για την τοποθέτησή τους στο σύστημα ανάρτησης του αυτοκινήτου. Στο Σχ.4.25(γ) φαίνεται η θέση τους με ημιϋστερούντες βραχίονες ανάρτησης, στο δε Σχ.4.10 σε ημιάκαμπτο οπίσθιο

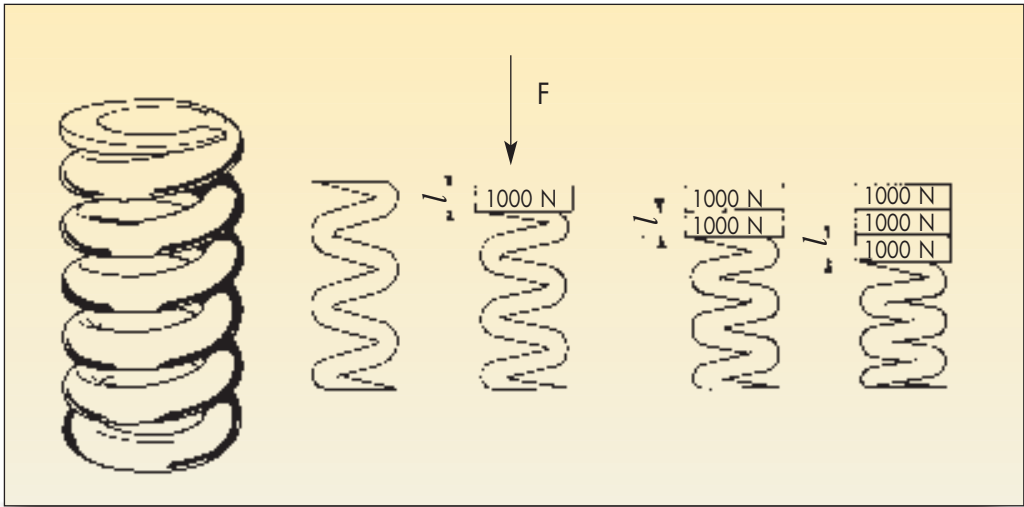
άξονα με διαμήκεις βραχίονες.

Τα ελικοειδή ελατήρια σε σχέση με τα ημιελλειπτικά, έλυσαν δύο βασικά προβλήματα: α) Το πρόβλημα της σκληρότητας που παρουσιάζουν τα ημιελλειπτικά, τόσο στον πρόσθιο όσο και στον οπίσθιο άκαμπτο άξονα και β) Το γεγονός, ότι μπορούν να τοποθετούνται ανεξάρτητα σε κάθε τροχή, σε αντίθεση με τα ημιελλειπτικά.

Χαρακτηριστικά ελατηρίων

Το ελατήριο, οποιασδήποτε μορφής και αν είναι, όταν πιέζεται στατικά από μία δύναμη F , υποχωρεί, μέχρις ότου η συνισταμένη των εσωτερικών τάσεων γίνει ίση με την εξωτερική δύναμη F , οπότε επέρχεται ισορροπία και το ελατήριο παύει να υποχωρεί.

Εφόσον οι εσωτερικές τάσεις δεν υπερβούν τα όρια της αναλογίας δυνάμεων και παραμορφώσεων (Νόμος HOOK) σε κανονικές συνθήκες - πάντα μέσα στα όρια αυτά - και εφόσον η δύναμη F πάψει να ενεργεί, το ελατήριο θα επανέλθει στο αρχικό του μήκος, χωρίς να υποστεί καμία μόνιμη παραμόρφωση.



Σχ.4.26 Φόρτιση ελικοειδούς ελατηρίου

Μέσα, λοιπόν, στα όρια αυτά υπάρχει απόλυτη αναλογία δυνάμεων και παραμορφώσεων, οπότε διπλάσια δύναμη προκαλεί και διπλάσια παραμόρφωση, κ.ο.κ. (Σχ. 4.26).

Η δύναμη F , όταν εφαρμόζεται σε ένα συγκεκριμένο ελατήριο και προκαλεί την παραμόρφωσή του κατά $0,01 \text{ m}$ (1 cm), ονομάζεται "σταθερά c " του ελατηρίου αυτού και όσο μικρότερη είναι αυτή η "σταθερά c ", τόσο το ελατήριο είναι πιο εύκαμπτο (περισσότερο μαλακό).

Όταν μάλιστα επιβληθεί φορτίο (δύναμη) π.χ. 1000 N (Νιούτον), το αρχικό μήκος του ελατηρίου ελαττώνεται κατά το ύψος ℓ , ενώ εάν διπλασιαστεί το φορτίο, το μήκος μειώνεται κατά 2ℓ , κ.ο.κ. Είναι δηλαδή $c=F/\ell$ (σε N/m -Νιούτον ανά μέτρο).

Στο Σχ. 4.27(α) φαίνονται δύο ελατήρια με διαφορετική σκληρότητα (διαφορετική "σταθερά c "). Το ελατήριο με $c=25.000 \text{ N/m}$, είναι σκληρότερο από

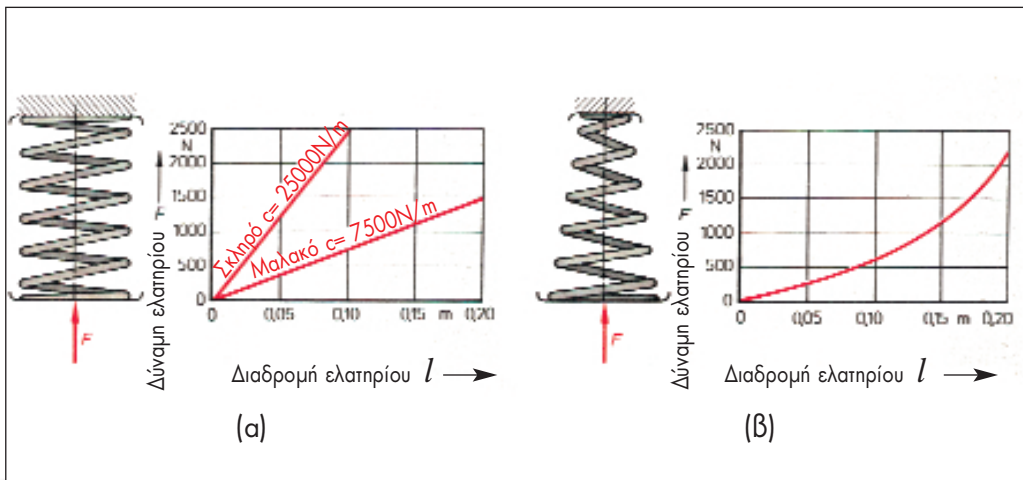
το δεύτερο με $c=7500 \text{ N/m}$. Στα συνήθη αυτά ελατήρια, η χαρακτηριστική γραμμή είναι ευθεία "γραμμική χαρακτηριστική".

Εάν, όμως, η σκληρότητα αυξάνεται δυσανάλογα με τη μεταβολή του μήκους του ελατηρίου [Σχ.4.27(β)], τότε έχουμε την "προοδευτική χαρακτηριστική" και η γραμμή της είναι καμπύλη.

Επίσης, τα ελικοειδή κωνικά ελατήρια, όπως και τα ημιελλειπτικά, δίνουν προοδευτική χαρακτηριστική καμπύλη.

Ταλάντωση

Ας υποθέσουμε ότι ο τροχός ενός οχήματος [Σχ. 4.28(α)] κινείται σε λείο δρόμο (θέση Α) και έχει, ήδη, το ελατήριο ανάρτησής του φορτωθεί με μία δύναμη, που προέρχεται από το στατικό φορτίο του βάρους του οχήματος. Εάν, λοιπόν, ο τροχός δεχθεί μία δεύτερη στιγμιαία συμπίεση, π.χ. από ένα κρουστικό φορτίο (βαθμίδα-σκαλοπάτι), θα υποχωρήσει



Σχ.4.27 Χαρακτηριστικές ελικοειδών ελατηρίων
(α) Γραμμική χαρακτηριστική. (β) Προοδευτική χαρακτηριστική

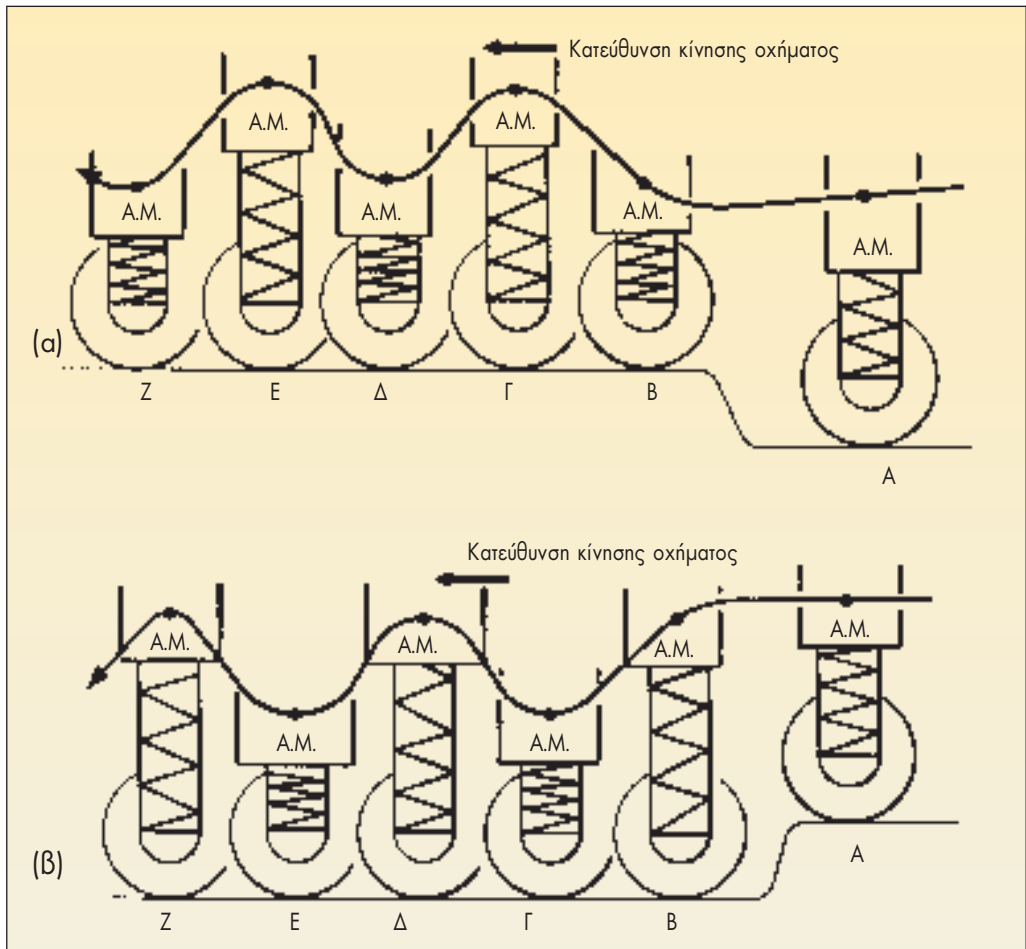
(θα συμπιεσθεί) κατά μία διαδρομή (Θέση Β). Όταν αυτό το δεύτερο φορτίο φύγει, τότε το ελατήριο δεν θα επανέλθει (σταματήσει) στη αρχική του θέση (Θέση Α), αλλά επειδή έχει ήδη αποθηκεύσει ενέργεια με τη συσπείρωση εξαιτίας του σκαλοπατιού, δημιουργείται αντίστοιχη δύναμη αποσυμπίεσης στο ελατήριο, η οποία εφαρμόζεται στο αμάξωμα και δημιουργεί μία επιτάχυνση σ'αυτό, το οποίο και κινείται προς τα πάνω. Έχουμε, δηλαδή, εκτίναξη και το αμάξωμα, έτσι, σταματά σε μία ανώτατη θέση (Θέση Γ), οπότε με την επίδραση του βάρους του, αρχίζει να κατεβαίνει. Παρουσιάζει, δηλαδή, επαναφορά. Περνά, στη συνέχεια, από τη θέση αρχικής ηρεμίας και συνεχίζει να κινείται προς τα κάτω, συμπιέζοντας πλέον το ελατήριο (θέση Δ). Το αμάξωμα σταματά, στιγμιαία, σε μία κατώτατη θέση (Δ), ενώ το ελατήριο συμπιέζεται, αντιτάσσοντας σ'αυτό τη δύναμη συμπίεσής του.

Στο κατώτατο αυτό σημείο αναστρέφεται η κίνηση του αμαξώματος, για να επαναληφθεί η ίδια ταλάντωση.

Εάν το αυτοκίνητο κινείται αντίθετα [Σχ.4.28(β)], δηλαδή αν κατεβαίνει μία βαθμίδα (σκαλοπάτι) από τη θέση Α στη θέση Β, τότε επαναλαμβάνεται η προηγούμενη ταλάντωση, αλλά αντίθετα, οπότε έχουμε το φαινόμενο της ανάστροφης μορφής ταλάντωσης.

Η απόσταση μεταξύ ανώτατης και κατώτατης θέσης που παίρνει το αμάξωμα, ονομάζεται "πλάτος ταλάντωσης" (l) (Σχ.4.29), και το οποίο πλάτος, θεωρητικά - εάν δηλαδή δεν υπολογισθούν οι εσωτερικές τριβές του ελατηρίου, η αντίσταση του αέρα κ.λπ. - θα διατηρηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η κινητική ενέργεια, που προήλθε από την ανωμαλία του δρόμου, μετά από πολλές ταλαντώσεις τείνει, λόγω της εσωτερικής τριβής του ελατηρίου και της τριβής του με τον αέρα, να μετατραπεί



Σχ.4.28 Κίνηση τροχού σε εμπόδιο του δρόμου (A.M.= Αναρτημένες μάζες)

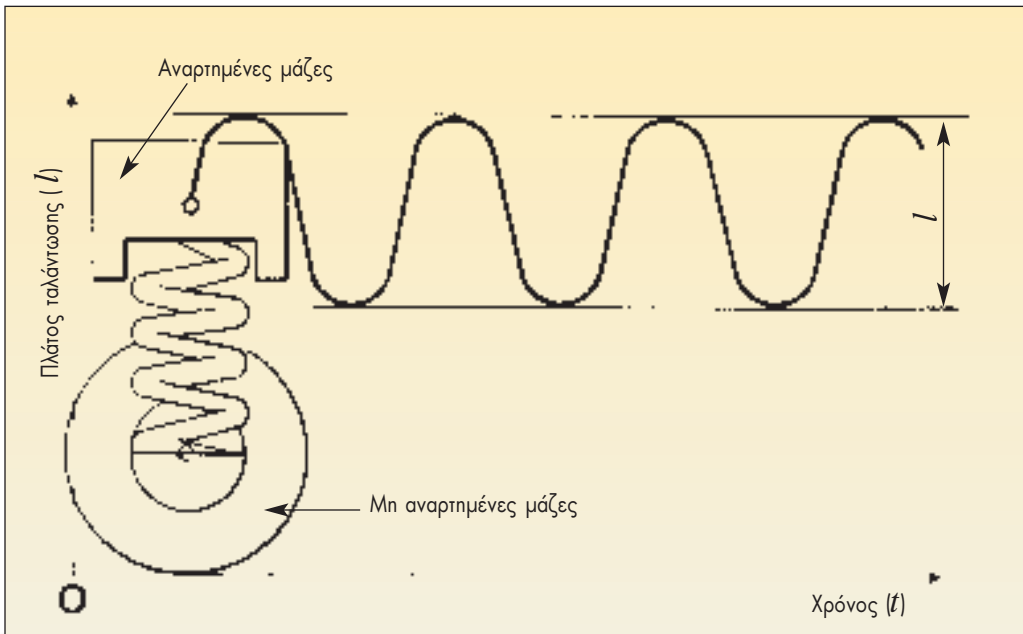
σε θερμότητα, η οποία και διαχέεται στον αέρα.

Ο χρόνος που απαιτείται για τη διαδρομή του αμαξώματος από το σημείο ισορροπίας [Σχ. 4.28(θέση Α)], τόσο στο αντίστοιχο επάνω μέγιστο, όσο και στο κάτω μέγιστο, καθώς και πάλι στο σημείο ισορροπίας (θέση Α) - που είναι και ο χρόνος μιας πλήρους ταλάντωσης - ονομάζεται περίοδος.

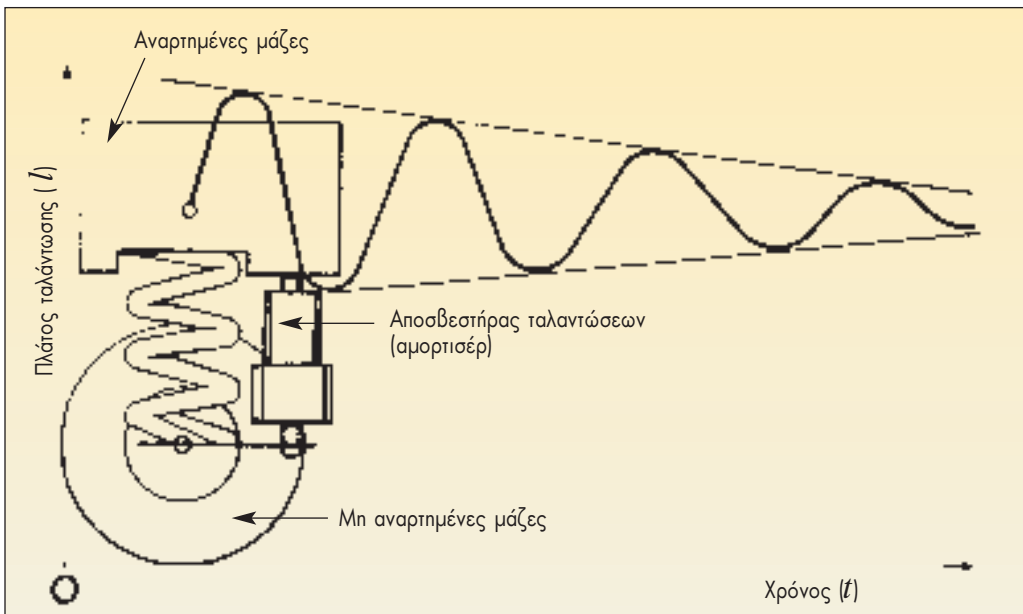
Ο αριθμός των ταλαντώσεων στη μονά-

δα του χρόνου (min.) ονομάζεται "συχνότητα ταλάντωσης" του οχήματος.

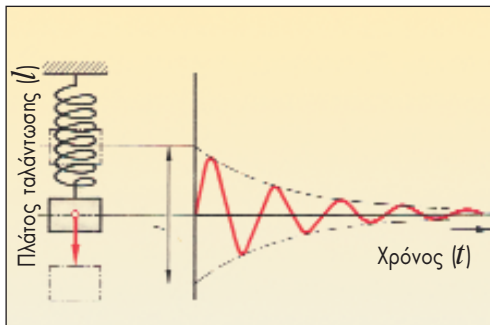
Η πολύ μικρή περίοδος ταλάντωσης (0,2 έως 0,4 sec) που συνεπάγεται σκληρή ανάρτηση, είναι πολύ ενοχλητική για τους επιβάτες του αυτοκινήτου, ενώ αντίθετα η μεγάλη περίοδος (1,25 έως 1,5 sec) που συνεπάγεται πολύ μαλακή ανάρτηση, μπορεί να προκαλέσει ναυτία. Τα ανεκτά όρια, πάντως, μιας κανονικής ταλάντωσης υπολογίζονται από 0,5 μέχρι 1,0 sec.



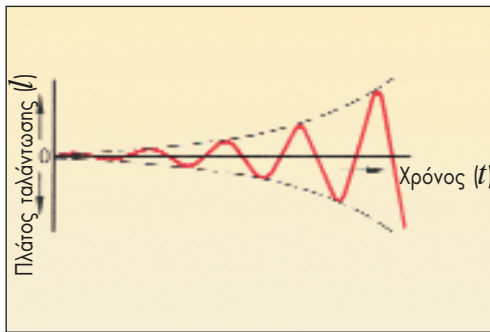
Σχ.4.29 Ταλάντωση ελατηρίου και αμαξώματος χωρίς χρήση αποσβεστήρα.



Σχ. 4.30 Ταλάντωση αμαξώματος με χρήση αποσβεστήρα.



Σχ. 4.31 Φθίνουσα ταλάντωση ελατηρίου με χρήση αμορτισέρ



Σχ.4.32 Ταλάντωση με αυξανόμενο πλάτος

Επίσης, το μικρό πλάτος ταλάντωσης, της τάξης, δηλαδή, ολίγων εκατοστών του m, σημαίνει και μικρή περίοδο και άρα είναι κάτι το ενοχλητικό. Το ίδιο συμβαίνει και για μεγάλα πλάτη, ενώ ένα ανεκτό πλάτος ταλάντωσης για επιβατικά αυτοκίνητα, είναι μεταξύ 5 και 10 cm. Βέβαια, το πλάτος της ταλάντωσης εξαρτάται και από τη "σταθερά c" του ελατηρίου.

Σύμφωνα λοιπόν με αυτά, ένα ελατήριο χαρακτηρίζεται μαλακό, εάν η συχνότητα ταλάντωσης που δημιουργεί στο συγκεκριμένο όχημα φθάνει τις 60 ταλαντώσεις ανά λεπτό (min.), ενώ ένα ελατήριο

χαρακτηρίζεται σκληρό, εάν φθάνει τις 90 ταλαντώσεις ανά λεπτό (min). Βέβαια με την παρεμβολή των αμορτισέρ (Σχ.4.30) εμποδίζονται οι έντονες ταλαντώσεις, δημιουργώντας σ'αυτές μία φθίνουσα πορεία ("φθίνουσα ταλάντωση"), οπότε παρουσιάζεται ένα σύστημα άνετης ανάρτησης. Η καλή ανάρτηση, όπως αναφέρθηκε, εξαρτάται από τη σχέση του βάρους των μη αναρτημένων μαζών του αυτοκινήτου (αξόνων, τροχών κ.λπ.) προς το αντίστοιχο βάρος των αναρτημένων μαζών (αμαξώματος κ.λπ.). Η σχέση αυτή κυμαίνεται, συνήθως, από 1:4 για ολόσωμους άξονες, ενώ για ανεξάρτητη ανάρτηση με βραχίονες και για ανάρτηση με γόνατα Μακ -Φέρσον, από 1:8 και 1:9, αντίστοιχα.

Ταυτόχρονα, η απόσβεση των ταλαντώσεων είναι αναγκαία και πρέπει να γίνεται, όσο είναι δυνατόν, πιο γρήγορα, ενώ το έργο αυτό το αναλαμβάνουν οι αποσβεστήρες (αμορτισέρ).

Στο Σχ.4.31 φαίνεται μία ακόμη φθίνουσα ταλάντωση μετά από ένα εμπόδιο, η οποία πετυχαίνεται με τη χρήση αποσβεστήρα ταλάντωσης (αμορτισέρ), ενώ η απόσβεσή της γίνεται σε χρόνο t , ο οποίος, ουσιαστικά, αντιπροσωπεύει την απόσταση που διανύει το αυτοκίνητο και μέσα στην οποία θα αποσβεστεί η ταλάντωση.

Συντονισμός

Εάν το αμάξωμα, ως αναρτημένη μάζα που είναι, ωθείται στο ρυθμό της ταλάντωσης, εάν δηλαδή το αυτοκίνητο κινείται σε δρόμο με διαδοχικές ομοίμορφες ανωμαλίες (πλάκες, κλπ.), τότε παρατηρείται ταλάντωσή του με αυξανόμενο το πλάτος της (Σχ.4.32).

4.3.3. Στρεπτικές ράβδοι

Στην ανάρτηση με στρεπτικές ράβδους εφαρμόζεται η ελαστικότητα σε στρέψη μιας χαλύβδινης ράβδου από χάλυβα ελατηρίων [Σχ.4.33(α)]. Συνήθως, η ράβδος αυτή είναι κυκλικής διατομής και το μήκος της ποικίλει, ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησής της στο όχημα.

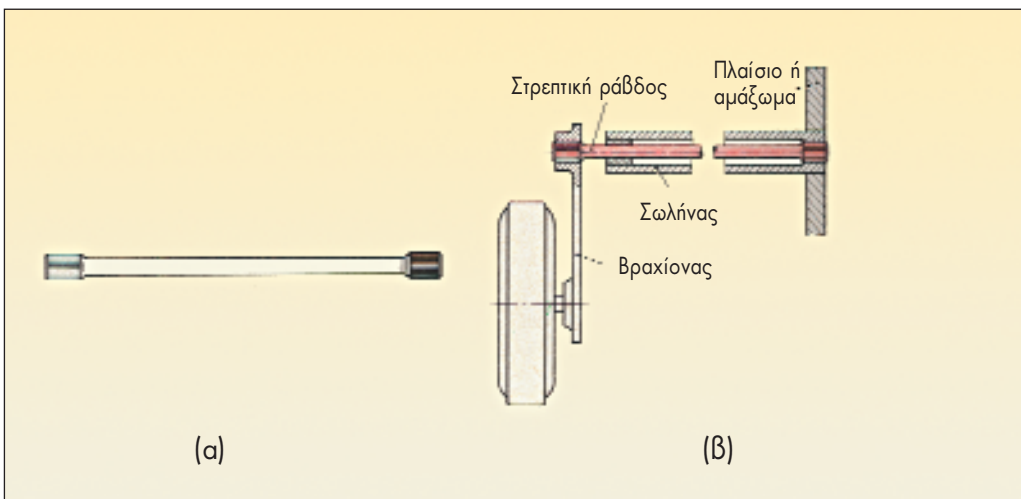
Στα συστήματα ανάρτησης με στρεπτική ράβδο παρουσιάζεται μία ιδιομορφία: Το ελατήριο, δηλαδή η στρεπτική ράβδος, δεν καταπονείται από ένα φορτίο (δύναμη), αλλά από μία ροπή, που δημιουργείται από το ίδιο το φορτίο, το οποίο στηρίζεται στο άκρο ενός βραχίονα ο οποίος είναι στέρα συνδεδεμένος στο ελεύθερο άκρο της στρεπτικής ράβδου [Σχ.4.33(β)]

Αποτέλεσμα αυτής της ιδιομορφής φόρτισης είναι το γεγονός, ότι η παραμόρφωση του ελατηρίου δεν παίρνει τη μορφή κάμψης (όπως στα ημιελλειπτικά ελατήρια), αλλά της συστροφής των ινών

της στρεπτικής ράβδου και εμφανίζεται σαν γωνιακή μετατόπιση του ενός άκρου του βραχίονα - εκείνου που φέρει το φορτίο - και ονομάζεται "γωνία συστροφής".

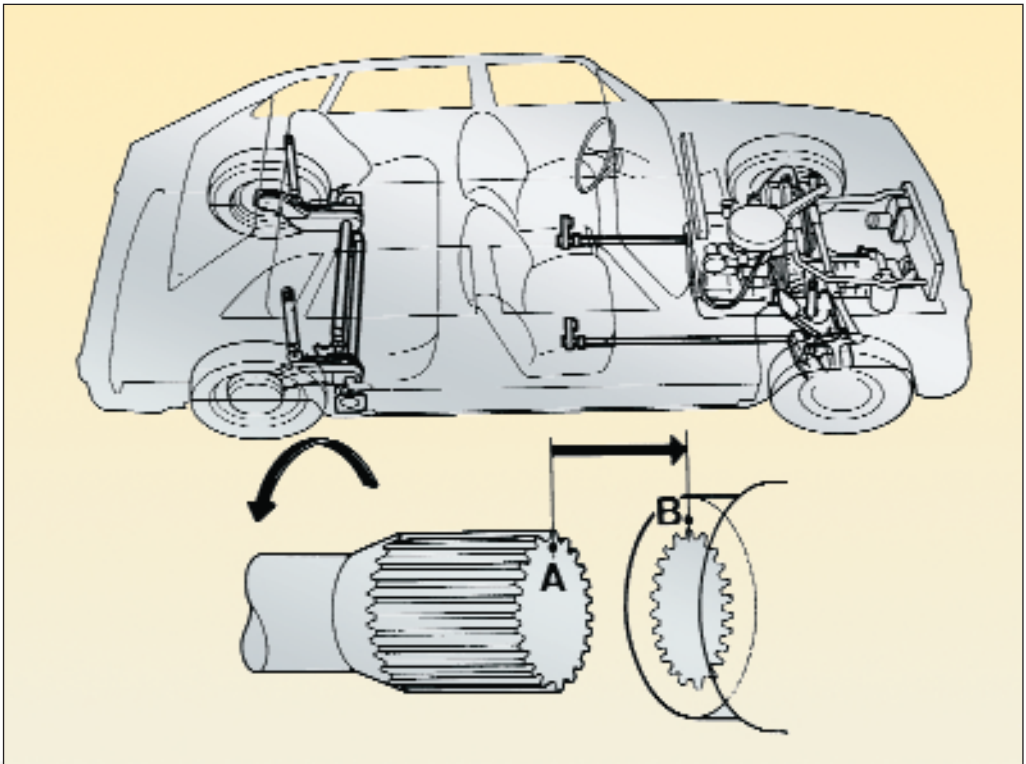
Η τοποθέτηση των στρεπτικών ράβδων μπορεί να γίνει, είτε κατά μήκος του αυτοκινήτου, είτε εγκάρσια (Σχ.4.34). Στην πρώτη περίπτωση, μάλιστα, το μήκος των ράβδων αυτών μπορεί ευκολότερα να αυξηθεί και, ως εκ τούτου, και η ικανότητα φόρτωσής τους. Για τη σωστή δε τοποθέτησή τους, υπάρχουν σημάνσεις, δηλαδή "κτυπημένα" σημεία (Α, Β) στο σώμα τους.

Το ένα άκρο της στρεπτικής ράβδου συνδέεται σταθερά στο πλαίσιο, μέσω ειδικού μπρακέτου, ενώ το άλλο στον αιωρούμενο βραχίονα, πάνω στον οποίο στηρίζεται ο τροχός. Έτσι, κάθε αιώρηση του τροχού και του βραχίονα του προκαλεί καταπόνηση σε στρέψη της ράβδου και τάσεις επαναφοράς στην αρχι-



Σχ.4.33

(α) Στρεπτική ράβδος. (β) Διαμήκης βραχίονας συνδεδεμένος με στρεπτική ράβδο.



Σχ. 4.34 Ανεξάρτητη ανάρτηση με στρεπτικές ράβδους και στους πρόσθιους και στους οπίσθιους τροχούς.

κή της θέση.

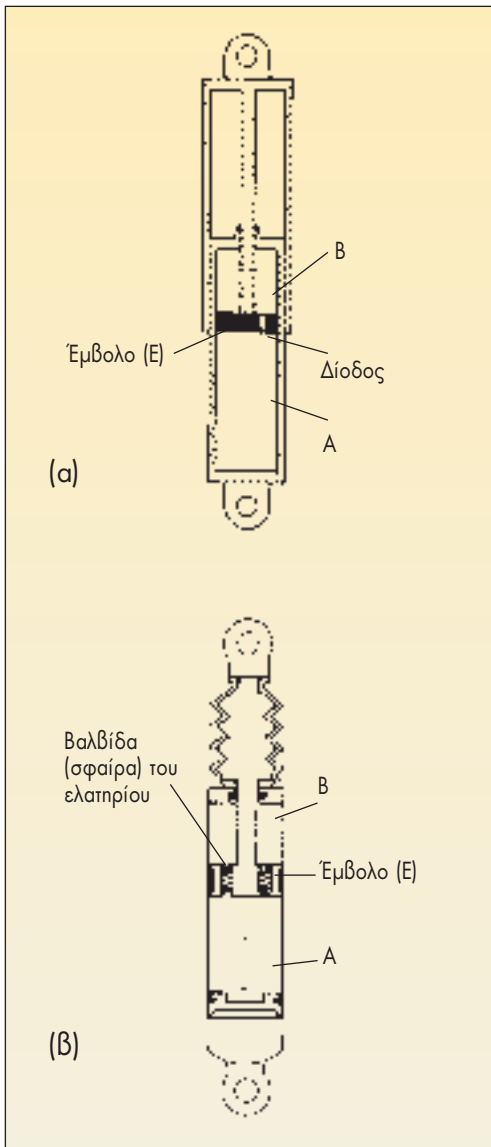
Θα πρέπει, εδώ, να θυμηθούμε, ότι και το ελικοειδές ελατήριο, ουσιαστικά, είναι στρεπτική ράβδος περιελιγμένη η οποία, όταν φορτωθεί, καταπονείται σε στρέψη.

4.4. Αποσβεστήρες ταλαντώσεων (αμορτισέρ)

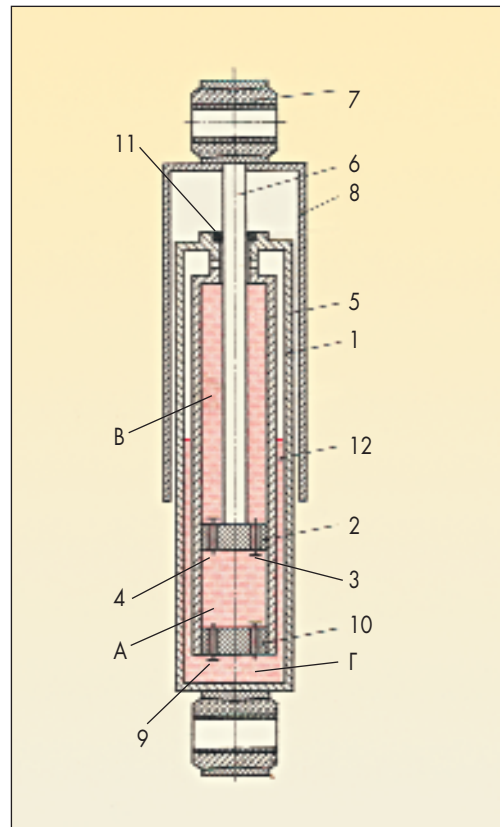
Τα ελατήρια ανάρτησης εξασφαλίζουν, βέβαια, ελαστικότητα μεταξύ των τροχών και του αμαξώματος, αλλά το σοβαρό μειονέκτημά τους είναι, ότι δημιουργούν ταλαντώσεις που είναι πολύ ενοχλητικές για τους επιβάτες.

Για την απόσβεση, ακριβώς, αυτών των ταλαντώσεων, όπως ήδη αναφέρθηκε, τοποθετούνται μεταξύ των αναρτημένων και μη αναρτημένων μαζών ειδικά εξαρτήματα, οι αποσβεστήρες δηλαδή ταλαντώσεων, γνωστοί και ως αμορτισέρ.

Η λειτουργία τους στηρίζεται στην αρχή, κατά την οποία (Σχ.4.35) όταν ένα υγρό συμπιέζεται σε ένα χώρο Α από ένα έμβολο Ε, υποχρεώνεται να περάσει σε ένα χώρο Β μέσα από μία μικρή διόδο (οπή) ή βαλβίδα (σφαίρα που πιέζεται στην έδρα της με ένα ελατήριο), με αποτέλεσμα αυτό το υγρό να δημιουργεί μία αντίσταση στην κίνηση του εμβόλου.



Σχ. 4.35 Αρχή λειτουργίας του αποσβεστήρα
 (α) αποσβεστήρας με μικρής διαμέτρου δίοδο. (β) Αποσβεστήρας με βαλβίδες.



Σχ. 4.36 Παραστατική σχεδίαση τηλεσκοπικού αποσβεστήρα ταλαντώσεων (αμορτισέρ) διπλής ενέργειας.

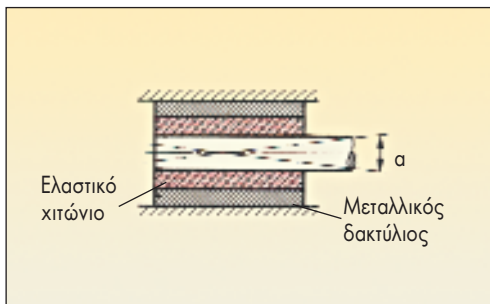
1. Εσωτερικός κύλινδρος
2. Έμβολο
3. Βαλβίδα εισαγωγής του εμβόλου
4. Βαλβίδα εξαγωγής του εμβόλου
5. Εξωτερικός κύλινδρος (αποθήκη υγρών)
6. Βάκτρο
7. Ελαστικό χιτώνιο
8. Εξωτερικός προστατευτικός κύλινδρος
9. Βαλβίδα εξαγωγής εσωτερικού κυλίνδρου
10. Βαλβίδα εισαγωγής εσωτερικού κυλίνδρου
11. Στεγανοποιητική ροδέλα (τσιμούχα)
12. Αποθεματικό υγρό

Για την απόσβεση των ταλαντώσεων, ο περισσότερο χρησιμοποιούμενος σήμερα τύπος αποσβεστήρα, είναι ο υδραυλικός

κός τηλεσκοπικός αποσβεστήρας διπλής ενέργειας (Σχ.4.36), ο οποίος "εκμεταλλεύεται" την αντίσταση του υγρού όταν

πρέπει να διέλθει μέσα από πολύ μικρής διαμέτρου οπές (διόδους) ή μέσα από βαλβίδες.

Αυτός αποτελείται από τον εσωτερικό κύλινδρο (1), μέσα στον οποίο βρίσκεται ένα έμβολο (2), που έχει επάνω του μία βαλβίδα εισαγωγής (3) και μία εξαγωγής (4), ενώ σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να έχει μόνον μικρά ακροφύσια (διόδους). Ο εσωτερικός αυτός υδραυλικός κύλινδρος (1) φέρει, επίσης, μία βαλβίδα εισαγωγής (10) και μία εξαγωγής (9) και βρίσκεται μέσα στον εξωτερικό κύλινδρο (5), που χρησιμεύει και σαν αποθήκη υγρού (ειδικού λαδιού). Το βάκτρο (6) του εμβόλου συνδέεται με το δακτύλιο στήριξης του αποσβεστήρα (7) στο αμάξωμα του αυτοκινήτου (αναρτημένα μάζα), ο οποίος δακτύλιος φέρει ελαστικό χιτώνιο προσαρμογής. Στο Σχ.4.37 φαίνονται παραστατικά τόσο η γωνία "α", κατά μήκος της οποίας μπορεί να ελίσσεται το συγκρότημα του χιτωνίου, όσο και ο ίδιος ο μεταλλικός δακτύλιος, μαζί με το ελαστικό του χιτώνιο. Επίσης, στο συγκρότημα του βάκτρου του εμβόλου υπάρχει και ένα εξωτερικός προστατευτικός κύλινδρος (8) (Σχ. 4.36).



Σχ. 4.37 Ελαστικό χιτώνιο

Ο εξωτερικός κύλινδρος (5) στο κάτω άκρο του συνδέεται με ένα δεύτερο ελαστικό δακτύλιο στήριξης, ο οποίος προσαρμόζεται στις μη αναρτημένες μάζες και, ειδικότερα, στο συγκρότημα του ελατηρίου ανάρτησης, που και αυτό είναι προσαρμοσμένο στο συγκρότημα των αξόνων των τροχών ή στους βραχίονες ανάρτησης.

Έτσι, η θέση του εμβόλου (2) επηρεάζεται από την κίνηση των αναρτημένων μαζών σε σχέση με τις μη αναρτημένες. Όταν, λοιπόν, οι τροχοί συναντήσουν εμπόδιο και ανασκωθούν (εκτιναχθούν), τότε ο αποσβεστήρας συμπιέζεται, οπότε το υγρό από το χώρο συμπίεσης Α αναγκάζεται να περάσει από την άνω βαλβίδα εξαγωγής του εμβόλου (4) στο χώρο Β, επάνω από το έμβολο, καθώς και προς το χώρο Γ (αποθήκη υγρού) του εξωτερικού κυλίνδρου (5), μέσω της αντίστοιχης κάτω βαλβίδας εξαγωγής του εσωτερικού κυλίνδρου (9).

Όταν, πάλι, ο τροχός κατεβαίνει, ο αποσβεστήρας εκτείνεται, οπότε απομακρύνονται οι δύο δακτύλιοι στήριξής του και οι τροχοί επανέρχονται στη φυσική τους θέση, ενώ το υγρό αναγκάζεται συμπιέζόμενο να περάσει αντίστροφα, δηλαδή από το χώρο Β - μέσω της βαλβίδας εισαγωγής (3) του εμβόλου - στο χώρο Α. Επίσης, περνά και από το χώρο Γ (της αποθήκης του) - μέσω της αντίστοιχης βαλβίδας εισαγωγής του εσωτερικού κυλίνδρου (10) - στο χώρο Α.

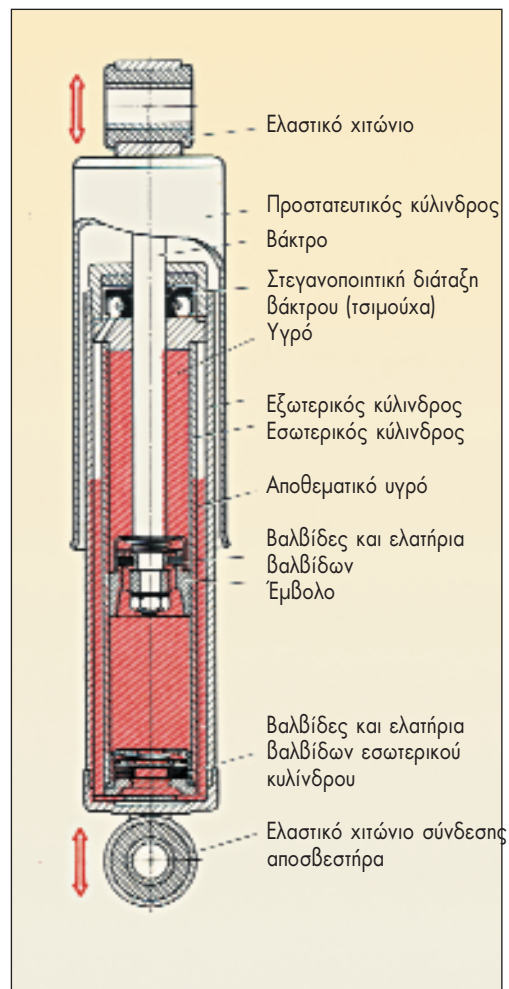
Έτσι, η αντίσταση στην κίνηση του υγρού από τον ένα χώρο στον άλλο, ρυθμίζει την αποσβεστική ικανότητα του αμορτισέρ, αλλά και την ευκαμψία όλου του συστήματος ανάρτησης. Αν η αντίσταση στη ροή του υγρού είναι πολύ με-

γάλη, τότε η ταλάντωση αποσβένεται μεν αμέσως, η ελαστικότητα, όμως, της ανάρτησης είναι πολύ περιορισμένη. Τα ακριβώς αντίθετα συμβαίνουν, αν η αντίσταση στη ροή του υγρού είναι πολύ μικρή.

Το επιθυμητό, πάντως, μέγεθος στην αντίσταση της ροής το πετυχαίνουμε με την κατάλληλη επιλογή ακροφυσίων και βαλβίδων. Σημειώνεται και πάλι, ότι στην περίπτωση των βαλβίδων, οι σφαίρες ή δίσκοι "πατούν" στις έδρες τους με τη βοήθεια ελατηρίων. Ρυθμίζοντας, λοιπόν, την κατάλληλη δύναμη στα ελατήρια και τη φορά του ανοίγματος των βαλβίδων, μπορούμε να επιτύχουμε όχι μόνο την ίδια ή διαφορετική αντίσταση κατά τις δύο διευθύνσεις της κίνησης, αλλά και την αυξομείωση της αντίστασης κατά τη διαδρομή, σε συνάρτηση και με το μέγεθος της εξωτερικής δύναμης που προκάλεσε την αλλαγή στην ισορροπία του συστήματος ανάρτησης.

Εδώ πρέπει να τονισθεί, ότι ο αποσβεστήρας δεν παρουσιάζει καμία αντίσταση σε στατικά επιβαλλόμενα φορτία. Δεν υποβοηθά, δηλαδή, την ανάρτηση, στο να σηκώνει αυτή το στατικό φορτίο του οχήματος, ακριβώς επειδή υποχωρεί σε οποιαδήποτε δύναμη, όσο μικρή και αν είναι, και βέβαια όταν εξασκείται για κάποια χρονική διάρκεια. Η αποστολή του αποσβεστήρα είναι απλά και μόνο να επιβραδύνει την ανταπόκριση του συστήματος ανάρτησης στις εξωτερικές ή εσωτερικές δυνάμεις και να πετυχαίνει την απόσβεση των ταλαντώσεων, που δημιουργούν οι δυνάμεις αυτές.

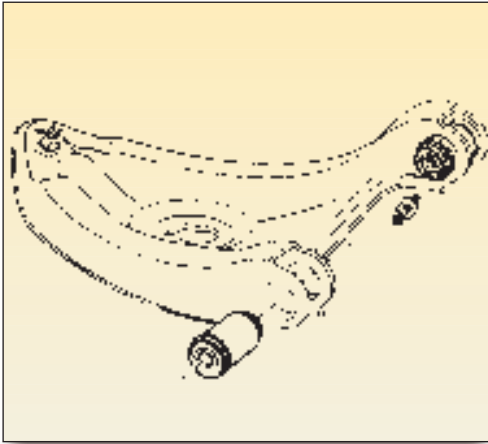
Στο Σχ.4.38 φαίνεται μία κατασκευαστική σχεδίαση ενός τηλεσκοπικού αποσβεστήρα διπλής ενέργειας.



Σχ. 4.38 Κατασκευαστική σχεδίαση αποσβεστήρα διπλής ενέργειας

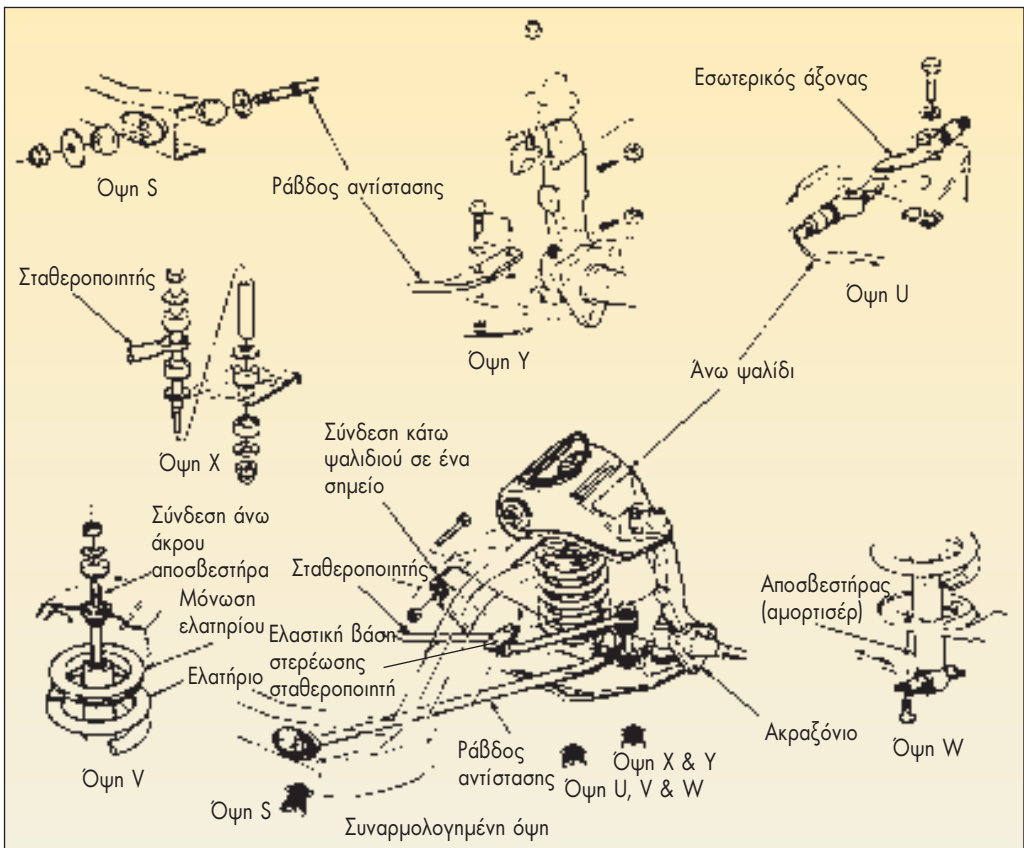
4.5. Ελαστικά μέρη ανάρτησης και "σινεμπλόκ" ή "σάϊλεντ μπλόκ" (Silent block)

Τα διάφορα μέρη της ανάρτησης συνδέονται με το πλαίσιο ή αμάξωμα και, σπανιότερα, μεταξύ τους, με μεταλλοελαστικούς συνδέσμους. Συνήθως, οι σύνδεσμοι αυτοί περιλαμβάνουν δύο μεταλλικά χιτώνια μεταξύ των οποίων



Σχ.4.39 Σινεμπλόκ σε ψαλίδι ανάρτησης

παρεμβάλλεται με ειδική κόλληση, ελαστικό χιτώνιο (ελαστικός δακτύλιος) (Σχ.4.37). Οι σύνδεσμοι σκοπό έχουν τη μεταφορά δυνάμεων μεταξύ αναρτημένων και μη αναρτημένων μερών του αυτοκινήτου με ελαστικότητα και παράλληλα, με αθόρυβη λειτουργία. Στο Σχ.4.39 φαίνονται τα δύο "σινεμπλόκ" σε ένα ψαλίδι (βραχίονα) ανάρτησης. Στο Σχ.4.40 φαίνεται μία γενική διάταξη που περιλαμβάνει τα σινεμπλόκ σε μία εμπρόσθια ανεξάρτητη ανάρτηση με δύο ανισομεγέθη ψαλίδια, από τα οποία το κάτω ψαλίδι έχει ένα μόνο σημείο στήριξης.



Σχ. 4.40 Λεπτομέρειες ελαστικών μερών εμπρόσθιας ανάρτησης με ψαλίδια.

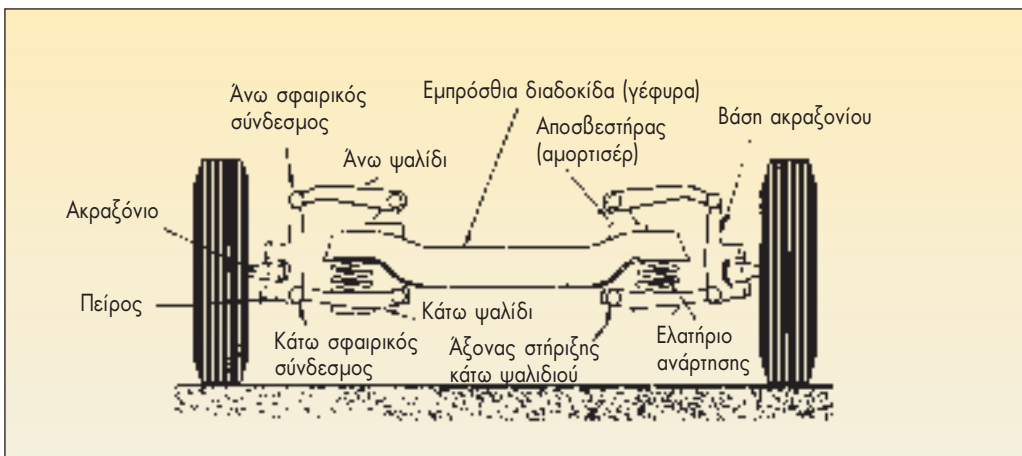
Στο Σχ. 4.4 φαίνονται τα ελαστικά ή ελαστικοπλαστικά χιτώνια σύνδεσης των ημιελλειπτικών ελατηρίων ενός πρόσθιου άξονα στη σταθερή, αλλά και στη διπλή άρθρωση στο πλαίσιο ή το αμάξωμα του αυτοκινήτου.

Στο Σχ.4.5 φαίνεται η παρεμβολή ελαστικών ροδελών στο σημείο που ακουμπά (στηρίζεται) ο αποσβεστήρας στο κάτω μέρος του, δηλαδή στη βάση στήριξης του ημιελλειπτικού ελατηρίου ανάρτησης στον οπίσθιο άξονα (βλ. λεπτομέρεια Α). Το άνω άκρο του αποσβεστήρα προσαρμόζεται, επίσης, με την παρεμβολή μεταλλοελαστικού χιτωνίου, ενώ παρόμοιοι ελαστικοί σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται και στις βάσεις συναρμολόγησης των ψαλιδιών στις ανεξάρτητες αναρτήσεις ή ακόμα και για τη στήριξη σταθεροποιητών, για την προσαρμογή του γονάτου Μακ-Φέρσον στο αμάξωμα (Σχ.4.44 και Σχ.4.46) και στους συγκρατητικούς βραχίονες - ελκυστήρες του συστήματος ανάρτησης κ.λπ. Χρησιμοποιούνται, επίσης, συμπαγή ειδι-

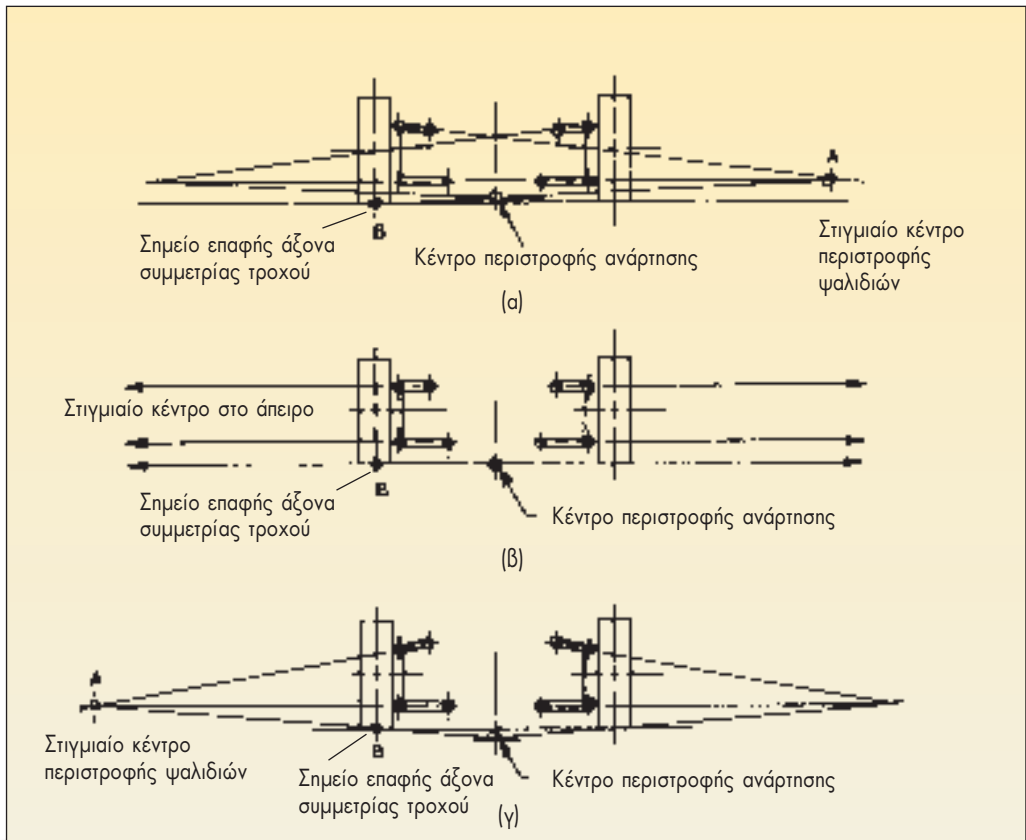
κά διαμορφωμένα κομμάτια ελαστικού (μπλοκ) ως περιοριστές της διαδρομής των διαφόρων μερών της ανάρτησης. Τυπική περίπτωση τέτοιων υλικών είναι οι ελαστικές βάσεις, όπου τερματίζει η ανάρτηση. Στα Σχ. 4.4 και 4.5 φαίνονται τα ελαστικά αυτά μέρη, τα οποία είναι κολλημένα με ειδική διαδικασία επάνω σε μεταλλική βάση, η οποία προσαρμόζεται με κοχλίες στο πλαίσιο ή το αμάξωμα. Πολλές τέτοιες ελαστικές βάσεις μπορεί να "κουμπωθούν" (εφαρμοσθούν) απευθείας σε ειδικά διαμορφωμένες υποδοχές στο πλαίσιο ή το αμάξωμα.

4.6. Ανεξάρτητη ανάρτηση με βραχίονες (Ψαλίδια)

Η ανεξαρτησία των κινήσεων των τροχών εξασφαλίζεται με τη χρήση βραχιόνων, μέσω των οποίων οι τροχοί είναι αρθρωμένοι στο πλαίσιο ή στο αμάξωμα. Όταν ο άξονας περιστροφής των βραχιόνων είναι παράλληλος με τη διεύ-



Σχ.4.41 Πρόσθιο σύστημα ανάρτησης με βραχίονες (ψαλίδια) ίσου μήκους.



Σχ.4.42 Ανισομεγέθη ψαλίδια

α. Αποκλίνοντα ψαλίδια. β. παράλληλα ψαλίδια. γ. Συγκλίνοντα ψαλίδια

θυση κίνησης του αυτοκινήτου - διαμήκης άξονας συμμετρίας αυτοκινήτου - τότε οι βραχίονες λέγονται εγκάρσιοι βραχίονες ανάρτησης ή ψαλίδια.

Στο Σχ.4.41 παρουσιάζεται ένα εμπρόσθιο σύστημα ανάρτησης με βραχίονες (ψαλίδια), στο οποίο τα άνω και τα κάτω τριγωνικά ψαλίδια είναι ίσα (ισομεγέθη) και, συνήθως, είναι παράλληλα.

Όταν κατά την κίνησή του το όχημα συναντήσει εμπόδιο (σκαλοπάτι κ.λπ.) ή μία στροφή, λόγω μεταφοράς βάρους οι τροχοί θα ανυψωθούν σε σχέση με το

αμάξωμα. Όταν, όμως, στο συγκεκριμένο όχημα υπάρχουν ψαλίδια ίδιου μήκους, οι τροχοί υψούμενοι παραμένουν μεν παράλληλοι με αμετάβλητη τη γωνία Κάμπερ, αλλά πλησιάζει ο ένας τον άλλο, οπότε μειώνεται το μετατρόχιο. Η απόσταση, δηλαδή, μεταξύ των τροχών γίνεται μικρότερη, όταν συσπειρώνονται τα ελατήρια ανάρτησης, γεγονός που, βέβαια, δημιουργεί την τριβή των ελαστικών στο οδόστρωμα, τη μείωση της πρόσφυσής τους και την υπερβολική φθορά τους.

Για να αποφευχθούν όλα αυτά, σήμερα, εφαρμόζεται το σύστημα ανάρτησης με άνισα ψαλίδια, όπου αυτά μπορούν μεν να είναι παράλληλα, να αποκλίνουν ή να συγκλίνουν (Σχ.4.42), όταν όμως τα ελατήρια ανάρτησης συσπειρωθούν, οι τροχοί παίρνουν μικρή κλίση στο επάνω μέρος τους - είτε προς τα έξω, είτε προς τα μέσα - υπάρχει δηλαδή μεταβολή της γωνίας Κάμπερ, αλλά η μεταξύ τους απόσταση στο σημείο που "πατούν" στο οδόστρωμα, παραμένει περίπου σταθερή.

Έτσι, οι προεκτάσεις των ψαλιδιών στα συγκλίνοντα και αποκλίνοντα ψαλίδια δημιουργούν το στιγμιαίο κέντρο περιστροφής (Α) της ανάρτησης του κάθε τροχού, ενώ προς τα στιγμιαία αυτά κέντρα περιστροφής των ψαλιδιών διαμορφώνονται και αντίστοιχα κέντρα περιστροφής ολόκληρης της εμπρόσθιας ανάρτησης του οχήματος, τα οποία για τα αποκλίνοντα ψαλίδια είναι επάνω από το οδόστρωμα, για τα παράλληλα ψαλίδια είναι επί του οδοστρώματος και για τα συγκλίνοντα είναι κάτω από το οδόστρωμα [Σχ.4.42(α),(β),(γ)], αντίστοιχα.

Στο Σχ.4.43 φαίνεται η περίπτωση ανάρτησης με αποκλίνοντα ψαλίδια.

Στα οχήματα με αποκλίνοντα ψαλίδια, όταν οι τροχοί συναντήσουν εμπόδιο, αποκτούν αρνητική γωνία Κάμπερ και αν συμπέσει στροφή με εμπόδιο, δημιουργούν ώθηση του οχήματος αντίθετη προς την κατεύθυνση της φυγόκεντρης δύναμης, μειώνοντας έτσι τη γωνία ολίσθησης (Βλέπε παράγραφο 3.5.2 στην ενότητα του συστήματος διεύθυνσης).

Το αντίθετο συμβαίνει στην περίπτωση συγκλινόντων ψαλιδιών, που όταν συναντήσουν εμπόδιο, οι τροχοί αποκτούν

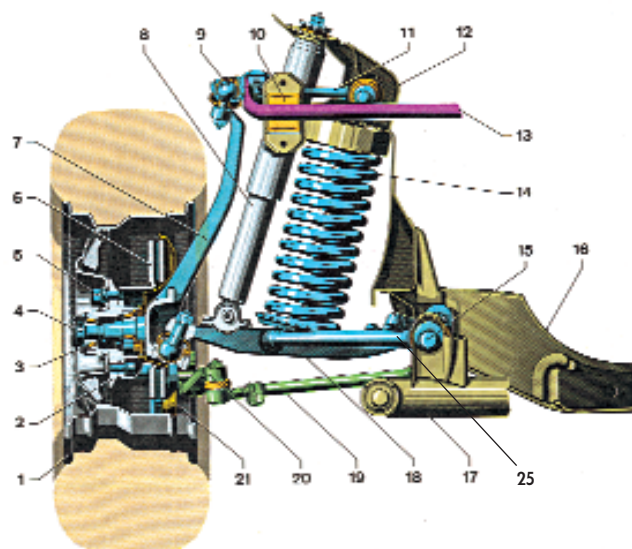
θετική γωνία Κάμπερ, ενώ σε στροφή με εμπόδιο δημιουργούν ωθήσεις κατά την κατεύθυνση της φυγόκεντρης δύναμης, αυξάνοντας έτσι την γωνία ολίσθησης.

Από άποψη ευστάθειας του οχήματος, σε πιθανή προσβολή του από πλευρικές δυνάμεις (ανέμους, φυγόκεντρη δύναμη), πλεονεκτούν τα αποκλίνοντα ψαλίδια.

Γενικά, τα ψαλίδια αρθρώνονται στο πλαίσιο ή το αμάξωμα με βλήτρα (μπουλόνια) σε ένα ή δύο σημεία, ενώ στο εξωτερικό τους μέρος αρθρώνεται η βάση του ακραζονίου με πείρους στις παλαιότερες κατασκευές, ή με σφαιρικούς συνδέσμους στις νεότερες κατασκευές. Το ελατήριο ανάρτησης, το οποίο στην προκειμένη περίπτωση είναι ελικοειδές, καθώς και ο αποσβεστήρας ταλαντώσεων (αμορτισέρ) τοποθετούνται, είτε ανάμεσα στο πλαίσιο ή αμάξωμα και στο επάνω ψαλίδι, είτε ανάμεσα στο πλαίσιο ή το αμάξωμα και στο κάτω ψαλίδι, πάντα επάνω σε κατάλληλες υποδοχές [Σχ.4.43(12)].

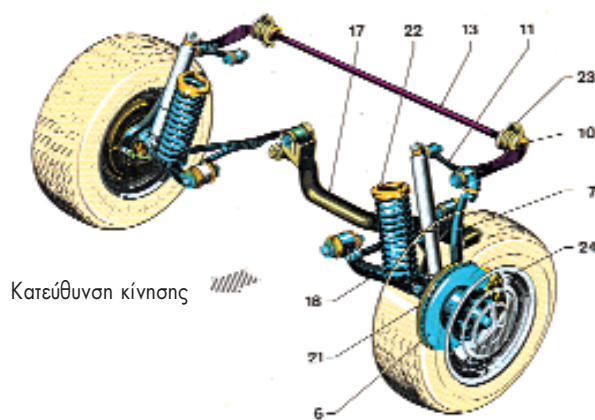
Εάν το κάτω ψαλίδι έχει ένα μόνο σημείο στήριξης, τότε προστίθεται, είτε μία λοξή συγκρατητική ράβδος, είτε μία αντίστοιχη σταθεροποιητική ράβδος (13) (Σταθεροποιητής - Stabilizer) [Σχ.4.43(α) και (β)]. Η λοξή, ιδίως, συγκρατητική ράβδος (25) αναλαμβάνει (δέχεται) τις δυνάμεις προς τα εμπρός και πίσω, που δημιουργούνται κατά την επιτάχυνση και την πέδηση του οχήματος, αντίστοιχα. Η σταθεροποιητική ή αντιστρεπτική ράβδος είναι μία ράβδος που συνδέει τους δύο τροχούς μεταξύ τους και στηρίζεται με δύο ελαστικές αρθρώσεις (23) στο πλαίσιο ή το αμάξωμα. Έτσι, ο

(α)



Γενική διάταξη

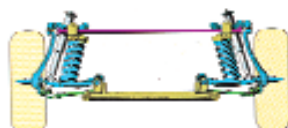
(β)



Κατεύθυνση κίνησης

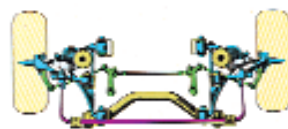
(γ)

Όψη εκ των όπισθεν



Πλάγια από αριστερά

Κάτωψη



Σχ.4.43 Ανεξάρτητη ανάρτηση με αποκλίνοντα ψαλίδια

(α) Πρόσθιο σύστημα ανάρτησης με αποκλίνοντες βραχίονες (ψαλίδια) άνισου μήκους.(β)Γενική διάταξη συστήματος ανάρτησης με αποκλίνοντες βραχίονες (ψαλίδια) άνισου μήκους

1. Ζάντα τροχού. 2. Πλήμνη πρόσθιου τροχού. 3. Κωνικό ρουλεμάν. 4. Περικόχλιο. 5. Μπουλόνι προσαρμογής τροχού. 6. Δίσκος φρένων. 7. Βάση ακραζονίου. 8. Αποσβεστήρας (αμορτισέρ). 9. Άνω σφαιρικός σύνδεσμος. 10. Σινε-μπλόκ αντιστρεπτικής ράβδου. 11. Άνω βραχίονας ανάρτησης (ψαλίδι). 12. Βάση έδρασης ελατηρίου. 13. Αντιστρεπτική ράβδος. 14. Ελικοειδές ελατήριο. 15. Έκκεντρη διάταξη πείρου. 16. Εγκάρσια δοκός. 17. Εγκάρσιος φορέας. 18. Κάτω βραχίονας ανάρτησης (ψαλίδι). 19. Βραχίονας διεύθυνσης. 20. Αγκωνιώτης βραχίονας διεύθυνσης τροχού. 21. Προστατευτικό κάλυμμα. 22. Ελαστικός δακτύλιος. 23. Μπρακέτο συγκράτησης αντιστρεπτικής ράβδου. 24. Δισκόφρενο. 25. Λοξή συγκρατητική ράβδος.

κάθε τροχός δεν είναι ανεξάρτητος από τον άλλο, παρά το γεγονός ότι η ανάρτηση αναφέρεται ως ανεξάρτητη, απεναντίας, όταν ο ένας τροχός ανέβει, τείνει να ανεβάσει και τον άλλο, ο οποίος αντιστέκεται. Έτσι, εξισορροπούνται κατά κάποιον τρόπο οι εγκάρσιες δυνάμεις, που παράγουν κλυδωνισμούς και που δημιουργούνται κατά την μονόπλευρη άνοδο του ενός τροχού. Με τη μέθοδο αυτή, ο πρόσθιος τυπικός άξονας διατηρεί σε μεγάλο βαθμό την οριζοντιότητά του, με αποτέλεσμα να μην επηρεάζεται το αμάξωμα από το εμπόδιο που παρουσιάζεται στον ένα του τροχό.

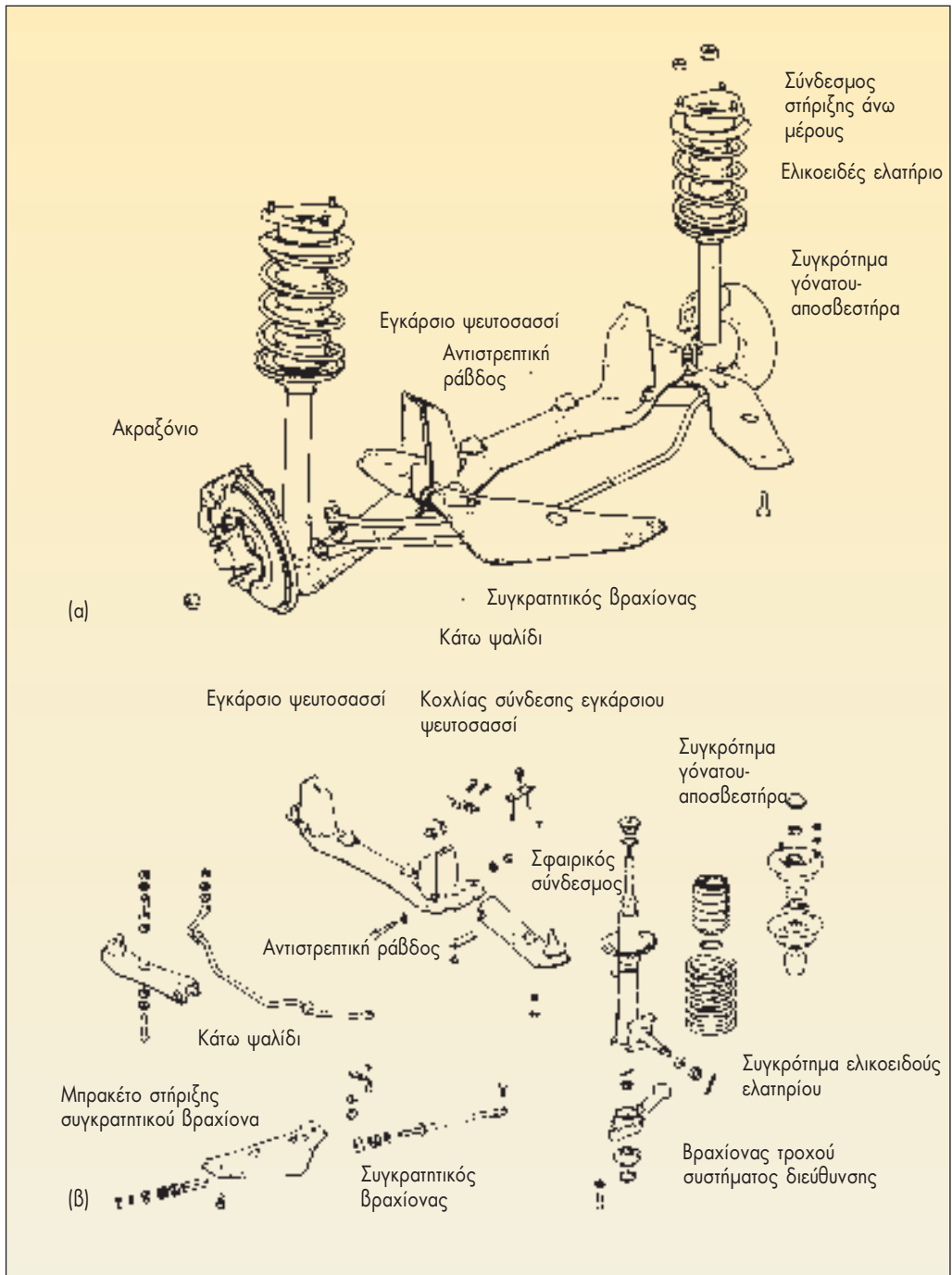
Η συμπεριφορά-ενέργεια της σταθεροποιητικής ράβδου σε μία στροφή είναι ανάλογη με αυτή του εμποδίου που συναντά ένας τροχός. Εδώ, δηλαδή, η ράβδος αντιστέκεται στην κλίση του αμαξώματος, δημιουργώντας αντίθετες δυνάμεις που προσπαθούν να το κρατήσουν οριζόντιο.

4.7. Ανεξάρτητη πρόσθια ανάρτηση με γόνατα Μακ Φέρσον (Mac-Pherson).

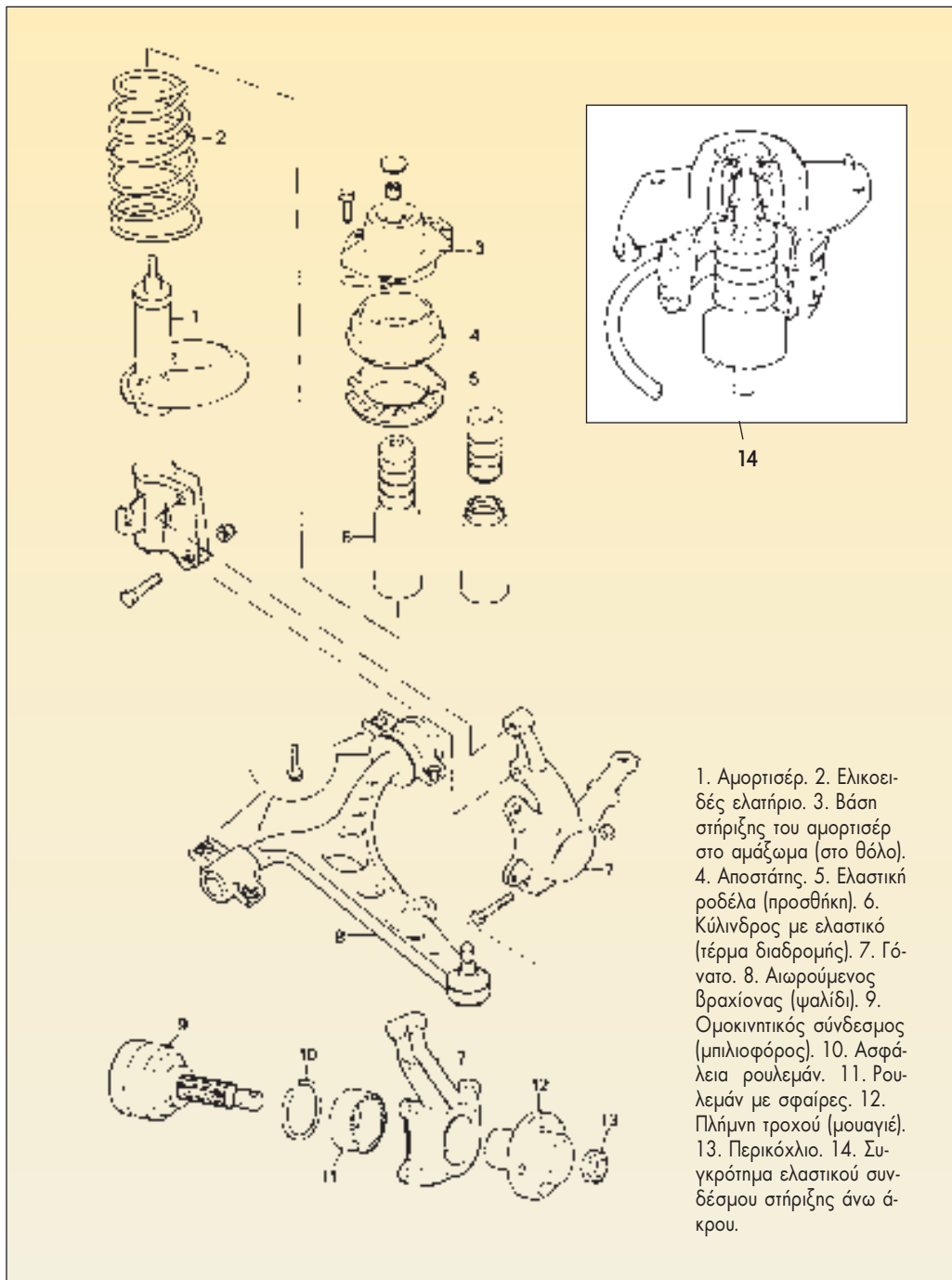
Με την κατάργηση του τυπικού πλαισίου

στα επιβατικά αυτοκίνητα και την κατασκευή των ημιαυτοφερόμενων και αυτοφερόμενων αμαξωμάτων, έχουμε μία εξέλιξη στο σύστημα της ανεξάρτητης ανάρτησης με ψαλίδια, γνωστό ως σύστημα ανεξάρτητης ανάρτησης με "γόνατα Μακ - Φέρσον". Στο Σχ.4.44 φαίνονται η γενική διάταξη (α) και οι λεπτομέρειες (β) από το σύστημα αυτό σ' ένα πρόσθιο αριστερό τροχό ενός αυτοκινήτου με οπίσθιο κινητήριο άξονα. Στο Σχ.3.16 που αφορά το σύστημα διεύθυνσης φαίνεται το ίδιο αυτό σύστημα σε αυτοκίνητο με πρόσθιο κινητήριο άξονα, ενώ στο Σχ.4.45 φαίνονται οι λεπτομέρειες της όλης διάταξης του πρόσθιου κινητήριου αριστερού τροχού, του προηγούμενου Σχ.3.16.

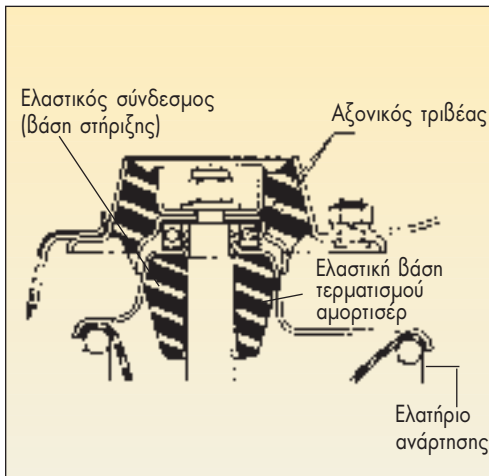
Στην περίπτωση, ειδικά, αυτοκινήτου με πρόσθιο κινητήριο άξονα, το σύστημα Μακ-Φέρσον - εκτός από τα πλεονεκτήματα της ανάρτησης με διπλά ψαλίδια που έχει - εξοικονομεί και χώρο για την τοποθέτηση του κινητήρα σε εγκάρσια θέση, λόγω του ότι, όπως θα δούμε παρακάτω, καταργείται το επάνω ψαλίδι, ενώ προτιμάται από τους κατασκευαστές και διότι συνδυάζει την απλότητα, το μικρό βάρος και την αξιοπιστία.



Σχ.4.44 Ανεξάρτητη ανάρτηση με γόνατο Μακ-Φέρσον σε αυτοκίνητο με οπίσθιο κινητήριο άξονα. (α) Γενική διάταξη, (β) Λεπτομέρειες.



Σχ.4.45 Λεπτομέρειες από ανεξάρτητη ανάρτηση με γόνατο Μάκ Φέρσον σε αυτοκίνητο με πρόσθια κίνηση.



Σχ.4.45α Ελαστικός σύνδεσμος στήριξης άνω μέρους σε ανάρτηση με γόνατο Μακ - Φέρσον

Στην ανάρτηση Μακ - Φέρσον (Σχ.4.44 και Σχ.4.45) καταργείται το επάνω ψαλίδι και τη θέση του παίρνει το γόνατο Μακ - Φέρσον. Αυτό δεν είναι τίποτε άλλο παρά μία βάση (το γόνατο) και στη συνέχεια ένας σωλήνας, ο οποίος φιλοξενεί τον αποσβεστήρα ταλαντώσεων (αμορτισέρ). Το σύνολο αυτό (γόνατο και αμορτισέρ) στο κάτω μέρος του συνδέεται στη βάση του ακραζονίου, η οποία - με παρεμβολή, εδώ, και του αγκωνωτού βραχίονα διεύθυνσης του τροχού - μέσω σφαιρικού συνδέσμου ("μπαλάκι") συνδέεται με το κάτω ψαλίδι.

Στο Σχ.4.45 παρουσιάζεται, όπως είδαμε, η σχεδίαση της ανάρτησης αυτής για αυτοκίνητο με εμπρόσθια κίνηση.

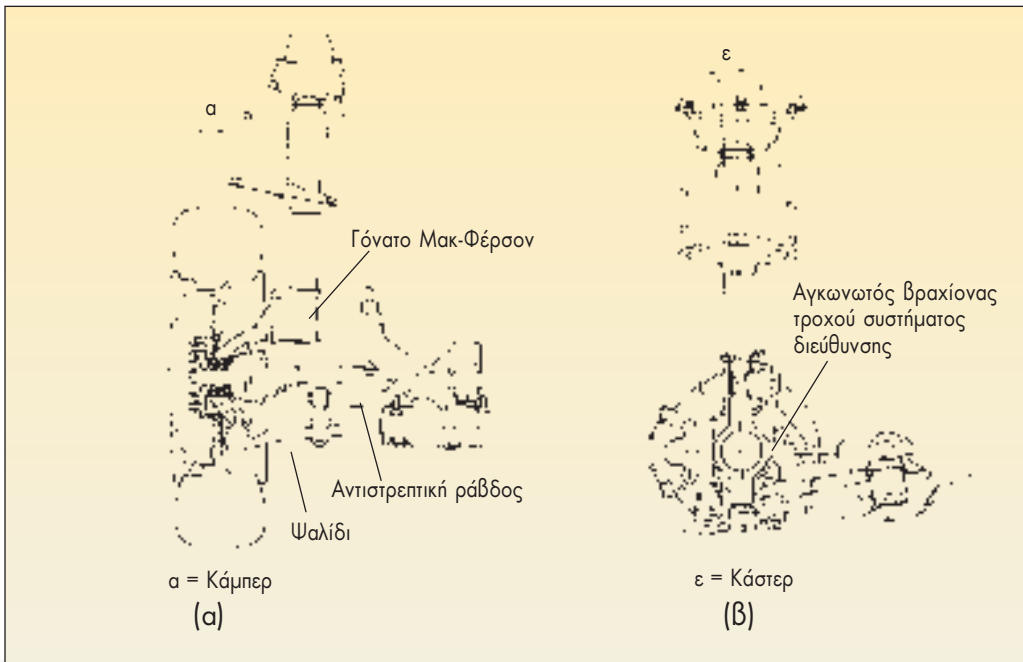
Το επάνω μέρος του αποσβεστήρα και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις (οπίσθιας και εμπρόσθιας κίνησης), συνδέεται με ομοαξονική, συνήθως, παρεμβολή και με κατάλληλες εγκαθίσεις (υποδοχές) ενός ελικοειδούς ελατηρίου, σε

ενισχυμένη περιοχή του αμαξώματος, μέσω ελαστικού συνδέσμου. Έτσι, το φορτίο της ανάρτησης μοιράζεται (κατανέμεται) σε μεγαλύτερη περιοχή του αμαξώματος.

Στο Σχ.4.45α φαίνεται μία εναλλακτική σχεδίαση της σύνδεσης του επάνω μέρους του συγκροτήματος του γονάτου Μακ - Φέρσον στο αμάξωμα, όπου εκτός από τον ελαστικό σύνδεσμο, δηλαδή τη βάση στήριξης και την ελαστική βάση τερματισμού του αποσβεστήρα, υπάρχει και αξονικός τριβέας.

Το κάτω ψαλίδι ή, γενικά, ο εγκάρσιος κάτω βραχίονας μιας τέτοιας ανάρτησης, μπορεί να είναι τριγωνικό με δύο σημεία στήριξης στο αμάξωμα [(Σχ.4.45(8)] μπορεί, όμως, να έχει ένα μόνο σημείο στήριξης (Σχ.4.44). Στην περίπτωση αυτή, για καλύτερη σταθερότητα του συστήματος κατά το φρενάρισμα, την επιτάχυνση και τις πλευρικές δυνάμεις (φυγόκεντρες και πλάγιους άνεμους), τοποθετείται στο ψαλίδι μία ράβδος αντίστασης (συγκρατητικός βραχίονας ή ελκυστήρας), η οποία "πιάνει" τόσο και στο ψαλίδι, όσο και στο αμάξωμα συνήθως με σινεμπλόκ. Πέρα, όμως, από τη ράβδο αυτή, όλες σχεδόν οι κατασκευές των μικρών επιβατικών οχημάτων έχουν και αντιστρεπτική δοκό ή ράβδο (Σταθεροποιητή - Stabilizer), όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, και η οποία εκτός από τη δράση της ως σταθεροποιητικής δοκού, λειτουργεί, εν μέρει, και ως ράβδος αντίστασης. Σε περιπτώσεις, μάλιστα, βαρέος τύπου αντιστρεπτικής δοκού, αυτή μπορεί να αντικαθιστά εντελώς τη ράβδο αντίστασης.

Στο Σχ.4.46 παρουσιάζεται μία πρόσθια ανεξάρτητη ανάρτηση με γόνατα Μακ -



Σχ.4.46 Πρόσθια ανεξάρτητη ανάρτηση με γόνατα Μακ - Φέρσον:

(α) Όπως φαίνεται από το εμπρόσθιο μέρος του αυτοκινήτου. (β) Όπως φαίνεται από το πλευρό του αυτοκινήτου.

Φέρσον, όπως αυτή φαίνεται από το εμπρόσθιο (α) και πλαϊνό (β) μέρος αυτοκινήτου με πρόσθια κίνηση. Στο ίδιο σχήμα διακρίνεται μια "μη συγκεντρική" τοποθέτηση του ελατηρίου ανάρτησης, σε σχέση με τον άξονα συμμετρίας του αποσβεστήρα - γονάτου Μακ-Φέρσον.

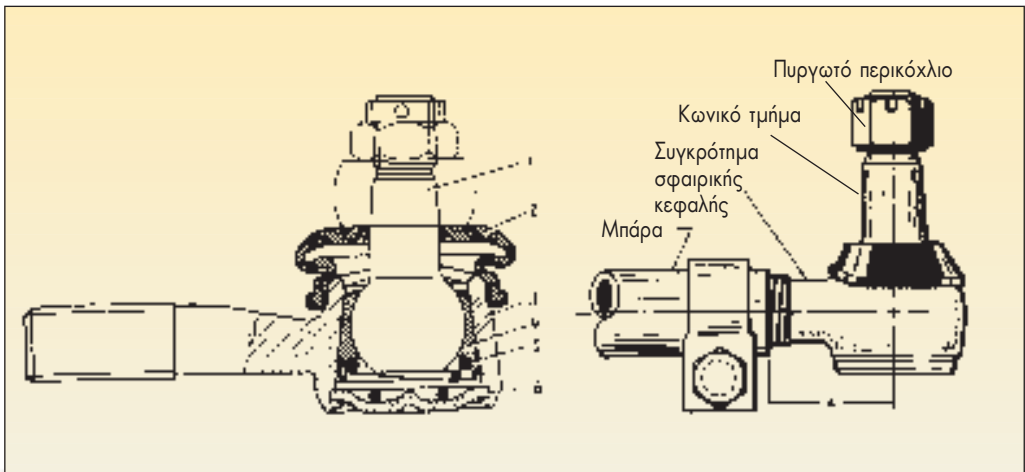
4.8. Σφαιρικοί σύνδεσμοι

Όπως φαίνεται στα Σχήματα των συστημάτων ανάρτησης και διεύθυνσης, όλες σχεδόν οι αρθρώσεις σχηματίζονται από σφαιρικούς συνδέσμους.

Ο σφαιρικός σύνδεσμος αποτελείται από ένα κωνικό πείρο στο ένα άκρο του (Σχ.4.47), που σφηνώνει σταθερά στο αντίστοιχο κωνικό τμήμα που έχει το έ-

να από τα συνδεόμενα μέλη (π.χ. ο αγκωνωτός βραχίονας διεύθυνσης) και ασφαλίζεται με πυργωτό περικόχλιο και ασφαλιστική περόνη ("κοπίλια"). Το άλλο άκρο του, που καταλήγει στη σφαιρική κεφαλή, αρθρώνεται μέσα σε ειδική υποδοχή, η οποία είτε κοχλιώνεται σταθερά στο άλλο συνδεόμενο μέλος [π.χ. στο άνω και κάτω ψαλίδι - Σχ.4.43(α)], είτε διαμορφώνεται ολόσωμα στο άκρο του και αποτελεί π.χ. μέρος του ακρόμαρου (Σχ.4.47).

Η σφαιρική αυτή άρθρωση επιτρέπει τη γωνιακή μεταβολή στους άξονες των συνδεόμενων μελών και τη στροφή γύρω από τον άξονά τους, χωρίς να επιτρέπει τις κατά μήκος μεταξύ τους κινήσεις.



Σχ.4.47 Σφαιρικοί σύνδεσμοι ακρόμπαρου

1. Κωνικό τμήμα σφαιρικού συνδέσμου. 2. Προστατευτικό ελαστικό κάλυμμα. 3. Σώμα ακρόμπαρου. 4. Πλαστική έδρα σφαίρας. 5. Ελατήριο. 6. Τάπα.

Ο κωνικός πείρος που καταλήγει σε σπείρωμα μαζί με τη σφαιρική κεφαλή, κατασκευάζεται από χάλυβα υψηλής ποιότητας. Το κυάθιο, η κοίλη δηλαδή σφαίρα (ή έδρα της σφαιρικής κεφαλής), που μέσα της αρθρώνεται η σφαιρική κεφαλή, κατασκευάζεται, είτε από ορείχαλκο, σε παλνές κυρίως κατασκευές, και απαιτεί περιοδική λίπανση με ειδικό λιπαντήρα (γρασαδόρο), είτε από τεφλόν με έτοιμη λίπανση από το εργοστάσιο κατασκευής και χωρίς λιπαντήρα, οπότε και δεν απαιτείται περιοδική λίπανσή της.

Οι σφαιρικοί σύνδεσμοι, που συνδέουν τα ψαλίδια των πρόσθιων συστημάτων ανάρτησης με τη βάση του ακραζονίου, διακρίνονται σε δύο είδη:

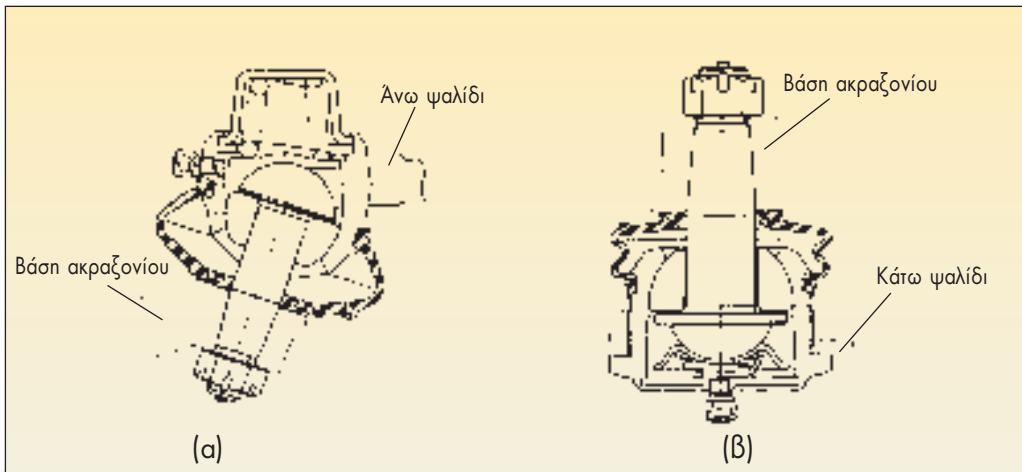
α) Τους "φορείς - συνδέσμους", που φέρουν το βάρος του αυτοκινήτου και συνήθως δεν έχουν ελατήριο προέντασης [Σχ.4.48(β)] (βλέπε και Σχ.4.43 που αφορά τον σφαιρικό

σύνδεσμο του κάτω ψαλιδιού), και β) Τους "οδηγούς - συνδέσμους", που δεν φέρουν σημαντικό βάρος, αλλά συγκρατούν τον τροχό στη θέση του και έχουν, συνήθως, είτε ελατήριο προέντασης [Σχ.4.48(α)], είτε πλαστικό δακτύλιο προέντασης (βλέπε και Σχ.4.43, που αφορά τον σφαιρικό σύνδεσμο "μπαλάκι" (9) του άνω ψαλιδιού).

4.9. Ανεξάρτητη ανάρτηση στους οπίσθιους τροχούς

Εδώ, η ανεξαρτησία των κινήσεων εξασφαλίζεται με χρήση βραχιόνων, μέσω των οποίων οι τροχοί είναι αρθρωμένοι στο πλαίσιο ή το αμάξωμα. Έτσι:

- Όταν ο άξονας περιστροφής των βραχιόνων είναι κάθετος προς τη διεύθυνση κίνησης του οχήματος, δηλαδή προς τον διαμήκη άξονα του αυ-



Σχ.4.48 Σφαιρικοί σύνδεσμοι εμπρόσθιου δεξιού τροχού
(α) Άνω σφαιρικός σύνδεσμος ψαλιδιού.(β) Κάτω σφαιρικός σύνδεσμος ψαλιδιού.

τοκινήτου, τότε οι βραχίονες ονομάζονται διαμήκεις βραχίονες και μπορεί να είναι "οδηγοί" ή "υστερούντες", ανάλογα αν το τροχός ωθείται ή σύρεται από τον βραχίονα, αντίστοιχα.

- Όταν ο άξονας περιστροφής των βραχιόνων βρίσκεται υπό οποιαδήποτε άλλη γωνία ως προς τη διεύθυνση κίνησης του αυτοκινήτου, δηλαδή ως προς τον διαμήκη άξονα του αυτοκινήτου, τότε οι βραχίονες ονομάζονται "ημιύστερούντες".

Εκτός από τους βραχίονες υπάρχουν και δευτερεύοντα σταθεροποιητικά στοιχεία, τα οποία αναφέρονται, γενικά, ως σύνδεσμοι και οι οποίοι διακρίνονται σε διαμήκεις, εγκάρσιους κ.λπ., έχουν δηλαδή ονοματολογία ανάλογη με εκείνη των βραχιόνων.

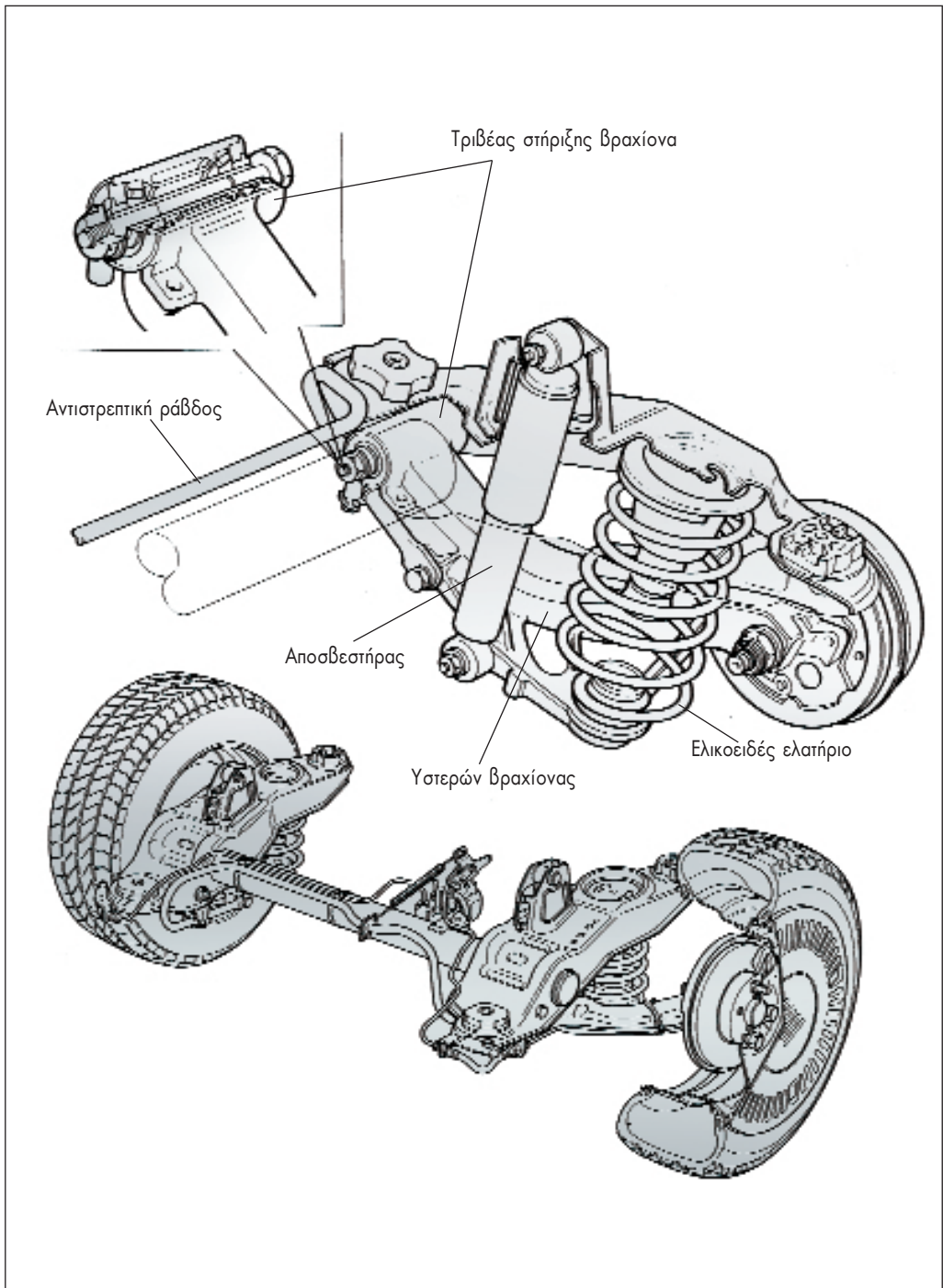
Στα σύγχρονα επιβατικά αυτοκίνητα έχουν αναπτυχθεί τα παρακάτω συστήματα βραχιόνων:

α) Υστερούντες ή αιωρούμενοι βραχίονες τροχών με στρεπτικές ράβδους.

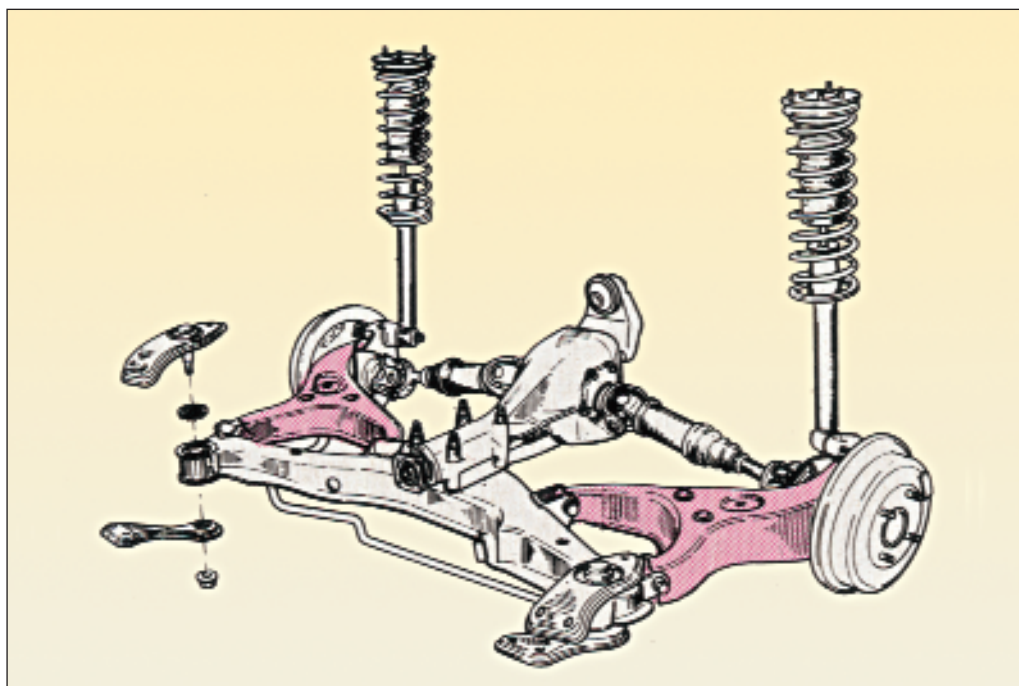
Οι βραχίονες αυτοί χρησιμοποιούνται, συνήθως, σε αυτοκίνητα με πρόσθια κίνηση.

Στην περίπτωση αυτή, το διαφορικό μαζί με τον κινητήρα είναι στερεωμένα στο πλαίσιο ή αμάξωμα και η κίνηση φθάνει στους τροχούς με δύο ημιαξόνια, καθένα από τα οποία έχει δύο αρθρωτούς συνδέσμους και τηλεσκοπικό, συνήθως, σύνδεσμο. Στο Σχ.4.34 φαίνεται η ανάρτηση των οπίσθιων τροχών με αιωρούμενους ή υστερούντες βραχίονες και στρεπτικές ράβδους.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο κάθε υστερών ή αιωρούμενος βραχίονας είναι ένας διαμήκης βραχίονας, δηλαδή είναι παράλληλος προς τον διαμήκη άξονα του αυτοκινήτου. Έχει ένα σημείο άρθρωσης με το αμάξωμα, ενώ συνδέεται, συνήθως, και με το ένα άκρο της



Σχ.4.49 Διάταξη αιωρουμένων ή υστερούντων βραχιόνων ανάρτησης με ελικοειδή ελατήρια



Σχ.4.50 Γενική διάταξη οπίσθιας ανεξάρτητη ανάρτησης με ημιαιωρούμενους (ημιυστερούντες) βραχίονες διπλής άρθρωσης και γόνατα Μακ - Φέρσον με ελικοειδή ελατήρια.

ράβδου στρέψης, της οποίας το άλλο άκρο στερεώνεται σταθερά σε ενισχυμένο σημείο του αμαξώματος (Βλέπε και Σχ.4.33).

Έτσι, όταν ο άξονας στροφής των βραχιόνων είναι σε οριζόντια θέση, αλλά κάθετη προς τον διαμήκη άξονα του αυτοκινήτου, κατά το "ανεβοκατέβασμα" του τροχού δεν υπάρχει μεταβολή της παραλληλότητας των τροχών, αλλαγής δηλαδή της γωνίας Κάμπερ, και η απόσταση μεταξύ των τροχών (μετατρόχιο) παραμένει σταθερή.

Β) Αιωρούμενοι ή υστερούντες βραχίονες τροχών με ελικοειδή ελατήρια

Η σχεδίαση αυτή προσφέρεται, συνήθως, για αυτοκίνητα, όπου η κίνηση δι-

νεται στους πρόσθιους τροχούς. Κάθε αιωρούμενος ή υστερών βραχίονας είναι διαμήκης βραχίονας, ο οποίος στηρίζεται με ένα ή περισσότερους τριβείς σε ένα ενισχυμένο σημείο του αμαξώματος, με παράλληλη χρήση και αντιστρεπτικής ράβδου (σταθεροποιητή) Σχ.4.49, ενώ σε περίπτωση ελαφριάς στήριξης του βραχίονα, υπάρχει, παράλληλα, και ενισχυτική συγκρατητική ράβδος.

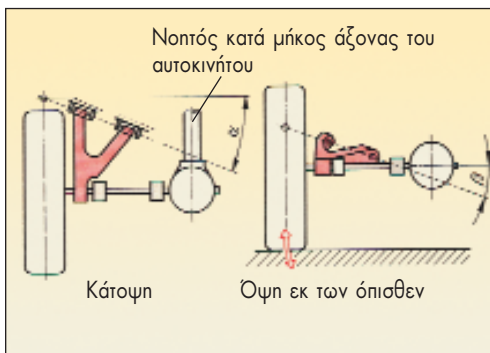
Στην περίπτωση, μάλιστα, που η κίνηση δίνεται στους οπίσθιους τροχούς, τότε το διαφορικό στηρίζεται στο αμάξωμα και η κίνηση φθάνει στους τροχούς με δύο ημιαξόνια, καθένα από τα οποία έχει δύο αρθρωτούς συνδέσμους (σταυρούς) και τηλεσκοπικό σύνδεσμο.

Και στις δύο, πάντως, περιπτώσεις, το ελατήριο και ο αποσβεστήρας τοποθετούνται μεταξύ διαμήκους βραχίονα και αμαξώματος.

γ) Υμίστερουντες ή ημιαιωρούμενοι βραχίονες με ελικοειδή ελατήρια

Στην περίπτωση της οπίσθιας κίνησης, το διαφορικό του αυτοκινήτου είναι στερεωμένο στο αμάξωμα και η κίνηση φθάνει στους τροχούς μέσω δύο ημιαξονίων, καθένα από τα οποία έχει δύο αρθρωτούς συνδέσμους (σταυρούς) και τηλεσκοπικό σύνδεσμο. Κάθε τροχός στηρίζεται σε ένα τριγωνικό ψαλίδι, το οποίο έχει δύο σημεία στήριξης στο αμάξωμα (Σχ.4.50). Η σχεδίαση αυτή είναι σχετικά φτηνή από πλευράς κόστους και προσφέρει μεγαλύτερη οικονομία χώρου, δηλαδή μεγαλύτερο χώρο αποσκευών (πορτ-παγκάζ).

Ο άξονας στροφής του ψαλιδιού στα σημεία στήριξής του σε σχέση με τον εγκάρσιο άξονα του αυτοκινήτου, σχηματίζει μία γωνία α (10° έως 20°) (Σχ. 4.51). Ο άξονας αυτός του ψαλιδιού μπορεί να είναι οριζόντιος ή να έχει μικρή κλίση (β), ως προς το οριζόντιο επίπεδο.



Σχ.4.51 Λεπτομέρειες γωνιών στους ημυστερού-τες βραχίονες διπλής άρθρωσης

Στην περίπτωση της πρόσθιας κίνησης, η θέση του ψαλιδιού παραμένει, σχεδόν, ίδια.

Πάντως, και στις δύο περιπτώσεις, τόσο το ελατήριο όσο και ο αποσβεστήρας τοποθετούνται μεταξύ του ημιαιωρούμενου βραχίονα και του αμαξώματος.

Η σχεδίαση αυτή επιτρέπει, ειδικά στον εξωτερικό τροχό, κατά τις στροφές, αύξηση της αρνητικής γωνίας Κάμπερ και ταυτόχρονη αύξηση της απόκλισης των τροχών, με αποτέλεσμα την καλύτερη ευστάθεια του αυτοκινήτου.

δ) Ανάρτηση τροχών με στρεφόμενη εγκάρσια δοκό και διαμήκεις βραχίονες

Εδώ, η εγκάρσια δοκός Α που έχει διατομή σωλήνα, είναι χωρισμένη σε δύο τμήματα, A_1 και A_2 (Σχ. 4.52) και η παρουσία μιας άρθρωσης δίνει τη δυνατότητα αξονικής στροφής και μετατόπισης του ενός τμήματος σε σχέση με το άλλο, κατά τον άξονα Χ-Χ. Η κίνηση εδώ μεταφέρεται με τα ημιαξόνια G_1 και G_2 - μέσω δύο συνδέσμων Η - στον κάθε τροχό.

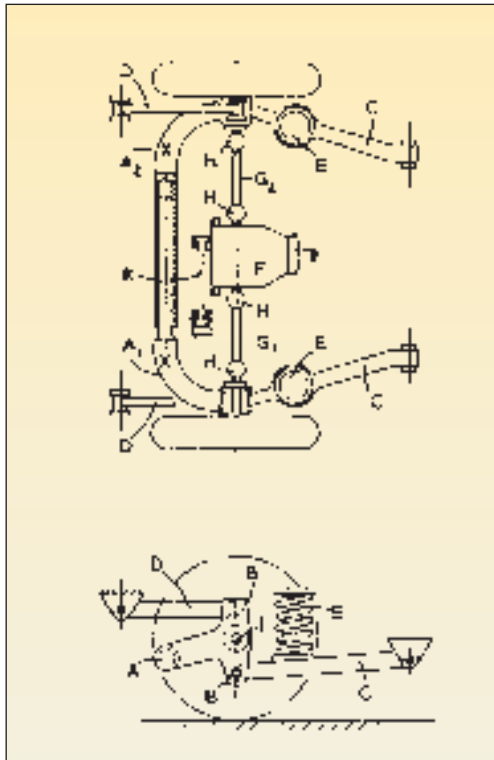
Η περίπτωση αυτή είναι μία εξέλιξη του άξονα Ντε Ντιόν. Επίσης, τα άκρα του σωλήνα συνδέονται με άρθρωση με τους διαμήκεις (υστερούντες) βραχίονες C, και μεταξύ βραχιόνων και αμαξώματος παρεμβάλλονται ελικοειδή ελατήρια ανάρτησης Ε και αποσβεστήρες (αμορτισέρ). Η κίνηση μεταφέρεται στον οπίσθιο άξονα, ενώ το διαφορικό F στηρίζεται στο αμάξωμα και συνδέεται, για λόγους αντίδρασης, με μία εγκάρσια ράβδο Κ. Υπάρχουν, ακόμη, δύο διαμήκεις βραχίονες στήριξης D στο αμάξωμα, που συνδέονται στο άνω άκρο Β της δοκού Α για την αντιμετώπιση των δυνά-

μεων επιτάχυνσης και επιβράδυνσης.

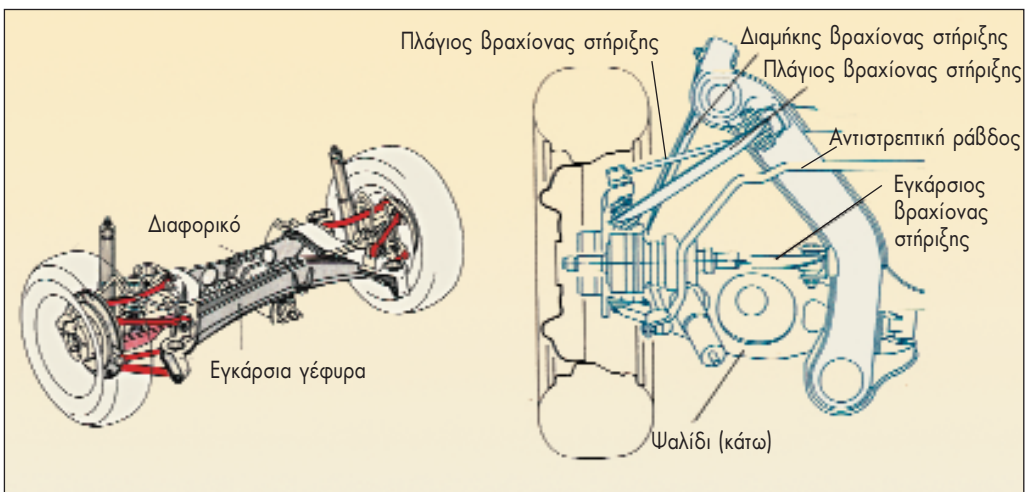
ε) Ανάρτηση τροχού με πολλαπλούς βραχίονες

Στο Σχ.4.53 παρουσιάζονται δύο παρόμοιες περιπτώσεις ανάρτησης οπίσθιων τροχών με πολλαπλούς βραχίονες.

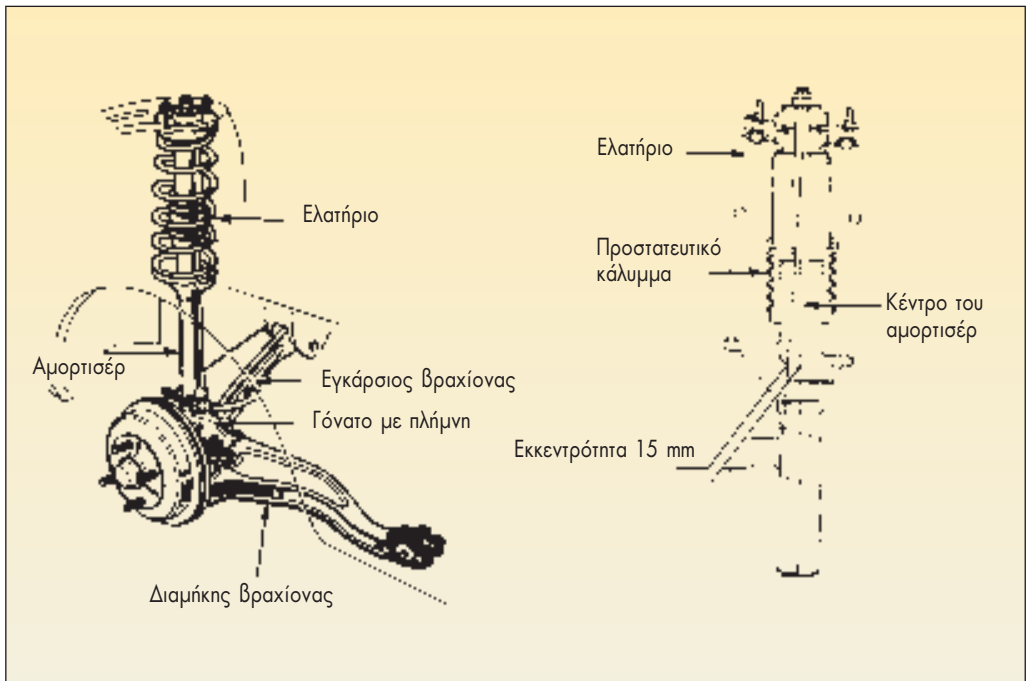
Στην περίπτωση αυτή, το επάνω ψαλίδι μιας ανεξάρτητης ανάρτησης δύο ψαλιδιών, έχει αντικατασταθεί με 4 ή 5, συνήθως, βραχίονες, ενώ μεταξύ του κάτω ψαλιδιού και του αμαξώματος παρεμβάλλεται ελικοειδές ελατήριο. Η σχεδίαση αυτή, επειδή το σημείο τομής των βραχιόνων που έχουν συγκεκριμένες θέσεις βρίσκεται έξω από το επίπεδο συμμετρίας του τροχού, δίνει τη δυνατότητα στον τροχό να αποκλίνει προς τα έξω τόσο, όσο χρειάζεται για να αντιμετωπίζει τα ονομαζόμενα "ελαστικά σφάλματα", που αντίστοιχα τείνουν να συγκλίνουν τον τροχό προς τα μέσα. Η ακρίβεια του ελέγχου των συστημάτων αυτών ανάρτησης παρέχει κορυφαία οδική συμπεριφορά στο όχημα.



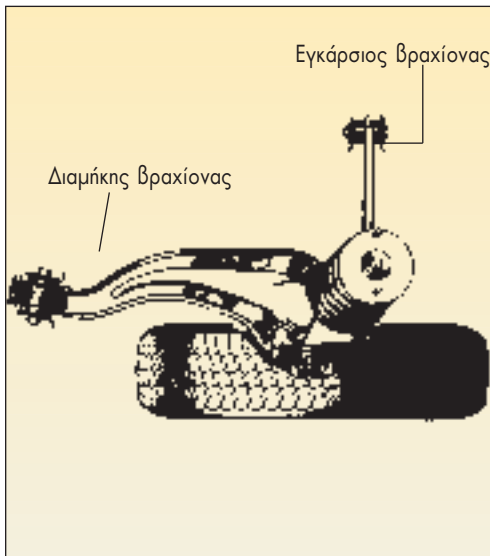
Σχ.4.52 Ανάρτηση τροχών με στρεφόμενη εγκάρσια δοκό (σωλήνα) και διαμήκεις βραχίονες.



Σχ.4.53 Ανάρτηση τροχού με πολλαπλούς βραχίονες.



Σχ.4.54 Ανεξάρτητη ανάρτηση οπίσθιου τροχού Μακ Φέρσον



Σχ.4.55 Ανεξάρτητη ανάρτηση οπίσθιου τροχού Μακ Φέρσον σε κάτοψη (του Σχ.4.9στ).

στ) Ανεξάρτητη ανάρτηση οπισθίων τροχών με γόνακα Μακ - Φέρσον

Η ανάρτηση αυτή των οπίσθιων τροχών χρησιμοποιείται, σήμερα, σε μεγάλη έκταση, έχει την ίδια περίπου σχεδίαση με την αντίστοιχη των πρόσθιων τροχών και στο Σχ.4.54 φαίνεται σε αξονομετρική πλάγια όψη, ενώ στο Σχ. 4.55 υπάρχει η κάτοψη της ίδιας διάταξης. Έτσι, στο κάτω μέρος της διακρίνεται ο κύριος διαμήκης βραχίονας και ένας εγκάρσιος βραχίονας στήριξης. Το γόνατο Μακ - Φέρσον στο κάτω μέρος σπνρίζεται στο συγκρότημα του φορέα του ακραζονίου, ενώ στο επάνω σε ενισχυμένη περιοχή του αμαξώματος, μέσω του ελατηρίου ανάρτησης.

4.10 Υδροπνευματική ανάρτηση

Στην περίπτωση της υδροπνευματικής ή αεροϋδραυλικής ανάρτησης, οι τροχοί αναρτώνται (συγκρατούνται) ανεξάρτητα, είτε με εγκάρσια ψαλίδια, είτε, κυρίως, με διαμήκεις (οδηγούς ή υστερούντες) βραχίονες.

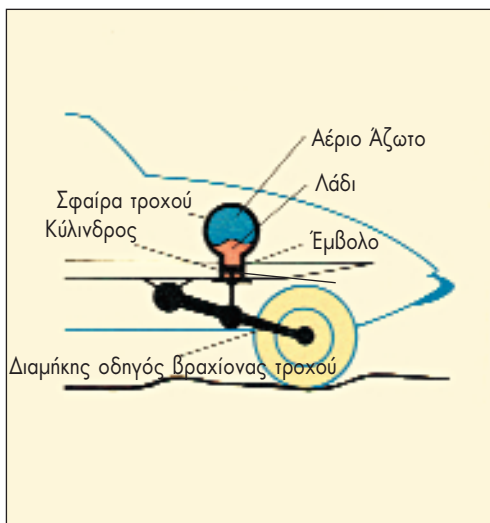
Ο βραχίονας του κάθε τροχού συνδέεται με έμβολο, το οποίο κινείται μέσα σε κύλινδρο, ανάλογα με τις κατακόρυφες κινήσεις του τροχού (Σχ.4.56).

Το επάνω μέρος του κυλίνδρου διαμορφώνεται σε σφαίρα η οποία χωρίζεται σε δύο θαλάμους, με τη βοήθεια μιας ελαστικής μεμβράνης. Στον επάνω θάλαμο της σφαίρας υπάρχει μία σταθερή ποσότητα αερίου αζώτου, ενώ ο κάτω θάλαμος είναι γεμάτος με ειδικό λάδι. Τόσο το αέριο αζώτο, όσο και το λάδι έχουν, περίπου, την ίδια πίεση, η οποία κυμαίνεται από 100 έως 200 bar.

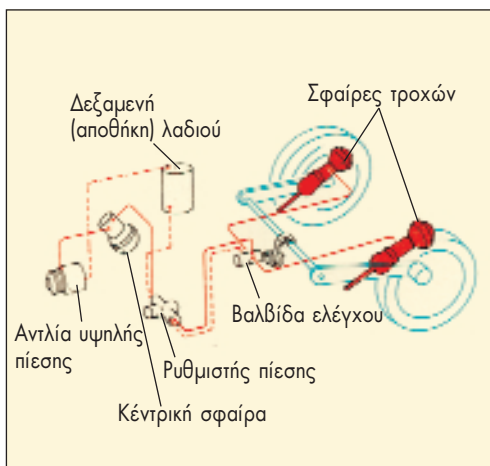
Σημειώνεται, ότι σε κάθε τροχό υπάρχει από ένα συγκρότημα όμοιο με αυτό που αναφέρθηκε παραπάνω, και έτσι, τα συγκροτήματα και των τεσσάρων τροχών μπορούν, ανά άξονα, (Σχ.4.57) να τροφοδοτούνται με λάδι από κοινή παροχή, που συνδέεται με βαλβίδα ελέγχου τριών κατευθύνσεων.

Σ' αυτή τη βαλβίδα το λάδι φθάνει από μία κεντρική εγκατάσταση παροχής υψηλής πίεσης, που περιλαμβάνει μία κεντρική σφαίρα με μεμβράνη παρόμοια με εκείνη των τροχών, ένα ρυθμιστή πίεσης λαδιού, μία δεξαμενή λαδιού και μία αντλία υψηλής πίεσης (180 bar) η οποία παίρνει κίνηση, μέσω ιμάντα, από τον κινητήρα.

Μόλις, λοιπόν, ο τροχός του αυτοκινήτου συναντήσει ένα εμπόδιο και υπερ-



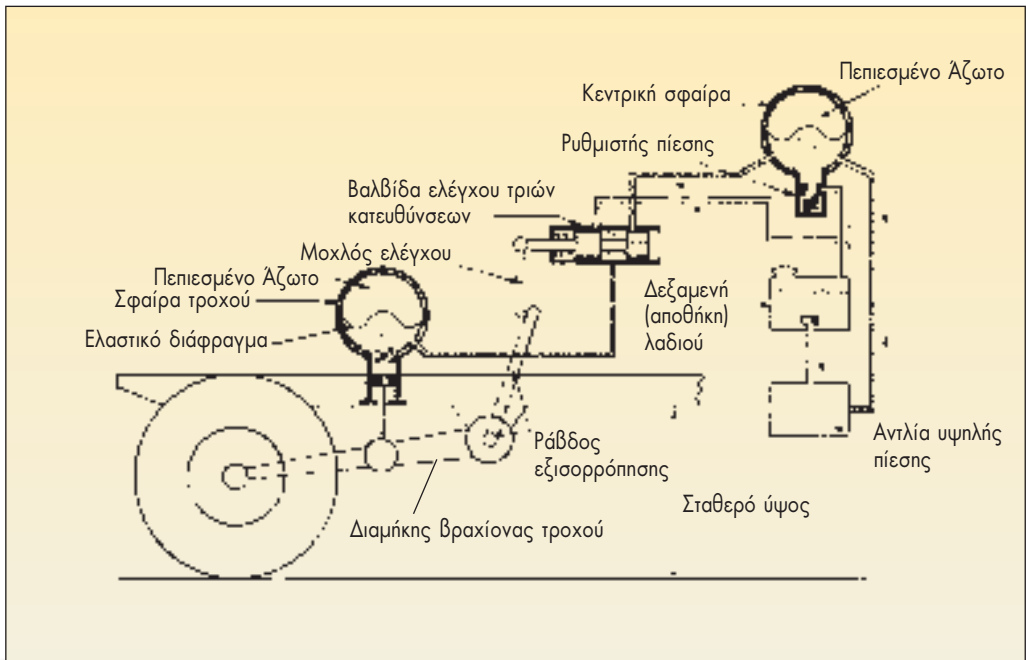
Σχ.4.56 Σύνδεση πρόσθιου τροχού με το σύστημα υδροπνευματικής ανάρτησης



Σχ. 4.57 Συγκρότημα υδροπνευματικής ανάρτησης στον οπίσθιο άξονα αυτοκινήτου

ψωθεί (Σχ.4.58), ο διαμήκης βραχίονας του πιέζει το βάκτρο του εμβόλου με το οποίο είναι συνδεδεμένο, οπότε κινείται προς τα επάνω και το έμβολο.

Έτσι, το έμβολο ανερχόμενο συμπιέζει



Σχ. 4.58 Διάταξη συστήματος υδροπνευματικής ανάρτησης.



Σχ.4.59 Συγκρότημα εμβόλου - σφαίρας από υδροπνευματική ανάρτηση.

το λάδι που βρίσκεται στον κύλινδρο του και το οποίο (λάδι) συμπιεζόμενο καταθλίβεται, μέσω ειδικής βαλβίδας (Σχ.4.59) στον κάτω θάλαμο της σφαίρας με αποτέλεσμα να πιέζει τη διαχωριστική μεμβράνη (διάφραγμα) και να μειώνεται, κατ'αυτόν τον τρόπο, ο όγκος του επάνω θαλάμου που περιέχει το άζωτο. Όμως, με τη μείωση αυτή του όγκου του επάνω θαλάμου, αυξάνεται η πίεση του αζώτου έως ότου εξισωθεί με την πίεση του λαδιού που πιέζει τη μεμβράνη από την κάτω πλευρά.

Με την εξίσωση αυτή των δύο πιέσεων, το έμβολο δεν μπορεί να ανέβει περισσότερο προς τα επάνω και έτσι σταθεροποιεί τον βραχίονα του τροχού (Σχ.4.58) στη συγκεκριμένη αυτή θέση.

Μόλις ο τροχός φύγει από το εμπόδιο και πάψει να ενεργεί η εξωτερική πίεση προς το έμβολο, το αέριο άζωτο διαστέλλεται και η μεμβράνη (διάφραγμα) πιέζεται προς τα κάτω, με αποτέλεσμα να συμπιέζει το λάδι που βρίσκεται κάτω απ' αυτήν και το οποίο (λάδι) περνά μέσα από μία βαλβίδα με αντίθετη κατεύθυνση ροής (Βλέπε και Σχ.4.59), πιέζοντας το έμβολο, που με τη σειρά του ωθεί τον βραχίονα του τροχού, οπότε ο τροχός κατεβαίνει.

Όταν αυξάνεται το φορτίο του αυτοκινήτου, τότε μετατοπίζεται ο βραχίονας του τροχού, με αποτέλεσμα να μεταδίδει την κίνηση σε μία ράβδο που ονομάζεται ράβδος εξισορρόπησης, επάνω στην οποία είναι στερεωμένος ένας μοχλός, ο οποίος ονομάζεται μοχλός ελέγχου. Αυτός ο μοχλός ελέγχου ενεργοποιεί το σύρτη της βαλβίδας ελέγχου τριών κατευθύνσεων, οπότε αυτόματα, μία αντλία λαδιού υψηλής πίεσης της τάξης των 180 bar αναλαμβάνει τη ρύθμιση του ύψους του αυτοκινήτου με ταυτόχρονη αύξηση του όγκου του λαδιού στον κάτω θάλαμο της σφαίρας του τροχού. Δηλαδή, το λάδι πιέζει το έμβολο και το βάκτρο του προς τα κάτω, οπότε πιέζεται και ο βραχίονας του τροχού προς την ίδια κατεύθυνση, με αποτέλεσμα το αυτοκίνητο να ανυψώνεται.

Όταν μειώνεται, τώρα, το φορτίο του αυτοκινήτου, ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία και έτσι το ύψος του παραμένει και πάλι σταθερό. Μετακινούμενη, δηλαδή, η ράβδος εξισορρόπησης προς την αντίθετη πλέον κατεύθυνση, κινεί το σύρτη της βαλβίδας ελέγχου τριών κατευθύνσεων αντίθετα, έτσι ώστε κάποια ποσότητα λαδιού από τον κάτω θάλαμο

και μέσω της βαλβίδας αυτής να επιστρέφει στη δεξαμενή του λαδιού.

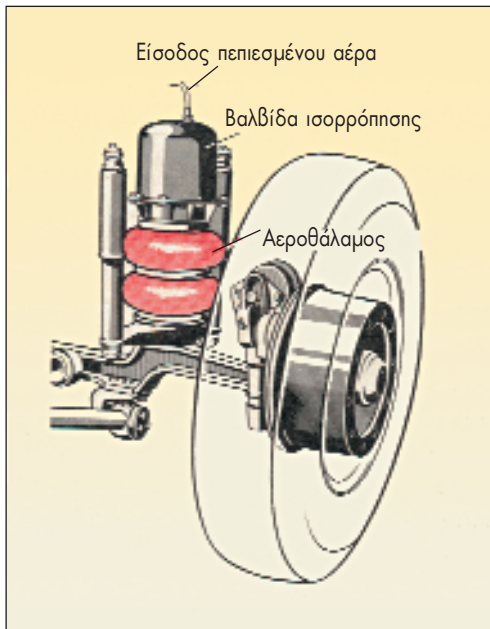
Να σημειωθεί εδώ, ότι μία ρυθμιστική βαλβίδα (ρυθμιστής πίεσης) στην κεντρική σφαίρα, κρατά την πίεση της αντλίας σε μία σταθερή τιμή.

Η ύπαρξη των δύο βαλβίδων (Σχ.4.59) στο άκρο του κυλίνδρου, εκεί δηλαδή που αυτός συνδέεται με τη σφαίρα του βραχίονα κάθε τροχού, χρησιμεύει σαν αποσβεστήρας ταλαντώσεων (αμορτισέρ), αφού η αντίσταση που δημιουργείται στη ροή του λαδιού από το χώρο του κυλίνδρου προς τον κάτω θάλαμο της σφαίρας και αντίστροφα, δημιουργούν απόσβεση των ταλαντώσεων του αμαξώματος.

Η υδροπνευματική ανάρτηση είναι πολύ μαλακή και "ελαστική", όταν το φορτίο είναι μικρό. Εάν όμως αυτό μεγαλώσει, τότε σκληραίνει προοδευτικά και, κατ'επέκταση, και η άνεση που παρέχει στους επιβάτες, μειώνεται.

Με την ανάρτηση αυτή, πέρα από τη διατήρηση σταθερού ύψους της απόστασης του αμαξώματος από το έδαφος, υπάρχει και η δυνατότητα να ρυθμίζεται κάθε φορά το επιθυμητό ύψος, ανάλογα με το δύσβατο της διαδρομής που πρέπει να διανύσει το όχημα.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Το τρύπημα του άνω θαλάμου της σφαίρας που περιέχει το αέριο άζωτο υπό πίεση (έως 200 bar) και το οποίο επιχειρείται, προφανώς από περιέργεια, από νέους και άπειρους τεχνίτες, απαγορεύεται, διότι μπορεί να προκαλέσει σοβαρό ατύχημα λόγω έκρηξης.



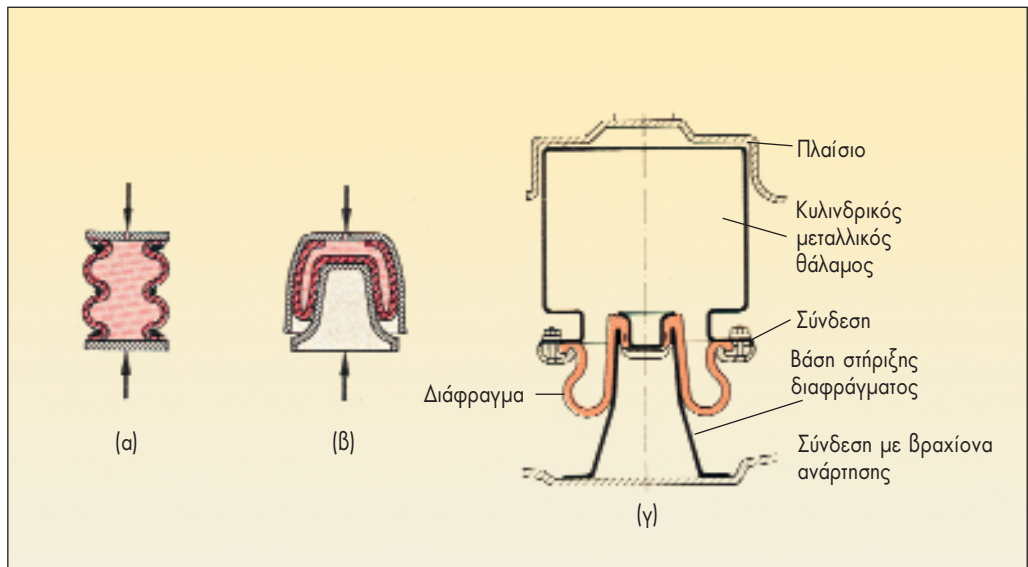
Σχ.4.60 Ανάρτηση με αεροελατήριο

4.11. Ανάρτηση με αεροελατήριο (αερόσουστες)

Στην περίπτωση αυτή, το ελατήριο του τροχού έχει αντικατασταθεί με αεροελατήριο (Σχ.4.60), ή χρησιμοποιείται παράλληλα και με αντίστοιχο ημιελλειπτικό, ιδιαίτερα στα βαρέα οχήματα.

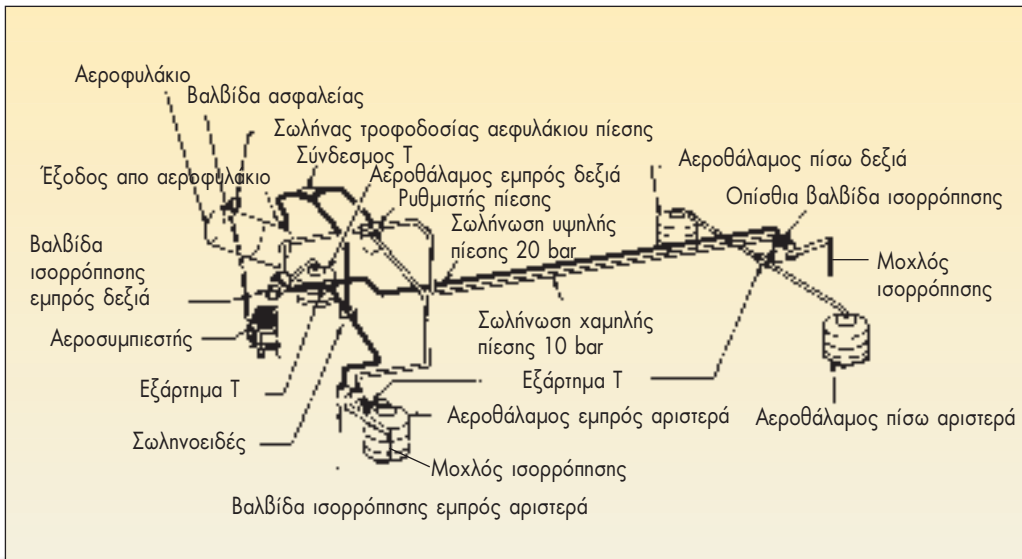
Το αεροελατήριο είναι ένας ελαστικός σάκος (αεροθάλαμος), που περιέχει πεπιεσμένο αέρα ή άζωτο και ο σχεδιασμός του στηρίζεται στην ελαστική συμπεριφορά που δείχνει μία ποσότητα πεπιεσμένου αέρα μέσα σε ένα ελαστικό - ειδικά ενισχυμένο - αεροθάλαμο (σάκο). Τα αεροελατήρια χρησιμοποιούνται, συνήθως, σε φορτηγά ή λεωφορεία τα οποία διαθέτουν, ήδη, αεροσυμπιεστή για το σύστημα πέδησής τους.

Στο Σχ.4.61 παρουσιάζονται τρεις τυπι-



Σχ.4.61 Τύποι αεροθαλάμων αεροελατηρίων

- (α) Διπλής πτύκωσης
- (β) Τύπου διαφράγματος
- (γ) Κυλινδρικού τύπου



Σχ. 4.62 Τυπική διάταξη ανάρτησης με αεροελατήρια

κές περιπτώσεις αεροθαλάμων που χρησιμοποιούνται στα συγκροτήματα αεροελατηρίων στα διάφορα οχήματα.

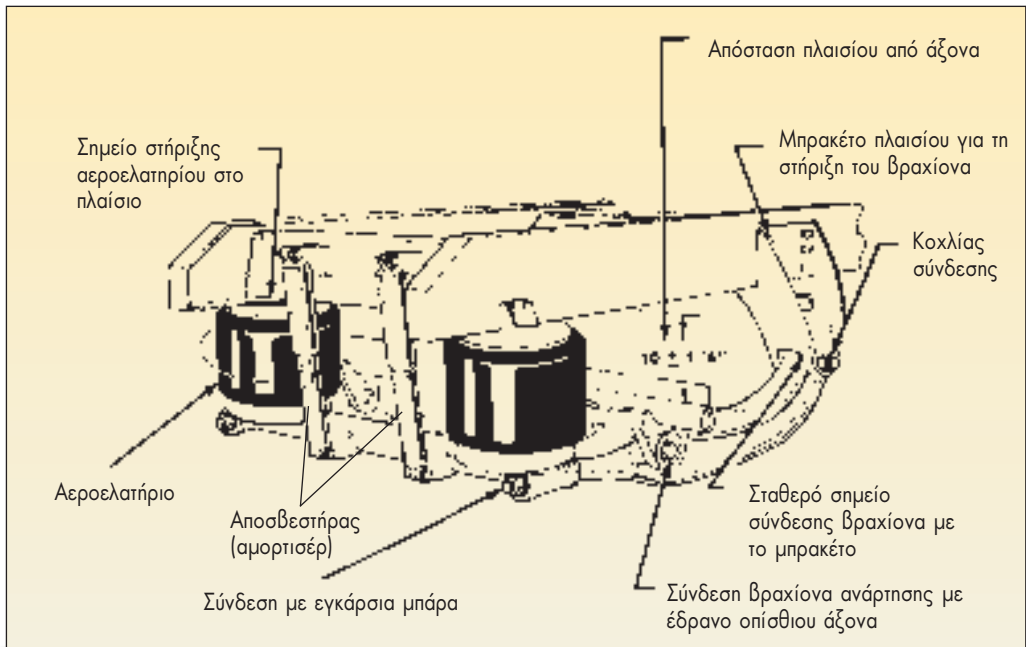
Στο Σχ.4.62 φαίνεται, παραστατικά, η γενική διάταξη ενός τέτοιου συστήματος ανάρτησης με πεπιεσμένο αέρα, όπου τα τέσσερα συμβατικά ελατήρια που γνωρίζουμε, έχουν αντικατασταθεί από αεροελατήρια τα οποία τροφοδοτούνται από αεροσυμπιεστή. Ο αέρας συγκεντρώνεται στο αεροφυλάκιο με πίεση 20 bar, περίπου, και από εκεί, μέσω δύο συστημάτων σωληνώσεων τροφοδοσίας, καταλήγει στους αεροθαλάμους των αεροελατηρίων, με την εξής διαδικασία:

Το ένα σύστημα σωληνώσεων παρέχει στους αεροθαλάμους αέρα μειωμένης πίεσης (10 bar περίπου) και τους κρατά διογκωμένους στο ίδιο ύψος. Σε περίπτωση που σε κάποιο αεροθάλαμο του ίδιου άξονα (εμπρόσθιου ή οπίσθιου) αυ-

ξηθεί, για οποιονδήποτε λόγο, το φορτίο (όταν π.χ. μεγαλώνει το βάρος προς τη μία πλευρά, τότε και το αμάξωμα παρουσιάζει κλίση προς τη πλευρά αυτή), τότε ανοίγει μία ρυθμιστική βαλβίδα (Βαλβίδα ισορρόπησης) και με το άλλο σύστημα σωληνώσεων παρέχεται αέρας υψηλής πίεσης (20 bar) στον αεροθάλαμο, οπότε τον επαναφέρει στην αρχική του στάθμη και έτσι το αμάξωμα επανέρχεται στην κανονική του θέση.

Με τη διαδικασία αυτή ελαττώνεται και η κλίση του αυτοκινήτου στις στροφές, με αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα να αλλάζει το ύψος του αυτοκινήτου, ανάλογα με το μεταφερόμενο κάθε φορά φορτίο.

Το αεροελατήριο συμπεριφέρεται σαν ένα ελικοειδές ελατήριο με "προοδευτική χαρακτηριστική καμπύλη", προσφέροντας το επιπρόσθετο πλεονέκτημα της



Σχ.4.63 Αεροελατήρια σε φορτηγό, με παράλληλη χρήση αποσβεστήρων ταλαντώσεων (αμορτισέρ).

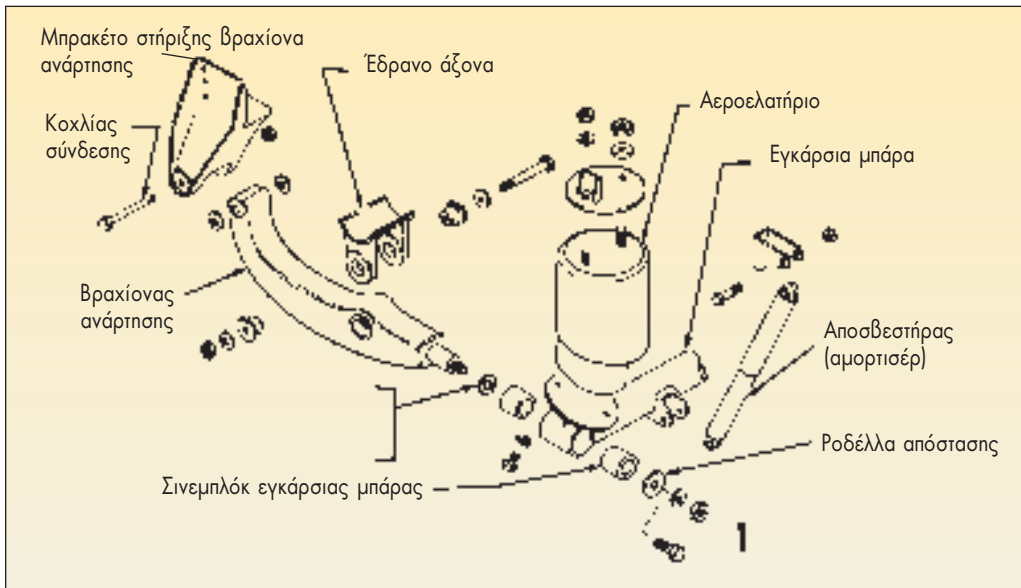
ρύθμισης της διαδρομής, του ανάλογα με την αύξηση - εντός του - της πίεσης του αέρα. Όμως, όπως στο ελικοειδές ελατήριο, έτσι και εδώ επιβάλλεται η χρήση ελκυστήρων για τη μεταφορά των δυνάμεων ώθησης και πέδησης στο πλαίσιο ή το αμάξωμα, καθώς και των δυνάμεων αντίδρασης στην αντίθετη τάση στροφής του οπίσθιου κινητηρίου άξονα. Παράλληλα, η χρήση αποσβεστήρων ταλαντώσεων (αμορτισέρ) είναι απαραίτητη, διότι ο αέρας δημιουργεί από μόνος του ελάχιστη μόνο απόσβεση ταλαντώσεων.

Στο Σχ.4.63 παρουσιάζεται σύστημα κυλινδρικών αεροελατηρίων με παράλληλη χρήση αποσβεστήρων, ενώ στο Σχ.4.64 φαίνονται λεπτομέρειες από τη διάταξη ενός βραχίονα ανάρτησης του αεροελατηρίου.

4.12. Συστήματα ρύθμισης ύψους αυτοκινήτου και αυτόματης οριζοντίωσης

Σε μερικούς τύπους αυτοκινήτων πολυτελείας τοποθετούνται αυτόματα συστήματα τα οποία, είτε ρυθμίζουν το ύψος του αυτοκινήτου στην επιθυμητή κάθε φορά στάθμη, όπως ήδη αναφέρθηκε στα πλαίσια της υδροπνευματικής ανάρτησης, είτε επαναφέρουν το πίσω μέρος του αυτοκινήτου στο κανονικό ύψος, όταν αυτό κατέβει λόγω φορτίου.

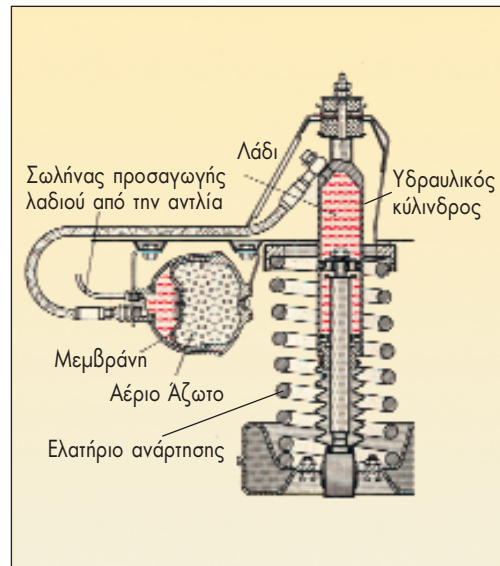
Στην τελευταία αυτή περίπτωση, όταν δηλαδή καθίσουν τρία άτομα στο πίσω κάθισμα και φορτωθεί και ο χώρος των αποσκευών, εμφανίζεται αστάθεια στην οδήγηση, διότι το κέντρο βάρους μετατοπίζεται πολύ προς τα πίσω, ενώ υψώνεται υπερβολικά και η δέσμη των φώτων κατά τη βραδινή οδήγηση.



Σχ.4.64 Λεπτομέρειες από διάταξη βραχίονα ανάρτησης αεροελατηρίου

Το Σχ.4.65 παρουσιάζει μικτή ανάρτηση ελικοειδούς ελατηρίου με παράλληλη υποβοήθηση υδροπνευματικής ανάρτησης. Διακρίνεται, λοιπόν, ο σωλήνας προσαγωγής λαδιού από αντλία υψηλής πίεσης, όπου ανάλογα με τη βύθιση του οπίσθιου μέρους του αυτοκινήτου - λόγω φορτίου - παρέχεται επιπλέον ποσότητα λαδιού στον υδραυλικό κύλινδρο, με αντίστοιχη ρύθμιση του ύψους του συγκεκριμένου αυτού τμήματος του αυτοκινήτου. Η ρύθμιση του ύψους γίνεται μέσω της βαλβίδας ελέγχου και μιας ράβδου εξισορρόπησης, σύμφωνα με τη λειτουργία της υδροπνευματικής ανάρτησης.

Ανάλογα τώρα με το επιθυμητό ύψος του αυτοκινήτου από το έδαφος, χρησιμοποιείται από τον οδηγό σχετικό χειριστήριο που είναι παρόμοιο με αυτό της υδροπνευματικής ανάρτησης.



Σχ.4.65 Υδροπνευματική ανάρτηση με ελικοειδές ελατήριο σε συνδυασμό με αποσβεστήρα για τη ρύθμιση της στάθμης του αυτοκινήτου ή την αυτόματη οριζόντίωσή του.

Ο υδραυλικός κύλινδρος χρησιμοποιείται, εδώ, ταυτόχρονα και ως αποσβεστήρας ταλαντώσεων (αμορτισέρ).

Εναλλακτικά, χρησιμοποιούνται και συστήματα για την οριζοντίωση του αυτοκινήτου με χρήση ειδικών αποσβεστήρων που διαθέτουν και αεροθαλάμους (αεροελατήρια), μέσα στους οποίους καταθλίβεται πεπιεσμένος αέρας (Σχ.4.66). Στην περίπτωση αυτή, το αυτοκίνητο είναι εφοδιασμένο με σύστημα αεροσυμπιεστή, με αεροφυλάκιο, με βαλβίδα ελέγχου και ράβδο εξισορρόπησης.

Σημειώνεται, ότι στο κάτω μέρος του

συγκροτήματος υπάρχει μία ποσότητα αζώτου υπό πίεση, όπως και στην υδروπνευματική ανάρτηση.

4.13. Φθορές - Βλάβες - Συντήρηση - Έλεγχος - Ρυθμίσεις

α) Φθορά ελαστικών χιτώνίων και πείρων

Η συνηθέστερη φθορά ή βλάβη των ημιελλειπτικών ελατηρίων είναι η φθορά των ελαστικών χιτώνίων των πείρων τους.

Στην περίπτωση αυτή, το ελατήριο αποσυνδέεται από την άρθρωσή του, αφού βέβαια υποστυλωθεί (ανασπικωθεί) το όχημα, και με ειδικό εργαλείο αφαιρείται το φθαρμένο χιτώνιο και αντικαθίσταται με καινούργιο.

β) Σπάσιμο φύλλου ημιελλειπτικού πεπλατυσμένου ελατηρίου.

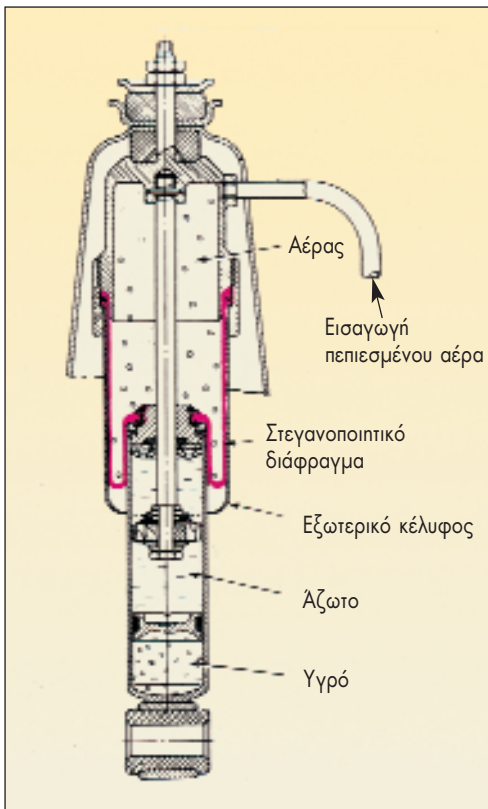
Στην περίπτωση αυτή αποσυναρμολογείται τελείως όλο το ελατήριο και αντικαθίσταται το σπασμένο φύλλο με καινούριο.

γ) Κάμψη ημιελλειπτικού ελατηρίου

Όταν το όχημα υπερφορτώνεται ή κινείται σε ανώμαλο δρόμο για μεγάλο χρονικό διάστημα, τα ελατήρια υποκείμενα σε μόνιμη παραμόρφωση κάμψης και το όχημα παύει να στέκεται στο αρχικό - κανονικό του ύψος. Μόλις διαπιστωθεί αυτό, πρέπει να αντικατασταθεί το παραμορφωμένο ελατήριο με νέο.

δ) Σπάσιμο ελικοειδούς ελατηρίου

Οι ζημιές στα ελικοειδή ελατήρια εί-



Σχ.4.66 Σύστημα οριζοντίωσης αυτοκινήτου με αεροθάλαμο οριζοντίωσης.

ναι τα σπασίματα και η μόνιμη συσπείρωση, η οποία μπορεί να ελεγχθεί αφού αφαιρεθεί το ελατήριο από το όχημα και μετρηθεί το ελεύθερο μήκος του ελατηρίου. Η αντικατάσταση με καινούργιο επιβάλλεται και στην περίπτωση μόνιμης παραμόρφωσής του. Η αφαίρεση του ελικοειδούς ελατηρίου είναι λεπτή εργασία και πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Γενικά, πρέπει να υποστυλωθεί σε κατάλληλη θέση το όχημα και το ελατήριο να συσπειρωθεί με ειδικό εργαλείο. Έτσι, απαλλάσσονται οι βραχίονες (ψαλίδια) από το φορτίο τους και μπορούν να αποσυναρμολογηθούν, ελευθερώνοντας, ταυτόχρονα, και το ελατήριο.

ε) Φθορές και έλεγχος σφαιρικών συνδέσμων

Για τον έλεγχο των σφαιρικών συνδέσμων, υποστυλώνεται το όχημα στο κατάλληλο σημείο, ώστε αυτοί να απαλλαγούν από το φορτίο τους. Όταν λοιπόν ελευθερωθούν οι σφαιρικοί σύνδεσμοι, οι τροχοί κινούνται με το χέρι επάνω-κάτω και εμπρός-πίσω και έτσι ελέγχεται η ελεύθερη κίνησή τους (τζόγος), τόσο αξονικά όσο και πλευρικά, και γίνεται σύγκριση με τα δεδομένα του κατασκευαστή. Εάν οι ανοχές είναι μεγάλες, οι φθαρμένοι σύνδεσμοι αντικαθίστανται με καινούργιους.

στ) Φθορές σε βραχίονες και άξονες

Οι βραχίονες και οι άξονές τους επιθεωρούνται κατά τακτά διαστήματα, για φθορές και στρεβλώσεις. Κατά

την αποσυναρμολόγησή τους, σημειώνεται επακριβώς η θέση και ο αριθμός των παρεμβυσμάτων, που τυχόν υπάρχουν σ'αυτούς.

Βραχίονες και άξονες φθαρμένοι ή στρεβλωμένοι αντικαθίστανται με καινούργιους και δεν επιτρέπεται καμία επισκευή τους ή άλλη επέμβαση.

ζ) Διαρροές ή άλλες βλάβες αποσβεστήρων (αμορτισέρ)

Οι αποσβεστήρες επιθεωρούνται για τυχόν ίχνη διαρροών λαδιού από φθορά τσιμουχών του εμβόλου. Αν συμβαίνει κάτι τέτοιο, ο προβληματικός αποσβεστήρας αντικαθίσταται, όπως επίσης και εκείνος στον οποίο εντοπίζεται θραύση ή φθορά των εσωτερικών μερών του, ενώ καμία επέμβαση δεν επιτρέπεται στο εσωτερικό τους.

Ελέγχεται, επίσης, ο άνω και κάτω ελαστικός δακτύλιος του πείρου σύνδεσής τους και αν βρεθούν φθαρμένοι, αντικαθίστανται γιατί ένας καλός ελαστικός δακτύλιος δεν επιτρέπει την παρουσία καμίας ελεύθερης κίνησης (τζόγου) στον άξονα του αποσβεστήρα.

Ένας πρόχειρος έλεγχος για την κατάσταση του αποσβεστήρα είναι να κινηθεί δυνατά προς τα κάτω το οπίσθιο και το εμπρόσθιο μέρος του αυτοκινήτου και να αφεθεί ελεύθερο απότομα, ώστε να επανέλθει στη θέση του. Το όχημα, εφόσον οι αποσβεστήρες λειτουργούν καλά, δεν πρέπει να κάνει περισσότερες από μία παλινδρομικές κινήσεις, μέχρι την επάνοδο του στη θέση της ακινησίας.

Συντήρηση

α) Συντήρηση ανάρτησης με ημιελλειπτικά ελατήρια

Η συντήρηση της συγκεκριμένης ανάρτησης συνίσταται στη συχνή επιθεώρηση των φύλλων για τυχόν σπάσιμο - ράγισμα ή κάμψη τους και στην περιοδική λίπανση των αρθρώσεων με τους λιπαντήρες (γρασαδόρους) αν υπάρχουν, και πάντα σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Τα ελαστικά χιτώνια (Silent block), που χρησιμοποιούνται, σήμερα, γενικά στους πείρους των αρθρώσεων, δεν χρειάζονται λίπανση.

Η λίπανση μεταξύ των φύλλων των ελατηρίων, συνήθως, δεν είναι αναγκαία, γιατί υπάρχουν αντιτριβικά παρεμβύσματα στο άκρο κάθε φύλλου, έτσι ώστε να διατηρούν μία ελεγχόμενη τριβή, που έχει αποσβεστική επίδραση στις ταλαντώσεις του ελατηρίου. Μερικοί κατασκευαστές όμως, μετά τον καθαρισμό των ελατηρίων, συνιστούν την εξωτερική επάλειψή τους με μίγμα διεισδυτικού λαδιού με γραφίτη, κυρίως για να μη δημιουργούνται θόρυβοι κατά τη συσπείρωση και την επαναφορά του ελατηρίου. Τέλος, κατά διαστήματα πρέπει να ελέγχεται η σύσφιξη των περικοχλίων στα "ζιγκιά" (συνδετήρες μορφής U) και φυσικά όλων των κοχλίων του συστήματος.

β) Συντήρηση ανάρτησης με βραχίονες (ψαλίδια)

Το ελικοειδές ελατήριο, καθώς και η ράβδος στρέψης που έχουν σχέση με τους βραχίονες, δεν επιδέχονται καμία συντήρηση. Το ίδιο και οι σφαιρικοί σύνδεσμοι, εκτός και αν είναι λιπαινόμενου τύπου, οπότε για την λίπανσή τους ακολου-

θούμε τις σχετικές οδηγίες του κατασκευαστή.

4.14. Ανακεφαλαίωση

- Το σύστημα ανάρτησης είναι ένα είδος ελαστικού συνδέσμου, το οποίο συνδέει με ελαστικότητα αλλά και με ασφάλεια τόσο τις αναρτημένες μάζες (αμάξωμα, πλαίσιο, κινητήρας κ.λπ.), όσο και τις μη αναρτημένες (τροχούς κ.λπ.). Έτσι, το όλο σύστημα μεταδίδει από τις πρώτες μάζες στις δεύτερες και αντίστροφα, όλες τις δυνάμεις που δημιουργούνται κατά την κίνηση του οχήματος και, γενικά, τη στατική και δυναμική του κατάσταση, όπως π.χ. δυνάμεις βάρους, αδράνειας, επιτάχυνσης, επιβράδυνσης κ.λπ.).

Επιπλέον, εξασφαλίζει άνεση στους επιβάτες του αυτοκινήτου και ασφάλεια στο φορτίο, περιορίζοντας την καταπόνηση των επι μέρους τμημάτων του οχήματος από τους κραδασμούς και εξασφαλίζοντας, ταυτόχρονα, τη συνεχή επαφή των τροχών με το δρόμο και την ισορροπία του οχήματος κατά την πορεία.

- Τα κύρια μέρη του συστήματος ανάρτησης είναι: Τα ελατήρια, οι αποσβεστήρες ταλαντώσεων (αμορτισέρ), οι σφαιρικοί σύνδεσμοι και τα ελαστικά μέρη των εξαρτημάτων της ανάρτησης.
- Τα ελατήρια που χρησιμοποιούνται για την ανάρτηση, είναι τριών ειδών: α) Ημιελλειπτικά πεπλατυσμένα β) Ελικοειδή και γ) Στρεπτικές ράβδοι.
- Τα ελατήρια σκοπό έχουν, αφενός την

ανάληψη - υποδοχή των στατικών φορτίων του αυτοκινήτου και αφετέρου την απορρόφηση των κραδασμών, που προέρχονται από ανωμαλίες του εδάφους.

- Τα ημιελλειπτικά ελατήρια ανάρτησης, πέρα από το στατικό φορτίο του αυτοκινήτου και την απορρόφηση των κραδασμών, αναλαμβάνουν και τη μετάδοση της δύναμης ώθησης, της δύναμης αντίδρασης και του φρεναρίσματος.
- Τα ελικοειδή ελατήρια αναλαμβάνουν μόνον θλιπτικά φορτία και, ως εκ τούτου, στα συστήματα που διαθέτουν τέτοια ελατήρια χρησιμοποιούνται συγκρατητικοί βραχίονες ή ελκυστήρες για τη μεταφορά των δυνάμεων επιτάχυνσης, των δυνάμεων αντίδρασης και των αντίστοιχων της επιβράδυνσης.
- Τα ελατήρια, με την παρουσία εμποδίων, παρουσιάζουν ταλαντώσεις στο σύστημα, που είναι ενοχλητικές για τους επιβάτες και επιζήμιες για το φορτίο και το αυτοκίνητο. Έτσι χρησιμοποιούνται ειδικά εξαρτήματα για την απόσβεση αυτών των ταλαντώσεων, τα οποία λέγονται αποσβεστήρες ταλαντώσεων ή αμορτισέρ. Ο συννηθισμένος τύπος αμορτισέρ είναι ο υδραυλικός τηλεσκοπικός αποσβεστήρας, ο οποίος χρησιμοποιεί την αντίσταση που παρουσιάζεται, κατά τη διέλευση υγρού (λαδιού) μέσα από μικρή διαμέτρου οπές ή βαλβίδες.
- Οι αναρτήσεις διακρίνονται σε:
 - α) Αναρτήσεις άκαμπτων αξόνων
 - β) Αναρτήσεις ημιάκαμπτων αξόνων και
 - γ) Ανεξάρτητες αναρτήσεις τροχών

Οι αναρτήσεις των άκαμπτων αξόνων χρησιμοποιούνται, κυρίως, σε βαριά αυτοκίνητα (π.χ. φορτηγά κ.λπ.).

Οι ημιάκαμπτοι άξονες τύπου "γέφυρας" ή οι διαμήκεις βραχίονες των τροχών χρησιμοποιούνται σε σύγχρονες κατασκευές μικρών επιβατικών αυτοκινήτων και ενεργούν σαν σταθεροποιητές, ενώ αυξάνουν και την ευστάθεια του αυτοκινήτου, κυρίως, στις στροφές.

Στις ανεξάρτητες αναρτήσεις κάθε τροχός κινείται κατακόρυφα, ανεξάρτητα από τους άλλους, και το αμάξωμα δεν επηρεάζεται από το εμπόδιο που αυτός θα συναντήσει, ενώ ελατώνεται και το βάρος των μη αναρτημένων μαζών, οπότε η ανάρτηση γίνεται περισσότερο αποτελεσματική.

- Οι πρόσθιες ανεξάρτητες αναρτήσεις διαμορφώνονται, είτε με ψαλίδια και ελικοειδή ελατήρια ή στρεπτικές ράβδους, είτε με γόνατα Μακ - Φέρσον και ελικοειδή ελατήρια.
- Οι οπίσθιες ανεξάρτητες αναρτήσεις διαμορφώνονται:
 - α) Με αιωρούμενους βραχίονες και στρεπτικές ράβδους ή ελικοειδή ελατήρια, ή
 - β) Με ημιαιωρούμενους βραχίονες και ελικοειδή ελατήρια, ή
 - γ) Με γόνατα Μακ - Φέρσον, ή
 - δ) Με στρεφόμενη εγκάρσια δοκό και διαμήκεις βραχίονες, ή, τέλος,
 - ε) Με πολλαπλούς βραχίονες.
- Η υδροπνευματική ανάρτηση λειτουργεί με τη βοήθεια λαδιού υπό πίεση και αποταμιευτήρα αερίου αζώτου υψηλής πίεσης και έχει τη δυνατότητα

να αυξομειώνει την ελαστικότητα της ανάρτησης και να διατηρεί το αμάξιμα σε σταθερό ύψος από το έδαφος.

- Τα αεροελατήρια (αερόσουστες) είναι ελαστικοί αερόσακοι που περιέχουν

πεπιεσμένο αέρα και συνδυάζονται με ημιελλειπτικά ελατήρια ή είναι αυτόνομα, πάντα, όμως, με χρήση αμορτισέρ. Χρησιμοποιούνται, κυρίως, σε βαριά οχήματα τα οποία διαθέτουν ε-

4.15 Ερωτήσεις - Ατομική εργασία



1. Ποιον προορισμό έχει το σύστημα ανάρτησης;
2. Πόσα και ποια είδη συστημάτων ανάρτησης χρησιμοποιούνται;
3. Τι επιπλέον προσφέρει η ανεξάρτητη ανάρτηση σε σχέση με την ανάρτηση που έχουν οι άκαμπτοι άξονες;
4. Πόσα είδη ελατηρίων ανάρτησης χρησιμοποιούνται, ποια είναι αυτά και ποιά χρησιμοποιούνται περισσότερο και πού;
5. Περιγράψτε, σύντομα, μία ανάρτηση με ελικοειδές ελατήριο.
6. Περιγράψτε, σύντομα, μία ανάρτηση με γόνατα Μακ - Φέρσον.
7. Περιγράψτε, σύντομα, μία ανάρτηση με ημιελλειπτικό ελατήριο.
8. Πώς διαμορφώνεται η ανάρτηση με στρεπτική ράβδο;
9. Τι είναι ο αποσβεστήρας ταλαντώσεων και πώς λειτουργεί ο αποσβεστήρας τηλεσκοπικού τύπου;
10. Τι ονομάζεται "σταθερά" ενός ημιελλειπτικού και ενός ελικοειδούς ελατηρίου ανάρτησης;

γκατάσταση αεροσυμπιεστή.

- Τα συστήματα ρύθμισης του ύψους του αυτοκινήτου από το έδαφος, καθώς και της αυτόματης οριζοντίωσης, έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν το

ύψος, όπως και στην υδροπνευματική ανάρτηση. Συνδυάζονται δε, συνήθως, με ελικοειδή ελατήρια και αμορτισέρ, όπως επίσης και με αποταμιευτές πεπιεσμένου αερίου αζώτου.

11. Για ποιους λόγους έχει εγκαταλειφθεί πλέον ο ολόσωμος άξονας στα μικρά επιβατικά αυτοκίνητα;
12. Ποιες είναι οι κυριότερες βλάβες και φθορές που παρουσιάζουν τα ελατήρια της ανάρτησης;
13. Τι είναι η υδροπνευματική ανάρτηση και πώς λειτουργεί;
14. Πού χρησιμοποιούνται τα συστήματα αυτόματης οριζοντίωσης των αυτοκινήτων και πώς λειτουργούν;
15. Τι είναι οι σταθεροποιητές και πώς λειτουργούν;
16. Τι είναι τα αεροελατήρια και πώς λειτουργούν;

17. Ατομική εργασία

Να συλλέξετε και να καταγράψετε στο τετράδιό σας πληροφορίες για τον τύπο και τις λεπτομέρειες του συστήματος ανάρτησης, που διαθέτει το οικογενειακό σας αυτοκίνητο ή τα αυτοκίνητα του "εργαστηρίου αυτοκινήτων" του σχολείου σας.