

ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ

- ▶ Μέθοδοι διεύθυνσης
- ▶ Μηχανισμοί διεύθυνσης
- ▶ Σύστημα διεύθυνσης με υδραυλική υποβοήθηση
- ▶ Γεωμετρία του συστήματος διεύθυνσης
- ▶ Βλάβες - Φθορές - Συντήρηση
- ▶ Ανακεφαλαίωση
- ▶ Ερωτήσεις - Ατομική Εργασία



ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ

Επιδιωκόμενοι στόχοι

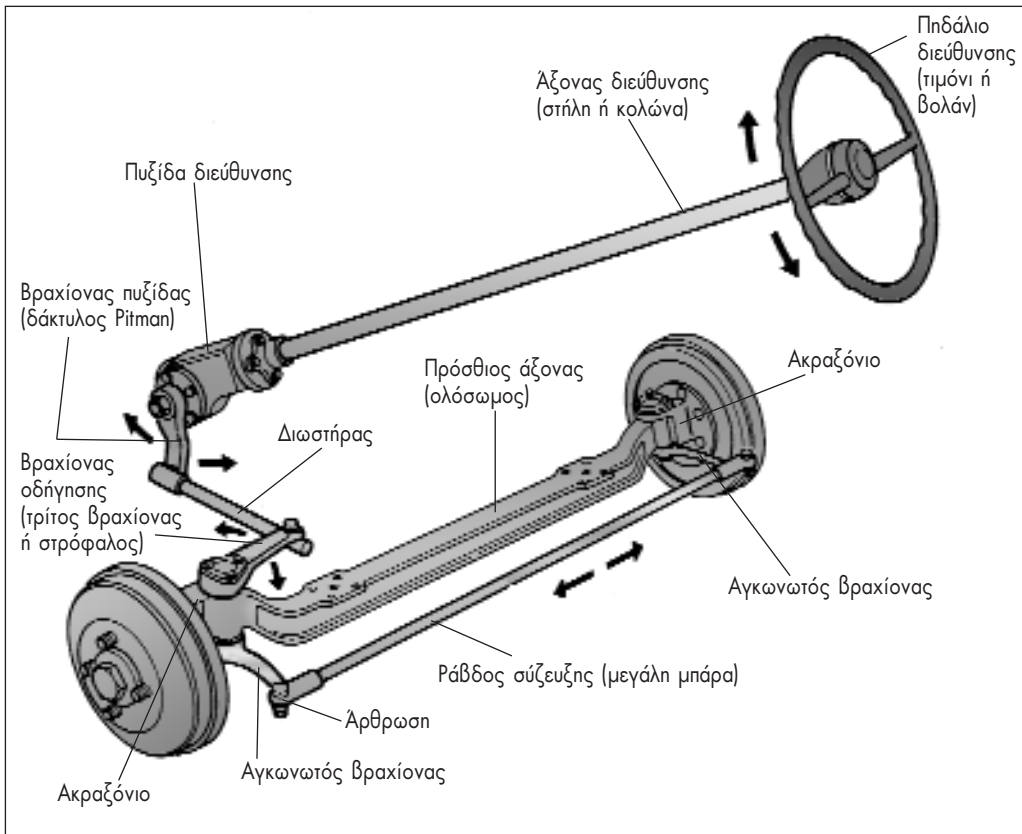
Μετά την προσεκτική μελέτη του κεφαλαίου αυτού, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- Να ορίζουν το σύστημα διεύθυνσης των αυτοκινήτων οχημάτων.
- Να διακρίνουν, με τη βοήθεια εποπτικών μέσων (σχεδίων, μοντέλων, προπλασμάτων, πραγματικών κατασκευών) και να αναφέρουν τα διάφορα είδη των συστημάτων διεύθυνσης, ανάλογα με τη θέση των διεθυντήριων τροχών και την προέλευση της δύναμης κίνησής τους.
- Να αξιολογούν και να περιγράφουν, μέσα από λειτουργικά και κατασκευαστικά σχέδια, τον τρόπο λειτουργίας της πυξίδας διεύθυνσης και της κρεμαγιέρας και να προσδιορίζουν τον τρόπο συνεργασίας των μερών τους.
- Να εξηγούν, με τη βοήθεια εποπτικών μέσων, τη λειτουργία της κινηματικής αλυσίδας μετά από την πυξίδα διεύθυνσης ή την κρεμαγιέρα έως τους τροχούς, κατά περίπτωση.
- Να αξιολογούν τη σημασία ύπαρξης του τετραπλεύρου του Άκερμαν στο σύστημα διεύθυνσης αυτοκινήτων και να εξηγούν τη λειτουργία του.
- Να ορίζουν τις γωνίες Κάμπερ, Κάστερ και λοιπές γωνίες του συστήματος διεύθυνσης, ανάλογα με τις θέσεις των τροχών και να περιγράφουν τις επιδράσεις τους στη λειτουργία του συστήματος.
- Να αναφέρουν τα μέρη και να περιγράφουν, με τη βοήθεια εποπτικών μέσων, τη λειτουργία του συστήματος διεύθυνσης με υδραυλική υποβοήθηση.
- Να μπορούν να συσχετίζουν τις βλάβες του συστήματος διεύθυνσης με τα πιθανά αίτια που τις προκαλούν.
- Να ακολουθούν τους τρόπους συντήρησης των συστημάτων διεύθυνσης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές των κατασκευαστών.

3.1. Γενικά

Το σύστημα διεύθυνσης είναι ένα συγκρότημα μηχανισμών, με το οποίο ο οδηγός κατευθύνει το αυτοκίνητο, όπου επιθυμεί, ανάλογα με τις συνθήκες που του παρουσιάζονται.

Η ενέργεια αυτή γίνεται με δύναμη που καταβάλλεται από τον οδηγό για την περιστροφή του τιμονιού, με αποτέλεσμα, και με τη συνεργασία των υπολοίπων μερών του συστήματος, να πετυχαίνεται η αλλαγή προσανατολισμού κατεύθυν-



Σχ.3.1 Σχηματική παράσταση τυπικού συστήματος διεύθυνσης με ολόσωμο πρόσθιο άξονα.

σης των πρόσθιων τροχών και, τελικά, η ίδια η πορεία του αυτοκινήτου.

Κύρια μέρη συστήματος

Ένα τυπικό σύστημα διεύθυνσης, το οποίο χρησιμοποιείται σε βαριά οχήματα (φορτηγά - λεωφορεία) που διαθέτουν ολόσωμο πρόσθιο άξονα, (Σχ.3.1) περιλαμβάνει:

- Το πηδάλιο (τιμόνι)
- Τον άξονα μεταφοράς της κίνησης στην πυξίδα (άξονας διεύθυνσης)
- Την πυξίδα διεύθυνσης (ενδιάμεσος

μηχανισμός συστήματος)

- Την κινηματική αλυσίδα (βραχίονες - ράβδοι), που συνδέει την πυξίδα διεύθυνσης με τους πρόσθιους διεθυντήριους τροχούς.

3.2. Μέθοδοι διεύθυνσης

Ανάλογα με τη θέση των διευθυντήριων τροχών, τα συστήματα διεύθυνσης διακρίνονται σε:

- α) Συστήματα διεύθυνσης με διευθυντήριους τροχούς τους πρόσθιους.

- β) Συστήματα διεύθυνσης με διευθυντήριους τροχούς τους οπίσθιους, συστήματα όμως, με περιορισμένη εφαρμογή και χρήση σε ειδικά μόνον οχήματα (π.χ. κλάρκ).
- γ) Συστήματα διεύθυνσης με διευθυντήριους και τους τέσσερις τροχούς, τα οποία έχουν αρχίσει ήδη να εφαρμόζονται, προοδευτικά, σε ορισμένα επιβατικά αυτοκίνητα.

Ανάλογα με την προέλευση της δύναμης που καταβάλλεται για την περιστροφή του τιμονιού, τα διάφορα είδη συστημάτων διεύθυνσης διακρίνονται σε:

- α) Χειροκίνητα συστήματα διεύθυνσης. Εδώ, η δύναμη (ροπή στρέψης-ενέργεια) για την κίνηση της κατεύθυνσης των πρόσθιων τροχών προέρχεται από τη δύναμη που καταβάλλει ο οδηγός, αφού πολλαπλασιαστεί με μηχανικό τρόπο από τον ενδιάμεσο μηχανισμό του συστήματος (πυξίδα διεύθυνσης ή κρεμαγιέρα).
- β) Συστήματα διεύθυνσης με υποβοήθηση. Στην περίπτωση αυτή, εκτός από τη δύναμη-ενέργεια που καταβάλλει ο οδηγός, συμμετέχει (βοηθά) και πρόσθετη δύναμη (ενέργεια), που μπορεί να είναι μηχανική, ηλεκτρική, υδραυλική, πνευματική ή συνδυασμός των παραπάνω.
- γ) Συστήματα διεύθυνσης με ανεξάρτητη ενέργεια. Στα συγκεκριμένα συστήματα, η δύναμη (ενέργεια) καταβάλλεται από ξένη ανεξάρτητη πηγή και μπορεί να είναι μηχανική, ηλεκτρική, υ-

δραυλική, πνευματική ή και συνδυασμός αυτών.

- δ) Συστήματα διεύθυνσης για ρυμουλκούμενο όχημα.

Εδώ, η δύναμη (ενέργεια) για την αλλαγή κατεύθυνσης των τροχών καταβάλλεται από την έλξη του ρυμουλκού οχήματος.

3.3. Μηχανισμοί διεύθυνσης

Περιγραφή συστήματος με πρόσθιο ολόσωμο άξονα

Στο Σχ. 3.1 φαίνεται, παραστατικά, η διάταξη των κομματιών που συνθέτουν το σύνολο ενός συστήματος διεύθυνσης με ολόσωμο πρόσθιο άξονα, που χρησιμοποιείται, σήμερα, σε βαριά οχήματα. Έτσι:

- Το πηδάλιο (τιμόνι ή βολάν) είναι ένας τροχός επενδυμένος, συνήθως, με πλαστικό ή ελαστικό υλικό. Το πηδάλιο αυτό χειρίζεται ο οδηγός για να κατευθύνει το όχημα προς τα δεξιά (εάν το περιστρέψει δεξιόστροφα, σύμφωνα δηλαδή με την κίνηση των δεικτών του ρολογιού), ή προς τα αριστερά (εάν το περιστρέψει αριστερόστροφα).
- Το τιμόνι συνδέεται στον άξονα διεύθυνσης με πολύσφηνο και περικόχλιο. Ο άξονας διεύθυνσης (στήλη ή κολώνα διεύθυνσης), είτε είναι ολόσωμος και συμπαγής (Σχ.3.1), είτε, σε άλλες περιπτώσεις, παρουσιάζεται σπαστός για λόγους ασφάλειας του οδηγού σε περίπτωση σύγκρουσης του οχήματος (Σχ.3.1δ).
- Στο κάτω άκρο του άξονα διεύθυνσης που, ως σημειωθεί, βρίσκεται μέσα

στο κιβώτιο του συγκροτήματος της πυξίδας διεύθυνσης, είναι προσαρμοσμένος ένας ατέρμονας κοχλίας (Σχ.3.2), στον οποίο, κατά κανόνα, εμπλέκεται ένας τομέας οδοντωτού τροχού. Στον άξονα του οδοντωτού αυτού τομέα είναι προσαρμοσμένος ο βραχίονας της πυξίδας ("δάκτυλος" ή "βραχίονας Pitman").

- Η πυξίδα διεύθυνσης έχει σκοπό να μειώνει τον αριθμό των στροφών που διαγράφει ("παίρνει") το τιμόνι και να μεταδίδει τμήμα μόνον της στροφής στην έξοδό της, ενώ, ταυτόχρονα, έχει την ικανότητα να πολλαπλασιάζει τη ροπή στρέψης που εφαρμόζει με τα χέρια του ο οδηγός στο τιμόνι, ώστε να παράγεται τέτοια τελική ροπή που εύκολα μπορεί να στρίψει τους διευθυντήριους τροχούς.

Έτσι, η περιστροφή του τιμονιού μετατρέπεται σε κίνηση του βραχίονα της πυξίδας (δάκτυλου). Ο δάκτυλος (βλ. και Σχ.3.1) συνδέεται με τον διωστήρα (μικρή μπάρα), που είναι ένας βραχίονας έλξης-ώθησης, ενώ το άλλο άκρο του διωστήρα συνδέεται με τον βραχίονα οδήγησης (τρίτο βραχίονα ή στρόφαλο). Ο στρόφαλος, εδώ, είναι συναρμολογημένος με το αριστερό ακραζόνιο, πάνω στο οποίο είναι προσαρμοσμένο το συγκρότημα του αριστερού τροχού [(βλ. και Σχ.2.26(γ))].

Στη συνέχεια, η κίνηση μεταφέρεται από το κάτω μέρος του αριστερού ακραζονίου, που έχει ενσωματωμένο, συνήθως, τον αριστερό αγκωνωτό βραχίονα, γνωστό και ως αγκωνωτό βραχίονα διεύθυνσης τροχού. Ο αριστερός αυτός αγκωνωτός βραχίονας συνδέεται, μέσω άρθρωσης, με το αριστερό άκρο της ρά-

βδου σύζευξης (μπάρας ή μεγάλης μπάρας) και η κίνηση μεταφέρεται από το δεξιό άκρο της ράβδου σύζευξης στον δεξιό αγκωνωτό βραχίονα, ο οποίος είναι ενσωματωμένος στο δεξιό ακραζόνιο, πάνω στο οποίο είναι προσαρμοσμένο το συγκρότημα του δεξιού τροχού.

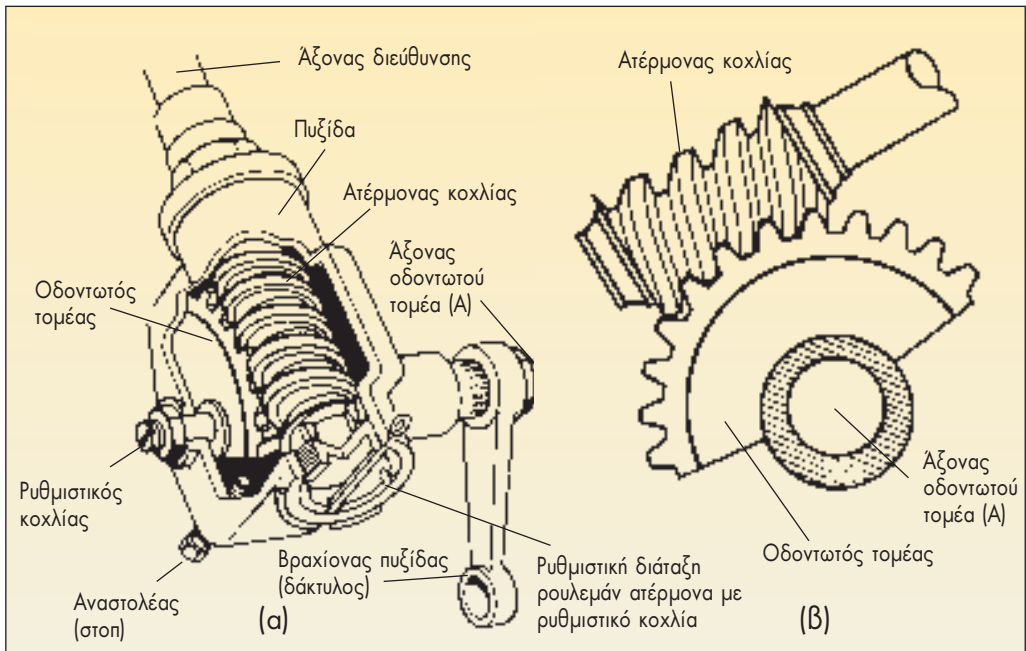
Έτσι, με τον τρόπο αυτό στρέφονται, ταυτόχρονα, ο αριστερός και ο δεξιός πρόσθιος τροχός, στις κατάλληλες, όμως, γωνίες κάθε φορά, έτσι ώστε, μέσω των αρθρώσεων του τετραπλεύρου του Άκερμαν (Ackermann) - όπως θα δούμε παρακάτω - όταν το αυτοκίνητο κινείται σε καμπύλη τροχιά (στροφή), οι πρόσθιοι διευθυντήριοι τροχοί να κυλούν στο κατάστρωμα του δρόμου, χωρίς να ολισθαίνουν.

Είδη μηχανισμών διεύθυνσης

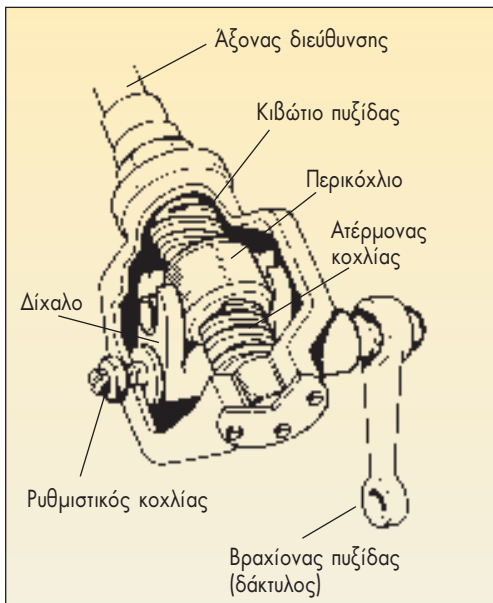
1. Πυξίδα διεύθυνσης με ατέρμονα κοχλία και οδοντωτό τομέα. (Σχ.3.2)

Ο ατέρμονας κοχλίας, ο οποίος εδράζεται στο κιβώτιο της πυξίδας, μέσω δύο κωνικών ή αζονικών ρουλεμάν, συνεργάζεται με οδοντωτό τομέα, που είναι τμήμα οδοντωτού τροχού. Ο άξονας-φορέας του οδοντωτού τομέα βγαίνει έξω από το κιβώτιο της πυξίδας και με "αρσενικό" πολύσφηνο που διαθέτει, συνδέεται με τον βραχίονα της πυξίδας (δάκτυλο). Έτσι, περιστρεφόμενος ο ατέρμονας κοχλίας από το τιμόνι, μετακινεί τον οδοντωτό τομέα και εκείνος με τη σειρά του στρέφει τον άξονα του τομέα, πάνω στον οποίο είναι προσαρμοσμένος ο βραχίονας της πυξίδας (δάκτυλος).

Θα πρέπει να αναφερθεί εδώ, ότι ρυθμίζεται η προένταση (προφόρτωση) των δύο κωνικών, συνήθως, ρουλεμάν του ατέρμονα με ειδική ρυθμιστική διάταξη,



Σχ.3.2 Πυξίδα διεύθυνσης με ατέρμονα κοχλία και οδοντωτό τομέα



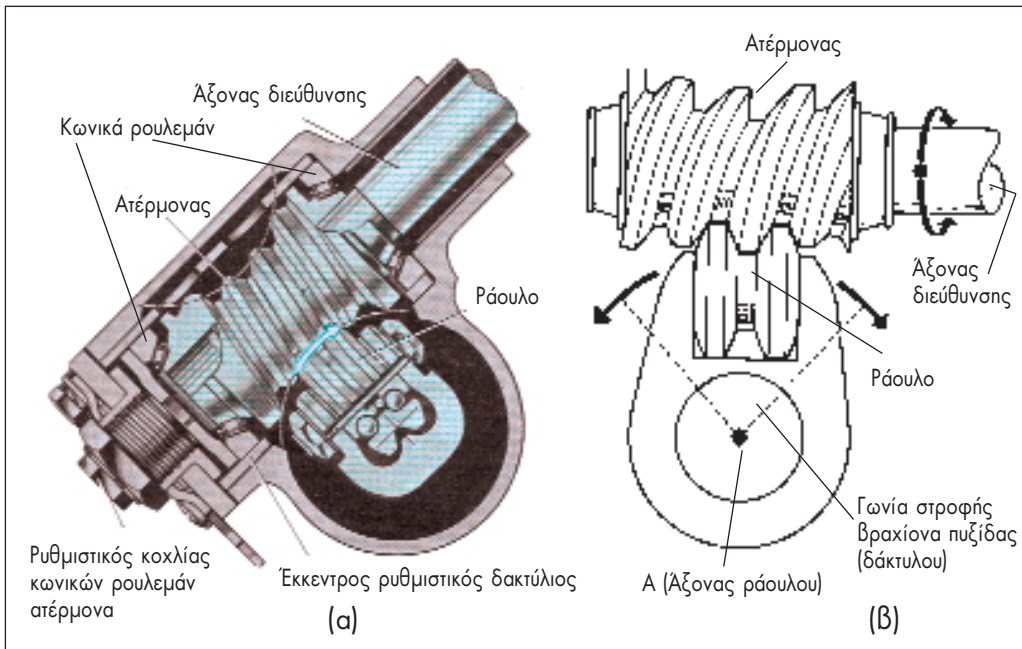
Σχ.3.3 Πυξίδα διεύθυνσης με ατέρμονα κοχλία κίνησης και περικόχλιο

με παρεμβολή, δηλαδή, παχυμετρικών ελασμάτων ή με ρυθμιστικό κοχλία. Επίσης, τέτοια διάταξη με ρυθμιστικό κοχλία υπάρχει και για τη ρύθμιση της θέσης του οδοντωτού τομέα, με σκοπό τη σωστή συνεργασία του με τον ατέρμονα κοχλία.

Ο όλος μηχανισμός, που φιλοξενείται στο στεγανό κιβώτιο της πυξίδας, λιπαίνεται με ειδικό λιπαντικό λάδι (βαλβολίνη).

2. Πυξίδα διεύθυνσης με ατέρμονα κοχλία κίνησης και περικόχλιο. (Σχ.3.3)

Εδώ, τον ειδικό κοχλία κίνησης (ατέρμονα) "αγκαλιάζει" ένα περικόχλιο, το οποίο, εξωτερικά και αντιδιαμετρικά, έχει δύο πείρους με τους οποίους συνεργάζονται, αντίστοιχα, δύο δίχαλα, που είναι ενσωματωμένα στον άξονα που συ-



Σχ.3.4 Πυξίδα διεύθυνσης με ατέρμονα κοχλία και ράουλο

νεργάζεται με τον βραχίονα της πυξίδας (δάκτυλο).

Και εδώ υπάρχουν ρυθμιστικές διατάξεις των κωνικών ή αξονικών ρουλεμάν του ατέρμονα κοχλία κίνησης αφενός, και της θέσης των διχάλων, αφετέρου.

3. Πυξίδα διεύθυνσης με ατέρμονα κοχλία και ράουλο. (Σχ.3.4)

Στην περίπτωση αυτή, το ράουλο παίζει το ρόλο του οδοντωτού τομέα, στην προέκταση του οποίου (ράουλου) υπάρχει ο γνωστός άξονας με το αρσενικό πολύσφηνο και επάνω του ο βραχίονας της πυξίδας (δάκτυλος).

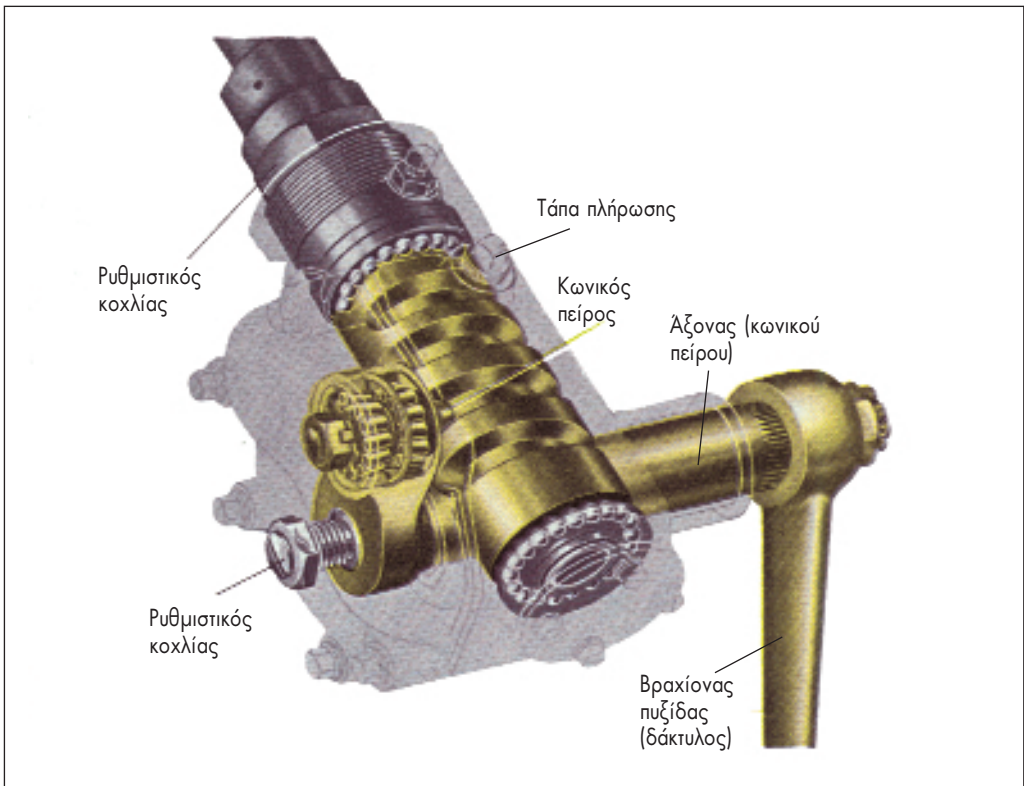
Και εδώ, επίσης, υπάρχουν ρυθμιστικές διατάξεις, είτε από παχυμετρικά ελάσματα, είτε από ρυθμιστικό κοχλία, για τη ρύθμιση της προέντασης των κωνικών ή

αξονικών ρουλεμάν του ατέρμονα, καθώς και άλλη ρυθμιστική διάταξη από κοχλία, για τη ρύθμιση της θέσης του ράουλου, όσον αφορά τη σωστή εμπλοκή του με τον ατέρμονα.

4. Πυξίδα διεύθυνσης με ατέρμονα κοχλία και πείρο. (Σχ.3.5)

Εδώ, αντί οδοντωτού τομέα στις τραπεζοειδείς αυλακώσεις του ατέρμονα, εισχωρούν, ανάλογα με την κατασκευή, ένας ή δύο σκληροί χαλύβδινοι κωνικοί πείροι. Έτσι, το σώμα των πείρων μαζί με τον άξονα στρέφουν τον βραχίονα της πυξίδας (δάκτυλο).

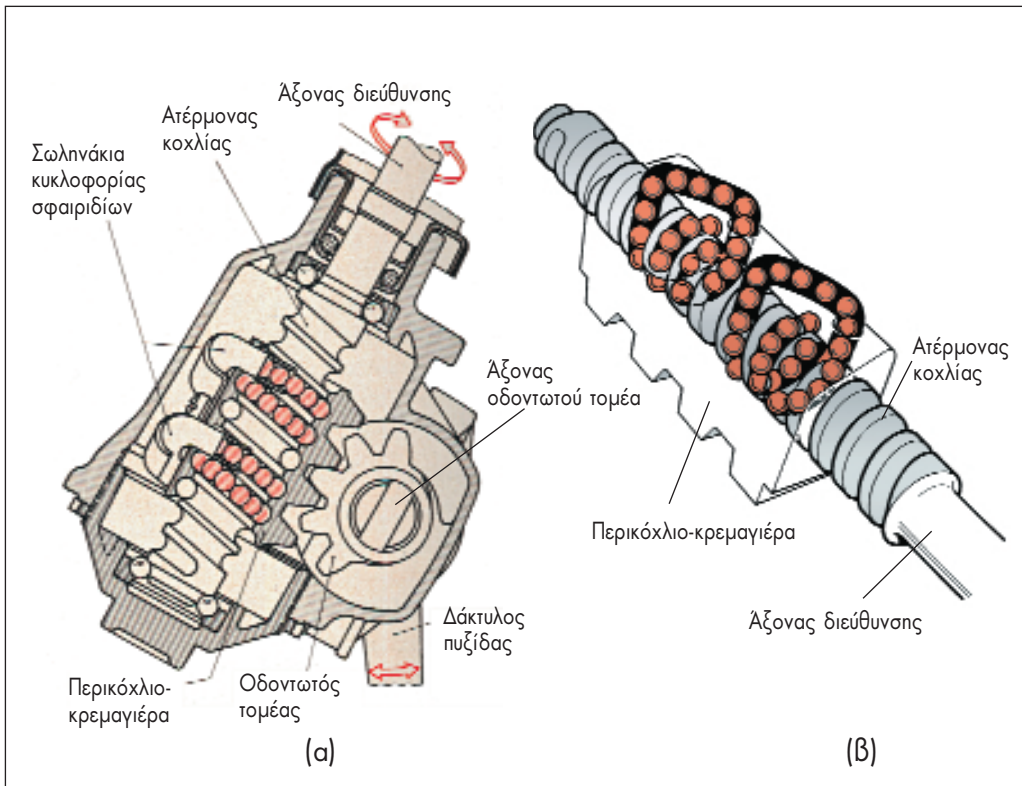
5. Πυξίδα διεύθυνσης με ατέρμονα κοχλία και ανακυκλούμενα σφαιρίδια [Σχ.3.6(a)].



Σχ.3.5 Πυξίδα διεύθυνσης με ατέρμονα κοχλία και πείρο

Στην περίπτωση αυτή, έχουμε ειδικής κατασκευής ατέρμονα κοχλία, με κατατομή (προφίλ) ημικυκλικής μορφής. Τον συγκεκριμένο αυτόν ατέρμονα "αγκαλιάζει" ένα ειδικό περικόχλιο, το σπείρωμα του οποίου, εσωτερικά, έχει ημικυκλική μορφή όμοια με εκείνη του ατέρμονα. Έτσι, μεταξύ ατέρμονα και ειδικού περικοχλίου δημιουργούνται, πλέον, αυλοί, όπου παρεμβάλλονται δύο, συνήθως, σύνολα ανακυκλούμενων χαλύβδινων σφαιριδίων με διάμετρο αντίστοιχη της διαμέτρου των αυλών [Σχ.3.6(β)]. Η όλη κατασκευή προσφέρει σημαντική ελάττωση της αντίστασης τριβής μεταξύ ατέρμονα

κοχλία και ειδικού περικοχλίου, με άμεσο επακόλουθο τη μεγάλη ευκολία περιστροφής του τιμονιού από τον οδηγό. Το ειδικό αυτό περικόχλιο, εξωτερικά, είναι διαμορφωμένο από τη μία πλευρά του σε οδοντωτό κανόνα (κρεμαγιέρα), για την εμπλοκή του με τον οδοντωτό τομέα της πυξίδας. Έτσι, προκύπτει η μετατροπή της ευθύγραμμης κίνησης του περικοχλίου, - και κατ' επέκταση και του οδοντωτού κανόνα του (κρεμαγιέρας) - σε περιστροφή, πλέον, του οδοντωτού τομέα, ο οποίος μέσω του άξονά του στρέφει τον βραχίονα της πυξίδας (δάκτυλο).

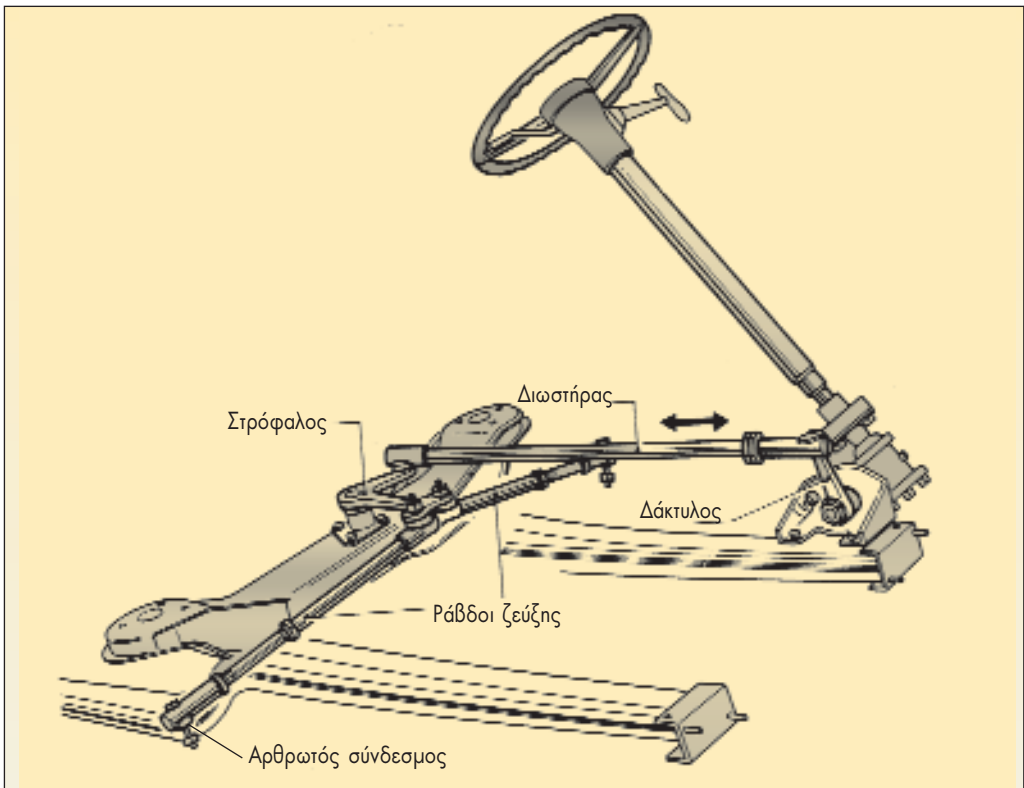


Σχ.3.6 Πυξίδα διεύθυνσης με ατέρμονα κοχλία και ανακυκλούμενα σφαιρίδια

Κινηματική αλυσίδα σε πρόσθια ανεξάρτητη ανάρτηση

Όπως είπαμε παραπάνω, μόνο στα βαριά οχήματα υπάρχει ολόσωμος πρόσθιος άξονας. Στην περίπτωση, μάλιστα, που χρησιμοποιείται ανεξάρτητη ανάρτηση, οπότε οι δύο πρόσθιοι τροχοί μπορούν να κινηθούν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο και σε αντίθετες κατευθύνσεις, τότε τα ακραζόνια των τροχών στηρίζονται στο πλαίσιο ή στο αυτοφερόμενο αμάξωμα με αρθρωτούς βραχίονες, δηλαδή με ψαλίδια ή άλλη διάταξη (βλέπε αναρτήσεις - (Σχ.4.41)).

Στην περίπτωση, όμως, που χρησιμοποιείται η γνωστή πυξίδα διεύθυνσης, τότε η κίνηση από τον βραχίονα της πυξίδας (δάκτυλο) (Σχ.3.7) μεταφέρεται στον διωστήρα και, μέσω του στροφάλου, σε δύο ράβδους ζεύξης (μπάρες) δεξιά-αριστερά, οι οποίες συνδέονται με το στρόφαλο με αρθρωτούς συνδέσμους και καταλήγουν, μέσω άλλων αρθρωτών συνδέσμων, στους αγκωνωτούς βραχίονες των τροχών, οι οποίοι όμως δεν φαίνονται στο συγκεκριμένο σχήμα. Ο κάθε αγκωνωτός βραχίονας του τροχού στρέφει, τελικά, το ακραζόνιο, επάνω στο οποίο στηρίζεται ο τροχός.

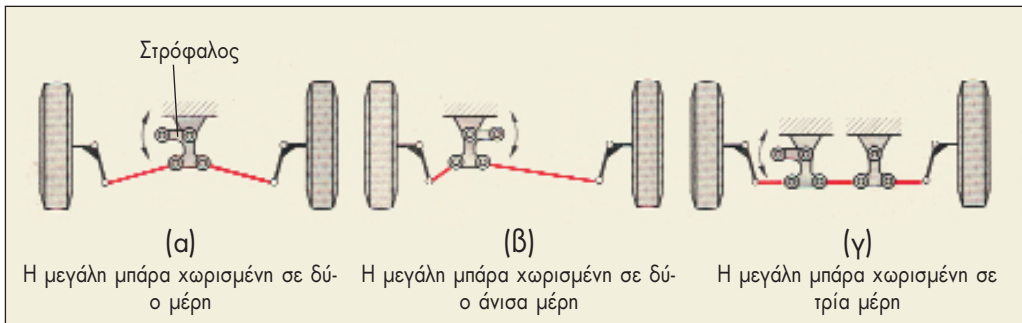


Σχ.3.7 Σύστημα διεύθυνσης με πυξίδα διεύθυνσης σε αυτοκίνητο με ανεξάρτητη ανάρτηση.

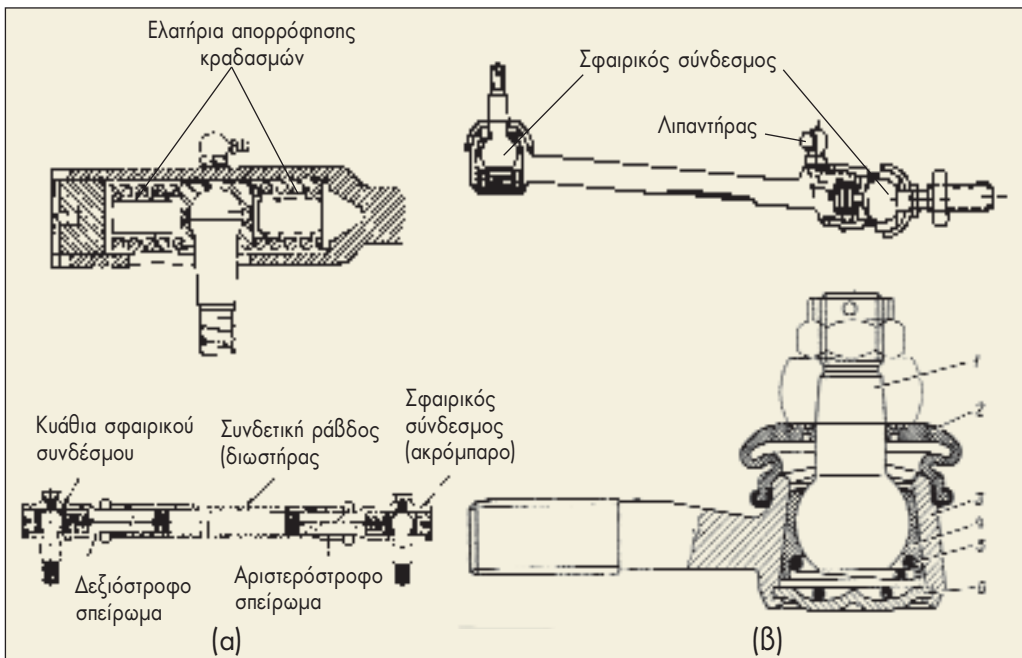
Πάντως, η κινηματική αλυσίδα μετάδοσης της κίνησης από τον βραχίονα της πυξίδας (δάκτυλο) μέχρι τους αγκωνωτούς βραχίονες των τροχών οι οποίοι και στρέφουν, τελικά, τους τροχούς - έχει ποικιλία μορφών. Ειδικότερα, η ράβδος ζεύξης (μπάρα) (Σχ.3.8), λόγω της εγκάρσιας θέσης που παίρνει στο όχημα, υφίσταται καταπονήσεις όταν είναι ενιαία. Έτσι, μπορεί να χωρίζεται σε δύο ίσα μέρη (α), σε δύο άνισα μέρη (β), ή ακόμη και σε τρία μέρη (γ), ανάλογα και με τον τύπο της ανάρτησης που χρησιμοποιεί το όχημα.

Γενικά, οι ράβδοι ζεύξης και ο διωστή-

ρας [(Σχ.3.9(α))] έχουν ρυθμιζόμενο μήκος και συνδέονται στους αντίστοιχους βραχίονες με σφαιρικούς συνδέσμους [(Σχ.3.9(β))] οι οποίοι επιτρέπουν γωνιακές αλλαγές προς όλες τις κατευθύνσεις για να εξασφαλίζεται, έτσι, η απαραίτητη ευκαμψία του συστήματος. Θα πρέπει να επισημάνουμε εδώ, ότι το σύστημα διεύθυνσης πέρα από το βασικό προορισμό της διεύθυνσης του οχήματος, έχει να αντιμετωπίσει και τους κραδασμούς από τις ανωμαλίες του δρόμου. Ο διωστήρας π.χ., είναι έτσι κατασκευασμένος, ώστε τα άκρα του να διαθέτουν διατάξεις με παρεμβολή ελατηρίων, που θα παρέχουν τη



Σχ.3.8 Διάφορες μορφές ράβδου ζεύξης συστημάτων διεύθυνσης



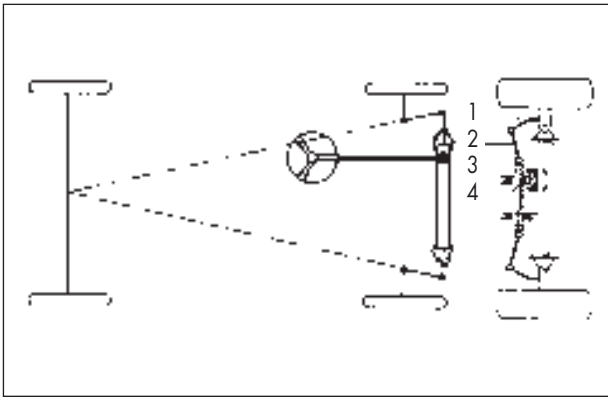
Σχ. 3.9 Συνδετικοί ράβδοι και σφαιρικοί σύνδεσμοι

(α) Συνδετική ράβδος. (β) Σφαιρικός σύνδεσμος (ακρόμπαρο) :

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

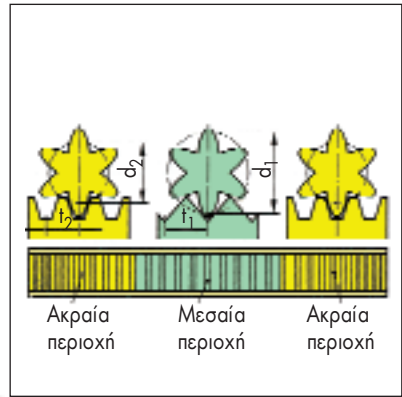
δυνατότητα απορρόφησης των κραδασμών, οπότε αυτοί δεν θα φθάνουν στο τιμόνι, γεγονός που θα έχει ευεργετικές

συνέπειες τόσο στην άνεση του οδηγού, όσο και στην μη καταπόνηση της όλης διάταξης.



Σχ.3.10 Άμεση μετάδοση κίνησης από το τιμόνι στους τροχούς με κρεμαγιέρα

1. Αγκωνιώδης βραχίονας οδήγησης. 2. Ημίμπαρο. 3. Οδοντωτός κανόνας. 4. Πνίνιον.



Σχ.3.11 Οδοντωτός κανόνας κρεμαγιέρας με διαφοροποιημένο βήμα στο μέσον και στα άκρα του.

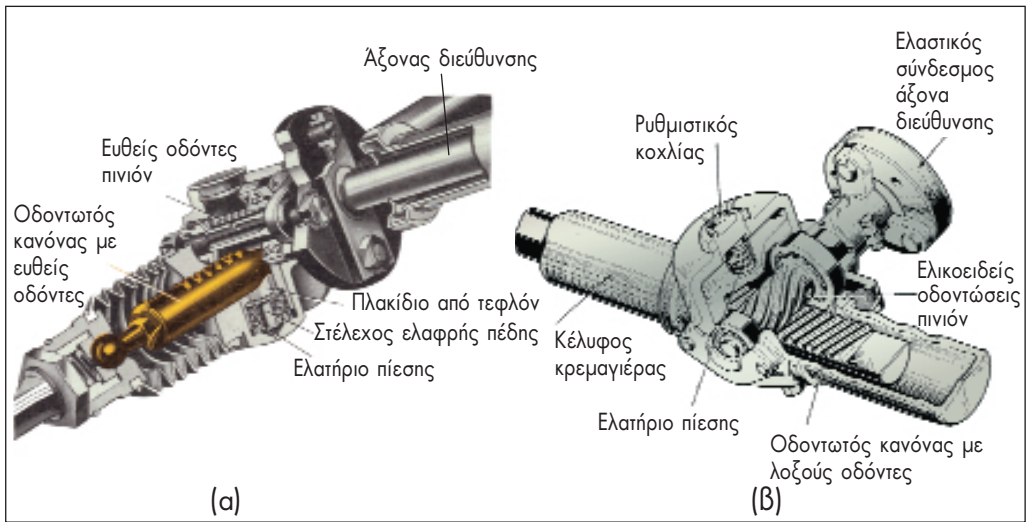
6. Μηχανισμός διεύθυνσης με οδοντωτό τροχό και οδοντωτό κανόνα (κρεμαγιέρα)

Η διάταξη αυτή χρησιμοποιήθηκε, αρχικά, σε μικρά επιβατικά αυτοκίνητα με μπροστινή κίνηση, ενώ τελευταία χρησιμοποιείται, σχεδόν, σε όλα τα επιβατικά μικρά αυτοκίνητα, ανεξάρτητα από την μορφή της κίνησής τους (εμπρός ή πίσω), αφού προσφέρει ένα αμεσότερο τρόπο μετάδοσης της κίνησης από το τιμόνι στους τροχούς, λόγω της απλής σχετικά κατασκευής της αλλά και της ακρίβειας που παρέχει στη διεύθυνση του αυτοκινήτου. Στο Σχ.3.10 φαίνεται μία σχηματική παράσταση ενός τέτοιου συστήματος διεύθυνσης με κρεμαγιέρα.

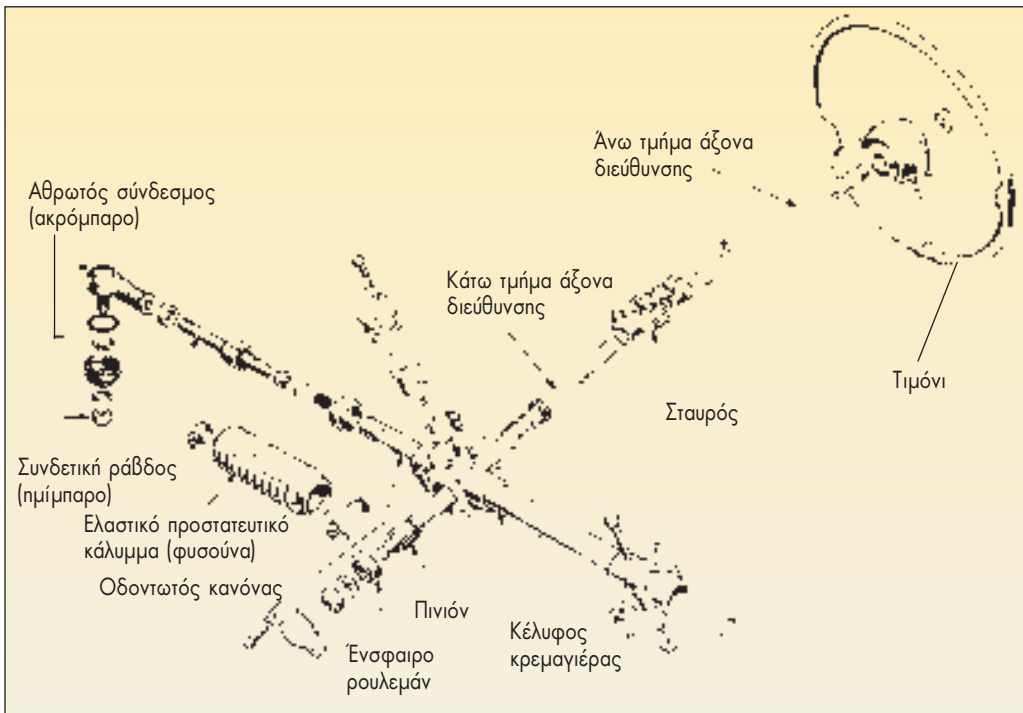
Επίσης, στο Σχ.3.12 παρουσιάζεται μια κρεμαγιέρα, όπου η κίνηση από τον άξονα διεύθυνσης καταλήγει σε ένα τροχό με ευθείς ή ελικοειδείς οδόντες (πνινόν). Αυτό το τελευταίο (πνινόν) εμπλέκεται στη συνέχεια με έναν οδοντωτό κανόνα, ο

οποίος μπορεί να διαθέτει ευθείς ή ελικοειδείς οδόντες, αντίστοιχα. Το βήμα του οδοντωτού κανόνα είναι δυνατόν να διαφοροποιηθεί (Σχ.3.11) και να γίνει μεγαλύτερο στις μεσαίες περιοχές του κανόνα από ό,τι στα άκρα. Έτσι, στην περιοχή μικρών αποκλίσεων των τροχών επενεργεί αμεσότερα, ενώ, ταυτόχρονα, σε μεγάλες αποκλίσεις - κατά τη διαδικασία λ.χ. του παρκκαρίσματος - παρέχει, λόγω του μικρότερου βήματος, μικρότερη καταβολή δύναμης εκ μέρους του οδηγού. Ο οδοντωτός κανόνας συνδέεται με συνδετικές ράβδους (ημίμπαρο), όπου στα άκρα τους υπάρχουν τα ακρόμπαρο, τα οποία διαθέτουν αρθρωτούς συνδέσμους για τη σύνδεσή τους με τους αγκωνωτούς βραχίονες των τροχών.

Στο Σχ.3.13 φαίνεται το όλο σύστημα της κρεμαγιέρας μέχρι τα ακρόμπαρο. Τα ακρόμπαρο των ημιμπαρών συνδέονται, δεξιά και αριστερά, με τους αγκωνωτούς βραχίονες των ακραζονίων.



Σχ.3.12 Συστήματα κρεμαγιέρας με ατέρμονα κοχλία (πινιόν) (α) με ευθείς και (β) ελικοειδείς οδόντες



Σχ.3.13 Τυπική γενική διάταξη κρεμαγιέρας

3.4 Σύστημα διεύθυνσης με υδραυλική υποβοήθηση.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η κίνηση από το τιμόνι μέχρι τον άξονα (Α) του οδοντωτού τομέα (Σχ.3.2) ή του άξονα (Α) του ράουλου (Σχ.3.14) με μηχανισμό πυξίδας και στη συνέχεια με κατάλληλη μετάδοση μέσω μοχλών και αρθρώσεων της κινηματικής αλυσίδας, υποβιβάζεται σε στροφές, υποπολλαπλασιάζεται δηλαδή, με συνολική σχέση μετάδοσης στα μεν μικρά επιβατικά από 1/10 έως 1/20, στα δε βαριά οχήματα από 1/25 μέχρι 1/40. Αυτό, βέβαια, έχει το πλεονέκτημα ότι ο οδηγός εφαρμόζει μικρή δύναμη στο τιμόνι, ενώ η δύναμη που στρέφει τον τροχό είναι μεγάλη. Ο οδηγός, δηλαδή, με μικρή δύναμη περιστροφής του τιμονιού και με αντίστοιχη μικρή ροπή περιστροφής του άξονα του τιμονιού, μεταδίδει πολύ μεγαλύτερη ροπή περιστροφής στον άξονα περιστροφής (Α) του οδοντωτού τομέα ή του ράουλου. Στη συνέχεια, μέσω της κινηματικής αλυσίδας (δάκτυλος - διωστήρας - στρόφαλος) (Σχ.3.14) η κίνηση φθάνει στο ακραζόνιο Γ, το οποίο μετακινείται, εκτελώντας τμήμα στροφής γύρω από τον πείρο Δ. Η συνολική σχέση μετάδοσης 1/25 έως 1/40 που αναφέρθηκε παραπάνω, πετυχαίνεται, κατά ένα μέρος, από την πυξίδα και, κατά το υπόλοιπο, από την κινηματική αλυσίδα, δηλαδή, από τη σχέση μπκών και αντίστοιχων διαδρομών των κινητηρίων και κινούμενων μοχλών. Παρόλα αυτά, όταν πρόκειται για όχημα βαρύ και κινούμενο με μικρές ταχύτητες, ή όχημα που κάνει επιτόπιους ελιγμούς, και γενικά για αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν φαρδιά ελαστικά ή ελαστικά με πίεση μικρότερη από την κανο-

νική, η δύναμη που πρέπει να καταβάλλει ο οδηγός είναι πολύ μεγάλη, οπότε η πολύωρη οδήγηση και μάλιστα σε δρόμους με συνεχείς στροφές, γίνεται κοπιαστική.

Τη στιγμή του φρεναρίσματος εμφανίζονται, επίσης, ισχυρές αντιδράσεις στους διεθυντήριους τροχούς, που και αυτές καταπονούν σοβαρά τον οδηγό.

Έτσι, για να υποβοηθήσουν τον οδηγό σε πιο άνετη και λιγότερο κοπιώδη οδήγηση, αλλά και σε καλύτερο "κράτημα" δρόμου, τα βαριά οχήματα, σε περίπτωση εκτροπής τους, - εξαιτίας ξεφουσκώματος ή σκασίματος ενός ελαστικού, - έχουν εφοδιασθεί, κατά κανόνα, με υδραυλικά συστήματα υποβοήθησης της διεύθυνσης. Η χρήση, όμως, των συστημάτων αυτών, λόγω της ανετότερης οδήγησης, έχει επεκταθεί και σε πολλά μικρότερα επιβατηγά αυτοκίνητα, δεδομένου ότι η άνεση οδήγησης σε συνδυασμό με την ακρίβεια των χειρισμών και την ασφάλεια, αποτελούν βασικές προτεραιότητες για τους κατασκευαστές αυτοκινήτων.

Η υδραυλική υποβοήθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε σύστημα με πυξίδα διεύθυνσης, όσο και σε αντίστοιχο με κρεμαγιέρα. Κατά γενικό κανόνα, ένα σύστημα διεύθυνσης με υδραυλική υποβοήθηση, όπως αυτό του Σχ.3.14, που παρουσιάζει παραστατικά υδραυλική υποβοήθηση του συστήματος διεύθυνσης με πυξίδα, αποτελείται από :

- Μία δεξαμενή τροφοδοσίας τοποθετημένη, συνήθως, στο χώρο του κινητήρα.
- Μία, συνήθως περυγιοφόρο υδραυλική αντλία υψηλής πίεσης που παίρνει κίνηση από τον κινητήρα.



- 179

νομής είναι συνδεδεμένη στην προέκταση του άξονα του τιμονιού. Στην περίπτωση αυτή, φαίνεται να παίρνει κίνηση η συγκεκριμένη βαλβίδα από τον ατέρμονα κοχλία, μέσω ειδικού κοχλία (Κ), που συνεργάζεται με τον ατέρμονα και ανάλογα με τη θέση που έχει "ο σύρτης" του συστήματος διανομής της βαλβίδας, στέλνεται λάδι με πίεση στον κύλινδρο χειρισμών διπλής ενέργειας και στην κατάλληλη, κάθε φορά, πλευρά του εμβόλου. Έτσι, το έμβολο και, κατέπεκταση, το βάκτρο του μπορεί να κινηθεί προς την αντίστοιχη, κάθε φορά, κατεύθυνση. Το Σχ. 3.14 παρουσιάζει το σύστημα με τους εμπρόσθιους τροχούς σε ευθεία πορεία του αυτοκινήτου, οπότε το λάδι που καταθλίβει η αντλία, δεν περνά από το σύρτη της ελεγκτικής βαλβίδας διανομής, αλλά πιέζει την ανακουφιστική βαλβίδα της αντλίας και επιστρέφει πάλι στη δεξαμενή λαδιού. Η βαλβίδα αυτή, σε κάθε περίπτωση, διατηρεί την πίεση στο σύστημα σε μία μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή.

Επισημαίνεται, επίσης, ότι το βάκτρο του εμβόλου συνδέεται με τον διωστήρα του συστήματος οδήγησης σε όχημα με πρόσθιο ολόσωμο άξονα, όπου ο διωστήρας, στη συνέχεια, συνδέεται με τον στρόφαλο για να φθάσει, τελικά, η κίνηση στους τροχούς.

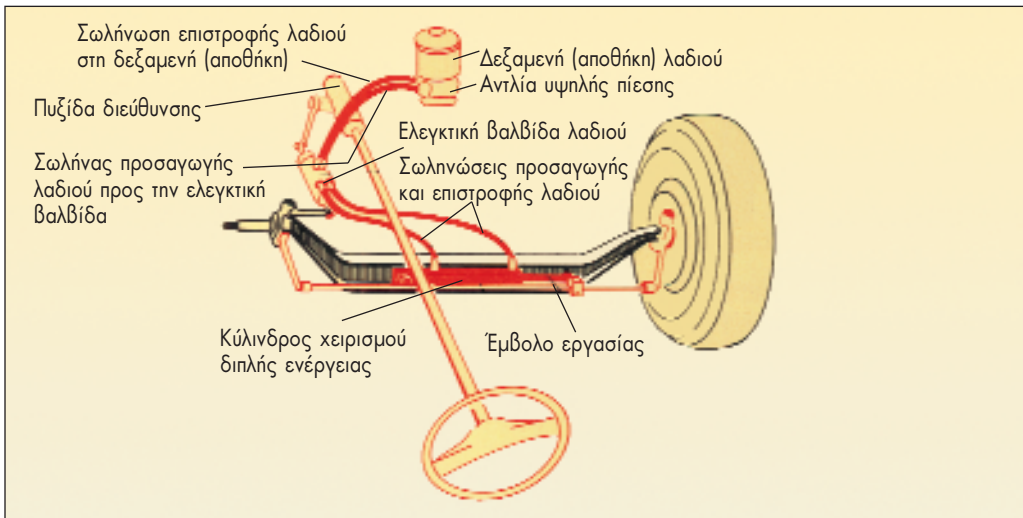
Συγκεκριμένα, εάν το τιμόνι και, ως εκ τούτου, και ο άξονας διεύθυνσής του (κολώνα), περιστραφούν δεξιόστροφα από τη θέση του οδηγού, ο σύρτης της ελεγκτικής βαλβίδας έλκεται προς το μέρος της πυξίδας, μέσω του κοχλία κίνησής του (Κ). Τότε, το λάδι από την αντλία καταθλίβεται στο χώρο της ελεγκτικής βαλβίδας και από εκεί, μέσω

της σωλήνωσης προσαγωγής για δεξιά στροφή, φθάνει στον αντίστοιχο χώρο του κυλίνδρου χειρισμών διπλής ενέργειας (χώρος 1 του Σχ. 3.14).

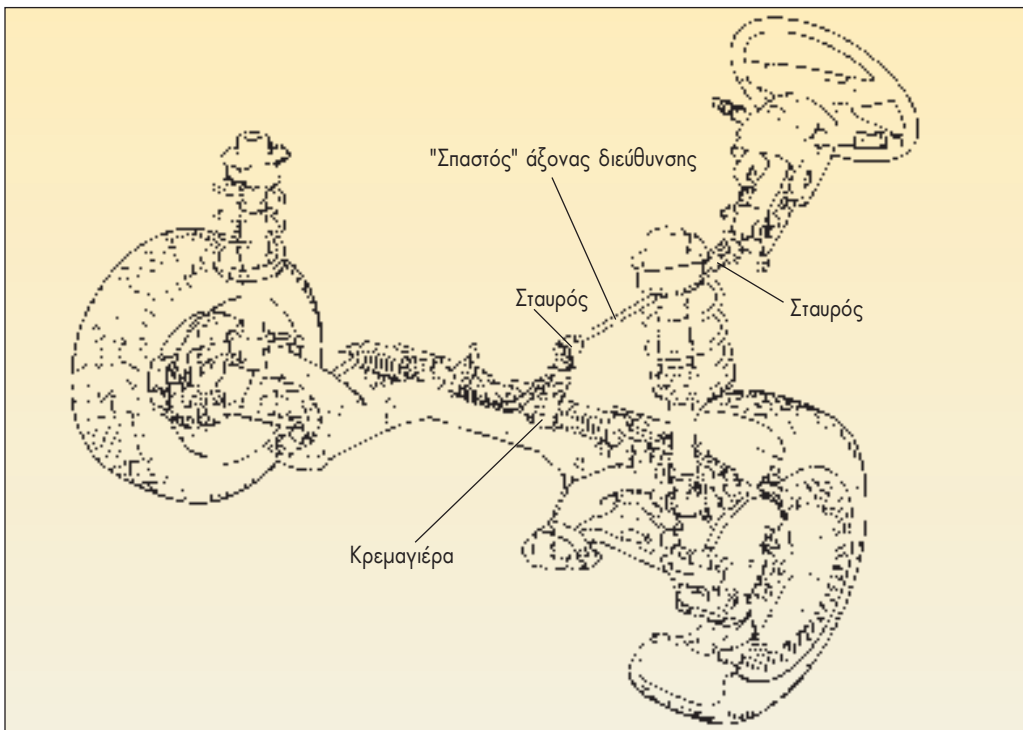
Έτσι, πιέζεται το έμβολο "εργασίας" προς τα δεξιά και, βέβαια, μέσω του βάκτρου του εμβόλου, κινείται ο στρόφαλος, με τελικό αποτέλεσμα η κίνηση να φθάνει στο ακραζόνιο (Γ) του δεξιού τροχού - στην περίπτωση του παραδείγματός μας - και ο τροχός να στρέφεται προς τα δεξιά. Βέβαια, από τον αγκωνωτό βραχίονα του δεξιού τροχού η κίνηση μεταφέρεται, ταυτόχρονα, κατά τα γνωστά, μέσω της ράβδου ζεύξης και στον αριστερό τροχό, ο οποίος στρέφεται και εκείνος προς τα δεξιά.

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι η υδραυλική υποβοήθηση λειτουργεί μόνον, εφόσον λειτουργεί και ο κινητήρας του αυτοκινήτου, αφού όπως είναι γνωστό, η αντλία του συστήματος παίρνει, μέσω ιμάντα, κίνηση από την τροχαλία του στροφαλοφόρου άξονα του κινητήρα.

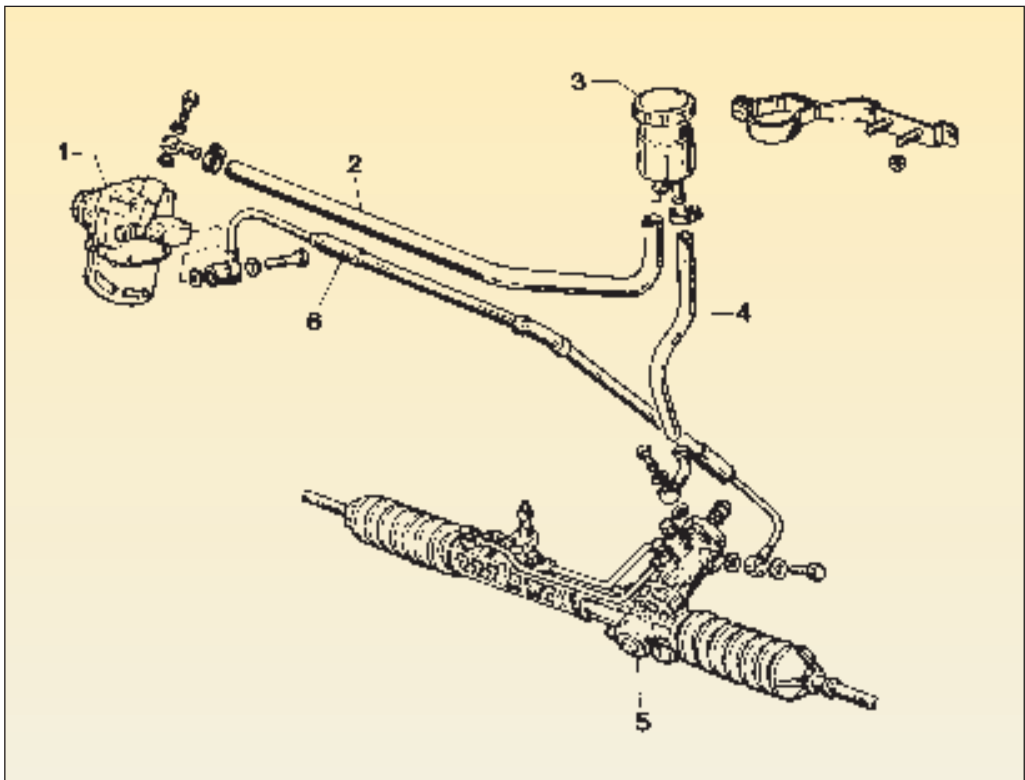
Το σύστημα μεταξύ αγωγού προσαγωγής και αγωγού επιστροφής της αντλίας έχει ειδική βαλβίδα που αν, για οποιονδήποτε λόγο, δεν λειτουργεί η αντλία, επιτρέπει την ελεύθερη κυκλοφορία του υγρού μεταξύ του δεξιού και του αριστερού μέρους του κυλίνδρου χειρισμών διπλής ενέργειας. Έτσι, σε περίπτωση ανάγκης, όπως φαίνεται και στο Σχ.3.14, το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει και χωρίς υποβοήθηση, δηλαδή σαν απλό μηχανικό σύστημα πυξίδας ατέρμονα κοχλία-ράουλου που κινείται, πλέον, μόνο με τη δύναμη του οδηγού, η οποία βέβαια είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη υδραυλική υποβοήθηση, για το ίδιο αποτέλεσμα.



Σχ.3.15 Μετάδοση της κίνησης με υδραυλική υποβοήθηση συστήματος διεύθυνσης με πυξίδα



Σχ.3.16 Γενική διάταξη συστήματος διεύθυνσης κρεμαγιέρας και υδραυλικής υποβοήθησης σε μικρό επιβατικό όχημα με "σπαστό" άξονα διεύθυνσης.



Σχ. 3.17 Τα επιμέρους κομμάτια που, αποτελούν το σύστημα υδραυλικής υποβοήθησης κρεμαγιέρας:
1. Αντλία. 2. Σωλήνωση αναρρόφησης λαδιού στην αντλία. 3. Δεξαμενή λαδιού. 4. Σωλήνωση επιστροφής λαδιού στη δεξαμενή. 5. Υδραυλική κρεμαγιέρα. 6. Σωλήνωση κατάθλιψης λαδιού με πίεση από την αντλία προς τη βαλβίδα διανομής (ελεγκτική βαλβίδα).

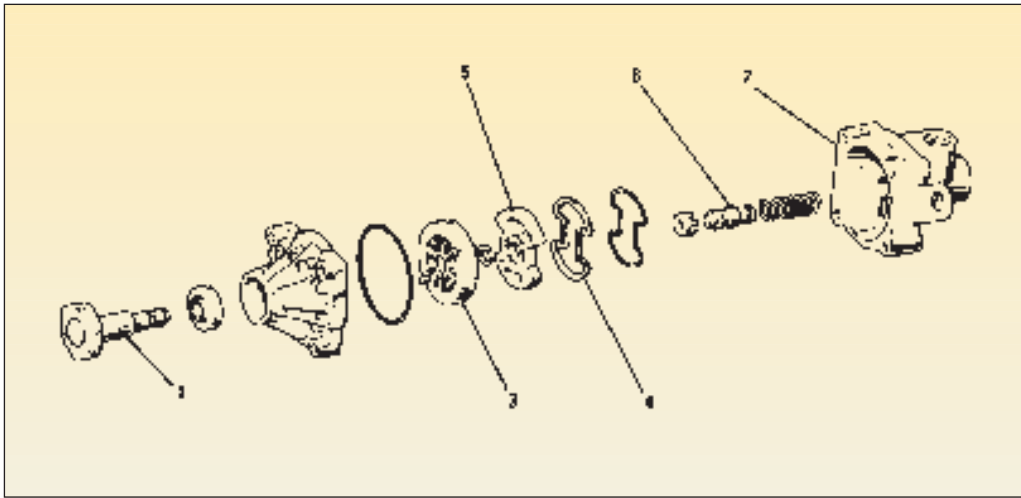
Στο Σχ. 3.15 παρουσιάζεται μία ολοκληρωμένη εικόνα της προηγούμενης διάταξης υδραυλικής υποβοήθησης συστήματος διεύθυνσης με πυξίδα.

Στο Σχ. 3.16 φαίνεται μία γενική διάταξη συστήματος διεύθυνσης κρεμαγιέρας με υδραυλική υποβοήθηση σε μικρό επιβατηγό όχημα, ενώ στο Σχ. 3.17 τα επιμέρους κομμάτια που αποτελούν το σύστημα.

Στο Σχ. 3.18 παρουσιάζονται λεπτομέρειες από τα διάφορα μέρη της "περυ-

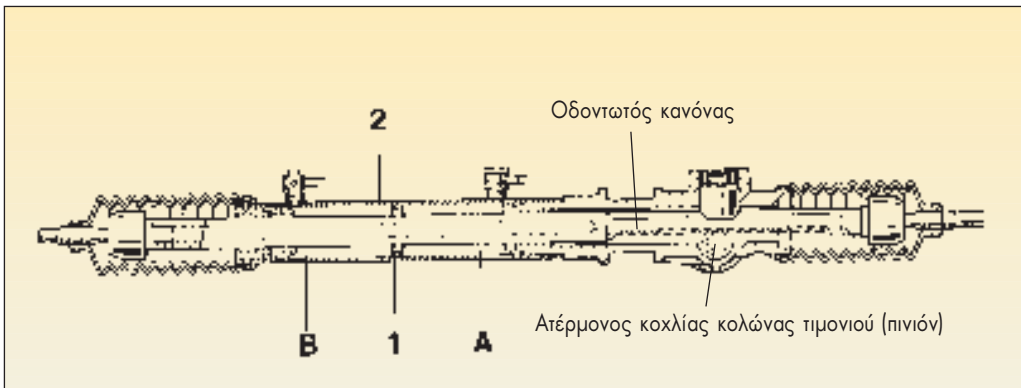
γιοφόρας αντλίας" του συστήματος. Ο κατασκευαστής, ενδέχεται, να συνιστά τόσο για τον μηχανισμό του υδραυλικού τιμονιού, όσο και για την περυγιοφόρο αντλία, να μην ανοίγονται σε περίπτωση ανάγκης επισκευής, αλλά να αποστέλλονται στο εργοστάσιο κατασκευής για εξασφάλιση απόλυτα αξιόπιστης αποκατάστασης της βλάβης.

Στο Σχ.3.19 φαίνεται μία λεπτομερής διαμήκης τομή της κρεμαγιέρας με υδραυλική υποβοήθηση, όπου διακρίνονται οι χώροι (Α) και (Β) του κυλίνδρου



Σχ.3.18 Επιμέρους τμήματα της περυγιοφόρου αντλίας υψηλής πίεσης συστήματος διεύθυνσης υδραυλικής υποβοήθησης:

1. Άξονας. 2. Σώμα αντλίας. 3. Ρότορας με περύγια. 4. Φλάντζα. 5. Πλευρικό στήριγμα ρότορα. 6. Βαλβίδα ρύθμισης.

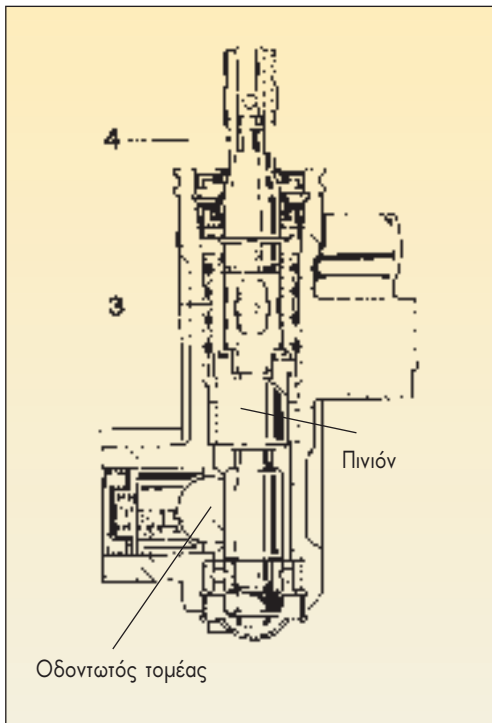


Σχ. 3.19 Διαμήκης τομή κρεμαγιέρας με υδραυλική υποβοήθηση.

χειρισμών (2), όπως επίσης και το έμβολο διπλής ενέργειας (1).

Στο Σχ. 3.20 φαίνεται, πάλι σε λεπτομέρεια, η βαλβίδα διανομής της παραπάνω κρεμαγιέρας με υδραυλική υποβοήθηση.

Η αντλία (1) του συστήματος που παρουσιάστηκε παραπάνω (Σχ.3.17), παίρνει κίνηση από τον κινητήρα με ιμάντα και είναι σε θέση να δώσει μία μεταβλητή πίεση τροφοδοσίας από 3,5 bar στην "ουδέτερη" θέση, μέχρι μία μέγιστη



Σχ.3.20 Βαλβίδα διανομής (ελεγκτική βαλβίδα) κρεμαγιέρας συστήματος υδραυλικής υποβοήθησης.

πίεση 85 bar στη θέση "τερματισμού τιμονιού".

Ολόκληρος ο μηχανισμός του υδραυλικού τιμονιού είναι παρόμοιος με τον αντίστοιχο μιας απλής κρεμαγιέρας, και διαφέρει, μόνον, στα εξής:

- α) Μέσα στην κρεμαγιέρα είναι διαμορφωμένος ο κύλινδρος χειρισμών διπλής ενέργειας (2) (Σχ.3.19) και
- β) Στην προέκταση του ατέρμονα κοχλίας της κρεμαγιέρας (πινιόν) βρίσκεται η βαλβίδα διανομής (3) (Σχ.3.20) με τους σχετικούς αγωγούς, η οποία ελέγχεται (παίρνει κίνηση) από το σημείο (4) που βρί-

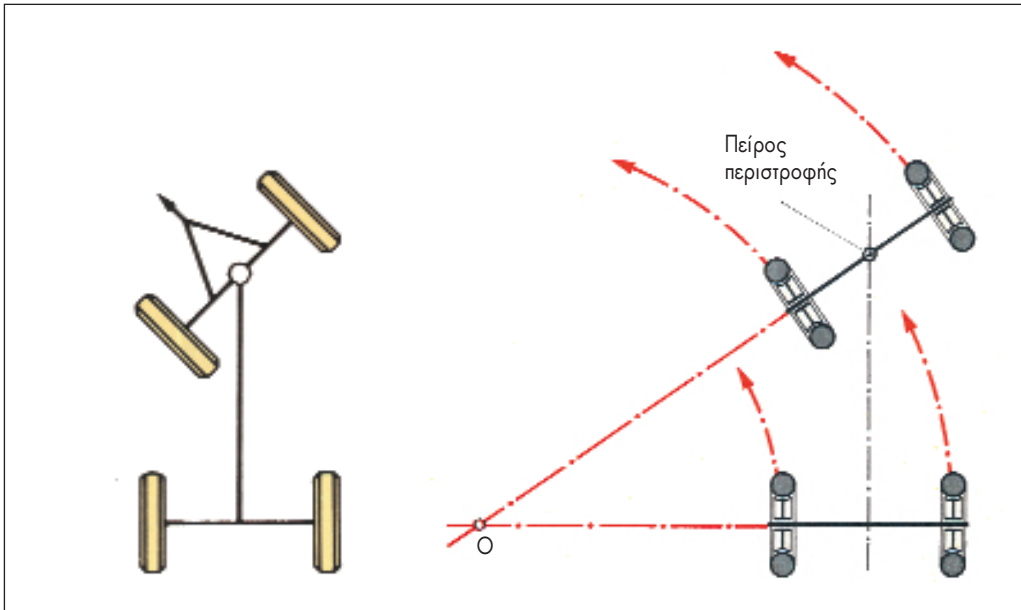
σκεται στην προέκταση του πινιόν και, βέβαια, του άξονα διεύθυνσης του τιμονιού. Έτσι, η πίεση του λαδιού, ανάλογα με τη θέση του τιμονιού, ενεργεί στους χώρους (Α) ή (Β) αντίστοιχα, δηλαδή από την αριστερή ή δεξιά πλευρά του εμβόλου διπλής ενέργειας (Σχ.3.19) και παράγει την υδραυλική υποβοήθηση. Η υποβοήθηση αυτή ενεργεί προσθετικά στη δύναμη που μεταφέρει, μηχανικά, το πινιόν στον οδοντωτό κανόνα.

3.5. Γεωμετρία του συστήματος διεύθυνσης

Τα πρώτα συστήματα οδήγησης αυτοκινήτων επηρεασμένα προφανώς, από τις ιππήλατες άμαξες, λειτουργούσαν με περιστροφή ολόκληρου του πρόσθιου άξονα γύρω από έναν πείρο, που βρισκόταν στο μέσο αυτού του άξονα. Το σύστημα, δηλαδή, αυτό ήταν περίπου αντίστοιχο με εκείνο που διαθέτει σήμερα ένα ρυμουλκούμενο όχημα δύο αξόνων (Σχ.3.21).

Και είναι μεν ένα σύστημα πολύ απλό, έχει, όμως, και σοβαρά μειονεκτήματα, το κυριότερο από τα οποία είναι το ότι μειώνει σημαντικά τη βάση στήριξης του οχήματος και, κατά συνέπεια, την ευστάθειά του και μάλιστα τη στιγμή που, λόγω φυγοκεντρικών δυνάμεων οι οποίες αναπτύσσονται στις στροφές, χρειάζεται τη μεγαλύτερη δυνατή ευστάθεια. Αυτός είναι ο λόγος, που πολύ πριν εμφανισθούν τα αυτοκίνητα, είχαν κάνει την εμφάνισή τους συστήματα διεύθυνσης ιππήλατων αμαζών με περιστροφή των ακραζονιών τους.

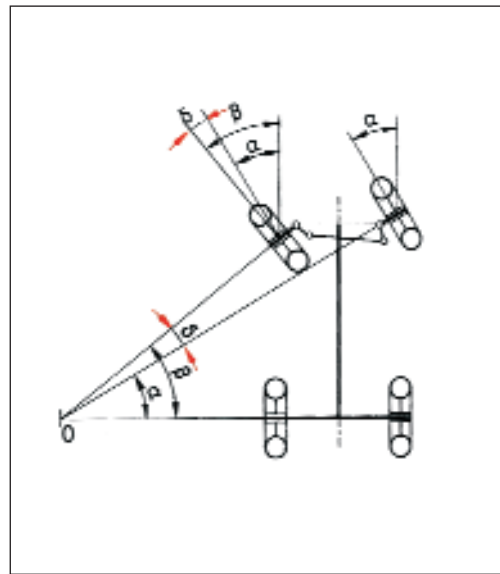
Για να στρέφει και να κυλίνεται ομαλά,



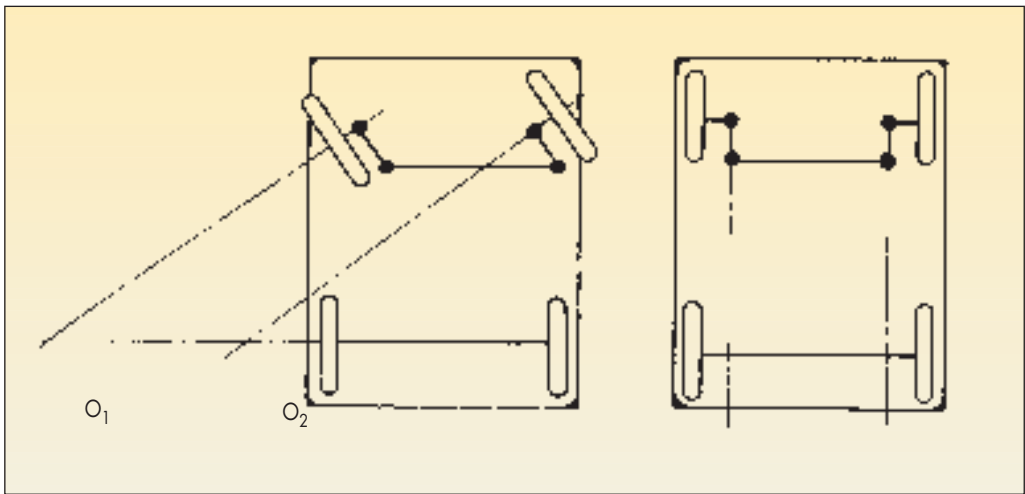
Σχ.3.21 Διεύθυνση με στροφή που πρόσθιου άξονα γύρω από ένα πείρο.

σαν ένα σύνολο, ένα όχημα χωρίς να εμφανίζονται τριβές ολίσθησης στα σημεία επαφής των τροχών με το οδόστρωμα, θα πρέπει οι προεκτάσεις των αξόνων και των τεσσάρων τροχών του να περνούν από ένα σημείο O , που αποτελεί το "κέντρο στροφής" του οχήματος (Σχ.3.22). Επειδή δε ο άξονας των οπίσθιων τροχών είναι σταθερός, είναι φανερό, ότι το σημείο O θα βρίσκεται στην προέκταση του οπίσθιου άξονα, οπότε οι τροχιές των τεσσάρων τροχών είναι ομόκεντρες.

Αναλυτικότερα, αν επρόκειτο το όχημα να διαγράψει τμήμα κύκλου, το σημείο O θα ήταν σταθερό μέχρι το τέλος της στροφής. Επειδή, όμως, η καμπύλη που διαγράφει είναι τυχαία, το σημείο O κινείται και αυτό και διαγράφει καμπύλη. Έτσι, σε κάθε στιγμή κίνησης και σε κά-



Σχ.3.22 Στροφή του αυτοκινήτου προς τα αριστερά με ομόκεντρες τροχιές των τεσσάρων τροχών του.



Σχ.3.23 Παράλληλοι διεθυντήριιοι τροχοί.

θε σημείο της τροχιάς, αντιστοιχεί ένα ακόμα σημείο O (το "στιγμιαίο κέντρο στροφής").

Στο σύστημα στροφής του άξονα γύρω από ένα πείρο (Σχ. 3.21), η συνθήκη σύμφωνα με την οποία πρέπει να "περάσουν" οι προεκτάσεις των τροχών από το στιγμιαίο κέντρο στροφής O , είναι δυνατή από μόνη της. Στα συστήματα, όμως, με περιστροφή των ακραζονίων, αν οι διεθυντήριιοι τροχοί είναι παράλληλοι, τη στιγμή της στροφής η συνθήκη με βάση την οποία πρέπει να υπάρξει ένα μόνον κέντρο στροφής, δεν είναι δυνατή (Σχ.3.23) (O_1 και O_2).

Έτσι, αν οι τροχοί είναι παράλληλοι, τη στιγμή της στροφής θα υπάρξει, πέρα από την κύλισή τους πάνω στο δρόμο, και μία φυσιολογική τροχιά τους, που ουσιαστικά θα δημιουργεί πλαγιολίσθηση, με αποτέλεσμα οι τροχοί να σύρονται επάνω στο δρόμο.

Επιβάλλεται, ως εκ τούτου, η κατασκευή

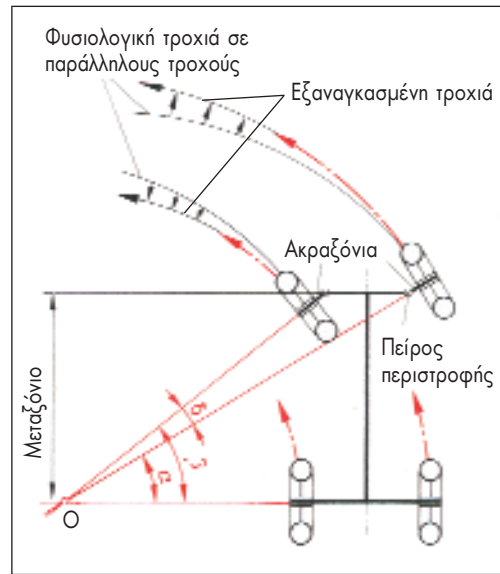
ενός μηχανισμού, που κατά την ώρα της στροφής να εκτρέπει τους πρόσθιους τροχούς από την παραλληλότητα, δηλαδή να "καταστρέφει" την παραλληλότητα, και με κατάλληλες γωνίες, που θα παίρνουν κάθε φορά οι πρόσθιοι τροχοί, να έχουμε κοινό κέντρο περιστροφής. Δηλαδή, η γωνία β (Σχ.3.22), που σχηματίζεται από τον άξονα του πρόσθιου εσωτερικού (αριστερού) τροχού με την προέκταση του οπίσθιου άξονα, να είναι μεγαλύτερη από τη γωνία α , που σχηματίζεται από τον άξονα του πρόσθιου εξωτερικού (δεξιού) τροχού με την προέκταση του οπίσθιου άξονα. Σημειώνεται, ότι η διαφορά των δύο γωνιών είναι $\delta = \beta - \alpha$.

Ένας τέτοιος μηχανισμός είναι το τετράπλευρο του Ackermann ('Ακερμαν), ενώ στο Σχ. 3.24 παρουσιάζεται η φυσική τάση που έχουν οι τροχοί να αποκλίνουν από την εξαναγκασμένη τροχιά που δημιουργεί το τετράπλευρο αυτό.

3.5.1 Το τετράπλευρο οδήγησης ή τετράπλευρο του Ackermann (Άκερμαν)

Ας εξετάσουμε ένα απλό σύστημα διεύθυνσης με πρόσθιο ολόσωμο άξονα (Σχ.3.1). Παρατηρούμε στο σύστημα αυτό, ότι ο πρόσθιος ολόσωμος άξονας ή οτιδήποτε άλλο τον αντικαθιστά όταν αυτός δεν υπάρχει - ανάλογα, βέβαια, με το σύστημα ανάρτησης - καταλήγει σε δύο γόμφους [Σχ.3.25(α)] ή δίχαλα [Σχ.3.25(β)], στα οποία αρθρώνονται, με ένα σχεδόν κατακόρυφο πείρο, τα δύο ακραζόνια, επάνω στα οποία προσαρμίζονται οι διεθυντήριοι τροχοί. Αν, όπως είδαμε στον ολόσωμο πρόσθιο άξονα, στραφεί το ένα ακραζόνιο μαζί με τον αγκωνωτό βραχίονα του τροχού, μέσω της ράβδου ζεύξης, θα ακολουθήσει και το άλλο ακραζόνιο [βλ. και Σχ.3.26(γ)].

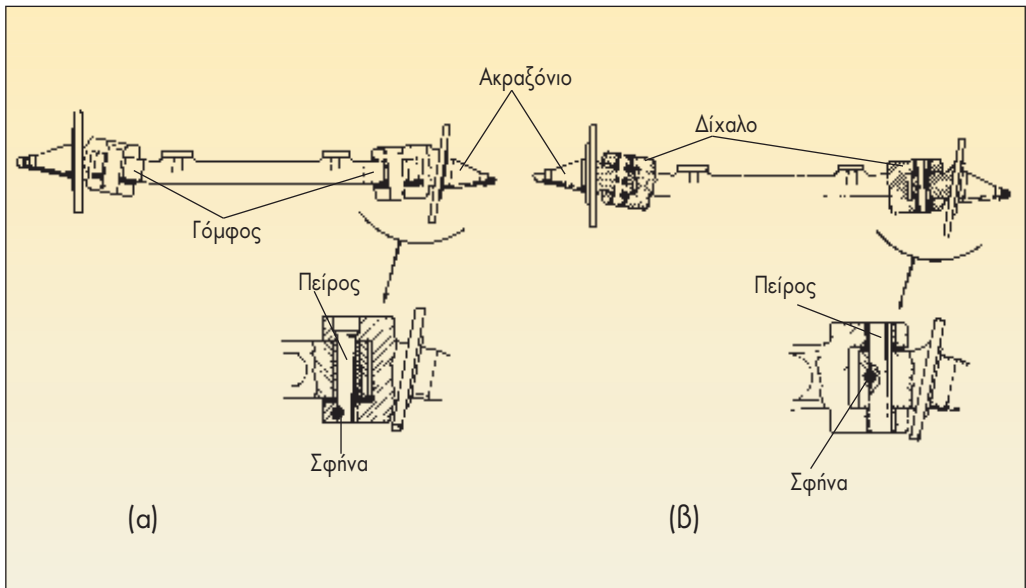
Διάφοροι πολύπλοκοι συνδυασμοί αρθρώσεων έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί για την κίνηση των εμπρόσθιων τροχών στις κατάλληλες γωνίες με δεδομένο ότι ο εσωτερικός τροχός πρέπει να στραφεί περισσότερο από τον εξωτερικό (Σχ.3.22). Η διάταξη αρθρώσεων του τετραπλεύρου του Άκερμαν (Σχ.3.26) είναι απλή, ενώ οι ακριβείς γωνίες παρατηρούνται σε μία συγκεκριμένη θέση, όταν οι τροχοί στρέφονται προς τα αριστερά, και σε μία αντίστοιχη θέση όταν περιστρέφονται δεξιά, καθώς και για μικρές ταχύτητες και για στροφές με μεγάλη ακτίνα καμπυλότητας. Εάν αυξηθούν οι ταχύτητες, εμφανίζονται νέοι παράγοντες που αλλοιώνουν, κάπως, τα θεωρητικά δεδομένα. Εν τούτοις, επειδή η διάταξη αυτή των αρθρώσεων του τετραπλεύρου του Άκερμαν πλησιάζει με



Σχ.3.24 Φυσιολογική τροχιά των πρόσθιων παραλλήλων τροχών κατά τις στροφές, και εξαναγκασμένη, λόγω εκτροπής της παραλληλότητας που δημιουργεί το τετράπλευρο Άκερμαν.

ικανοποιητική προσέγγιση την ιδεώδη θέση, όσον αφορά και τις άλλες γωνίες, και είναι, πράγματι μια καλή συμβιβαστική λύση μεταξύ κόστους κατασκευής και αποδεκτής κίνησης των τροχών, υιοθετήθηκε, παγκόσμια, η εφαρμογή του από τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Πιο αναλυτικά:

Όταν οι τροχοί ακολουθούν την ευθύγραμμη εμπρός πορεία [Σχ.3.26(α)], τότε το τετράπλευρο Άκερμαν $O-O'-A'-A$ αποτελεί ένα ισοσκελές τραπέζιο, το οποίο σχηματίζεται από: α) Τον πρόσθιο ολόσωμο συνδετικό άξονα $O-O'$, ή οτιδήποτε τον αντικαθιστά σε συστήματα ανεξάρτητης ανάρτησης, β) Τις δύο πλευρές του τραπεζίου $O'A'$ και AO , που αποτελούν τα μήκη των αγκωνωτών

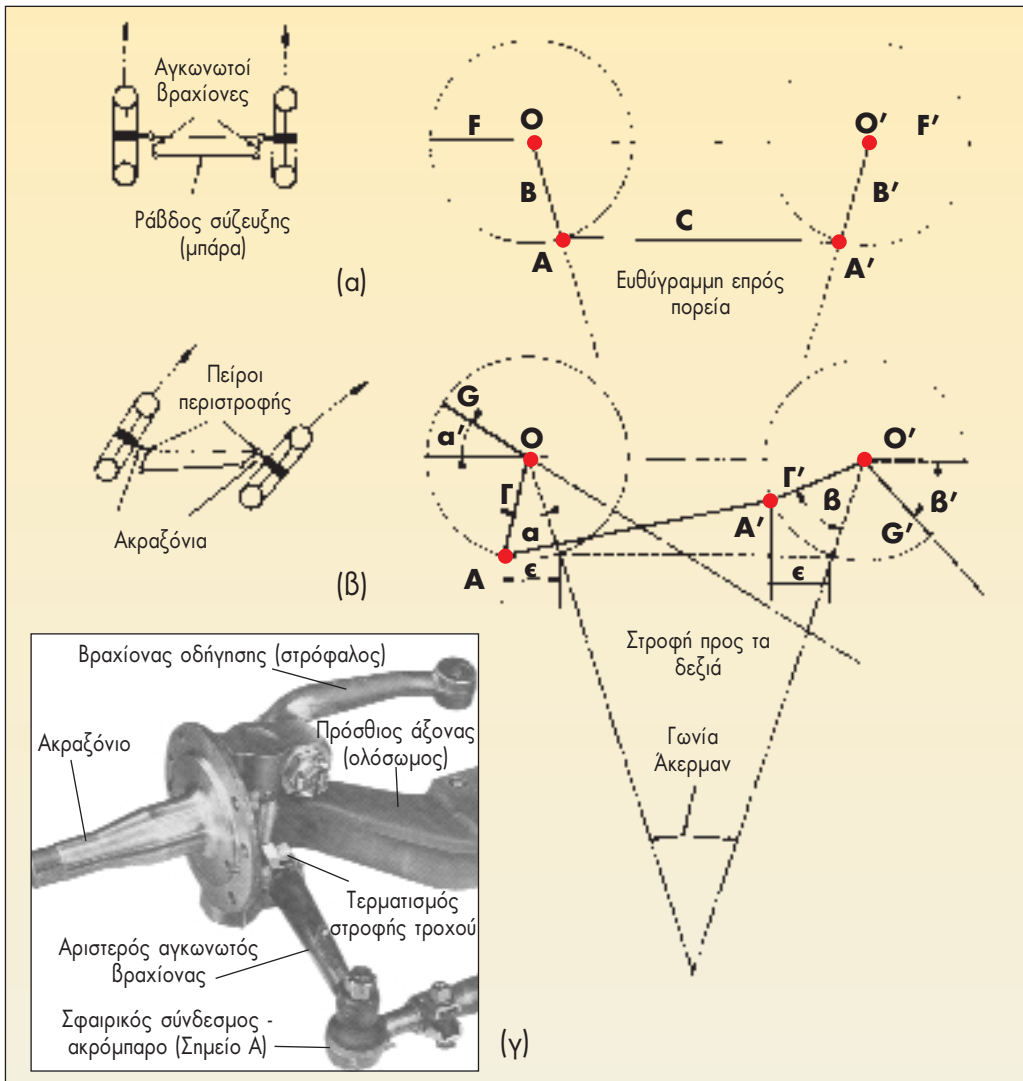


Σχ.3.25 Τρόπος σύνδεσης εμπρόσθιου ολόσωμου άξονα με τα ακραζόνια. Η αριστερή πλευρά των αξόνων εμφανίζεται με οριζόντιο ακραζόνιο ενώ στη δεξιά πλευρά το ακροζόνιο γέρνει προς τα κάτω. (α) Άξονας με γόμφους. (β) Άξονας με δίχαλα.

βραχιόνων των τροχών και γ) Το τμήμα Α'Α, που αποτελεί τη ράβδο σύζευξης (μπάρας) C. Αν το τιμόνι περιστραφεί δεξιόστροφα, τότε οι βραχιόνες Β και Β' του τραπέζιου θα στραφούν προς τα αριστερά στις νέες θέσεις Γ'-Γ, αντίστοιχα, διανύοντας και οι δύο την ίδια απόσταση ε. [Σχ.3.26β]]. Με την κίνηση αυτή των βραχιόνων, δηλαδή των αγκωνωτών βραχιόνων των ακραζονίων, περιστρέφονται και τα ακραζόνια F' και F προς τα δεξιά και έρχονται στις θέσεις Γ' και Γ, αντίστοιχα. Τότε, το ισοσκελές τραπέζιο παραμορφώνεται και γίνεται τετράπλευρο Ο-Ο'-Α'-Α [Σχ.3.26β]] και η γωνία β, που ισούται με την γωνία β', είναι μεγαλύτερη από την γωνία α, που ισούται με την γωνία α', όπως προκύπτει από το ίδιο σχήμα. Δηλαδή, ενώ οι δύο

μετατοπίσεις (ε) στους κύκλους Ο και Ο' είναι ίδιες, οι γωνίες στροφής β και α είναι διαφορετικές (β>α). Έτσι, όσο περισσότερο στρέφει το τιμόνι για πιο κλειστή στροφή, τόσο η διαφορά των γωνιών α και β μεγαλώνει.

Με τη διάταξη αυτή παρατηρείται, ότι κατά την κίνηση του οχήματος στις στροφές, κάθε τροχός ακολουθεί, πλέον, εξαναγκασμένη τροχιά με διαφορετική ακτίνα (Σχ.3.24). Επιπλέον, επειδή οι οπίσθιοι τροχοί διαγράφουν μικρότερη ακτίνα από τους πρόσθιους, δημιουργούνται συνθήκες εύκολου παρκαρίσματος σε στενό χώρο, π.χ. μεταξύ δύο αυτοκινήτων, όταν το αυτοκίνητο κινείται προς τα όπισθεν. Επίσης, εάν δεν προσέξει ο οδηγός σε μία στροφή και την "πάρει κλειστά", τότε ο οπίσθιος εσωτε-



Σχ.3.26 Γεωμετρία του τετραπλεύρου Άκερμαν

(α) Το τιμόνι σε ευθύγραμμη εμπρός πορεία. (β) Το τιμόνι σε στροφή προς τα δεξιά. (γ) Λεπτομέρειες συστήματος διεύθυνσης με ολόσωμο άξονα.

ρικός τροχός προσκρούει στο πεζοδρόμιο. Προσεκτική μελέτη του συστήματος δείχνει, ότι για να στραφεί το όχημα χωρίς να εμφανισθεί ολίσθηση στους τροχούς του, για να υπάρχει, δηλαδή, σε κάθε στιγμή ένα στιγμιαίο κέντρο

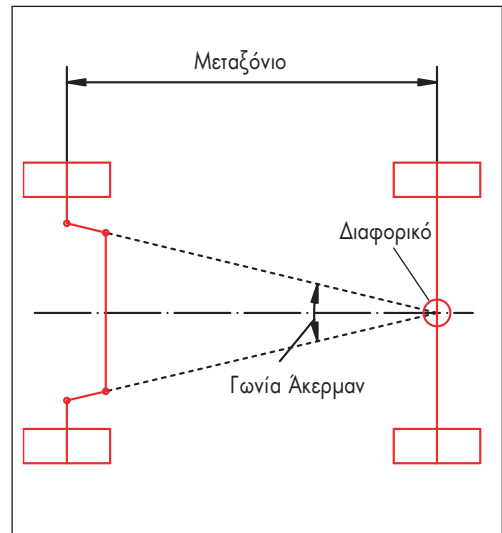
στροφής, πρέπει οι προεκτάσεις των βραχιόνων του τετραπλεύρου του Άκερμαν να "περνούν" από το μέσον του οπίσθιου άξονα, σχηματίζοντας μία γωνία, που αναφέρεται ως "γωνία Άκερμαν" (Σχ. 3.27).

3.5.2. Αποκλίσεις από το σύστημα Ackermann

Όπως είπαμε παραπάνω, ένα όχημα που διαγράφει μία καμπύλη τροχιά, με βάση την αρχή Άκερμαν, δεν πρέπει να έχει καθόλου τριβές στους τροχούς του. Στην πράξη αυτό μπορεί να γίνει μόνο με τελείως δύσκαμπτα ελαστικά και με πολύ μικρές ταχύτητες. Έτσι, ένα όχημα που κινείται ευθύγραμμα με κάποια ταχύτητα, χρειάζεται πλευρική ώθηση για να εγκαταλείψει την ευθύγραμμη τροχιά και να περάσει στην καμπυλόγραμμη, και την ώθηση αυτή μόνον η αντίδραση του εδάφους μπορεί να τη δώσει. Αυτό, φυσικά, δεν γίνεται χωρίς τριβή.

Ας υποθεθεί, λοιπόν, ότι το όχημα κινείται ευθύγραμμα και στρέφει τους τροχούς του κατά μία γωνία, για να διαγράψει καμπύλη (στροφή) προς τα αριστερά (Σχ.3.28). Από τη δύναμη ώθησης, π.χ. των οπίσθιων τροχών και της αδράνειας του οχήματος, θα εμφανισθούν στους πρόσθιους τροχούς δυνάμεις F_1 , που υπερνικούν τις δυνάμεις κύλισης των τροχών, με αποτέλεσμα να τους επιτρέπουν να συνεχίσουν την κίνησή τους κατά την κατεύθυνση του επιπέδου συμμετρίας του τροχού.

Συγχρόνως, όμως, τα μέρη της επιφάνειας στήριξης του ελαστικού παραμορφώνονται από τη στρέψη του τροχού και από τις πλευρικές δυνάμεις F_2 , οι οποίες είναι κάθετες προς τις δυνάμεις F_1 και οφείλονται, είτε σε φυγόκεντρες δυνάμεις, είτε σε πλάγιο άνεμο. Οι δυνάμεις F_2 εξισορροποούνται από την πρόσφυση - τριβή των τροχών στο έδαφος. Βέβαια, εάν οι δυνάμεις F_2 είναι μεγαλύτερες από την πρόσφυση, τότε το αυτοκίνητο πλαγιολισθαίνει, χάνοντας την



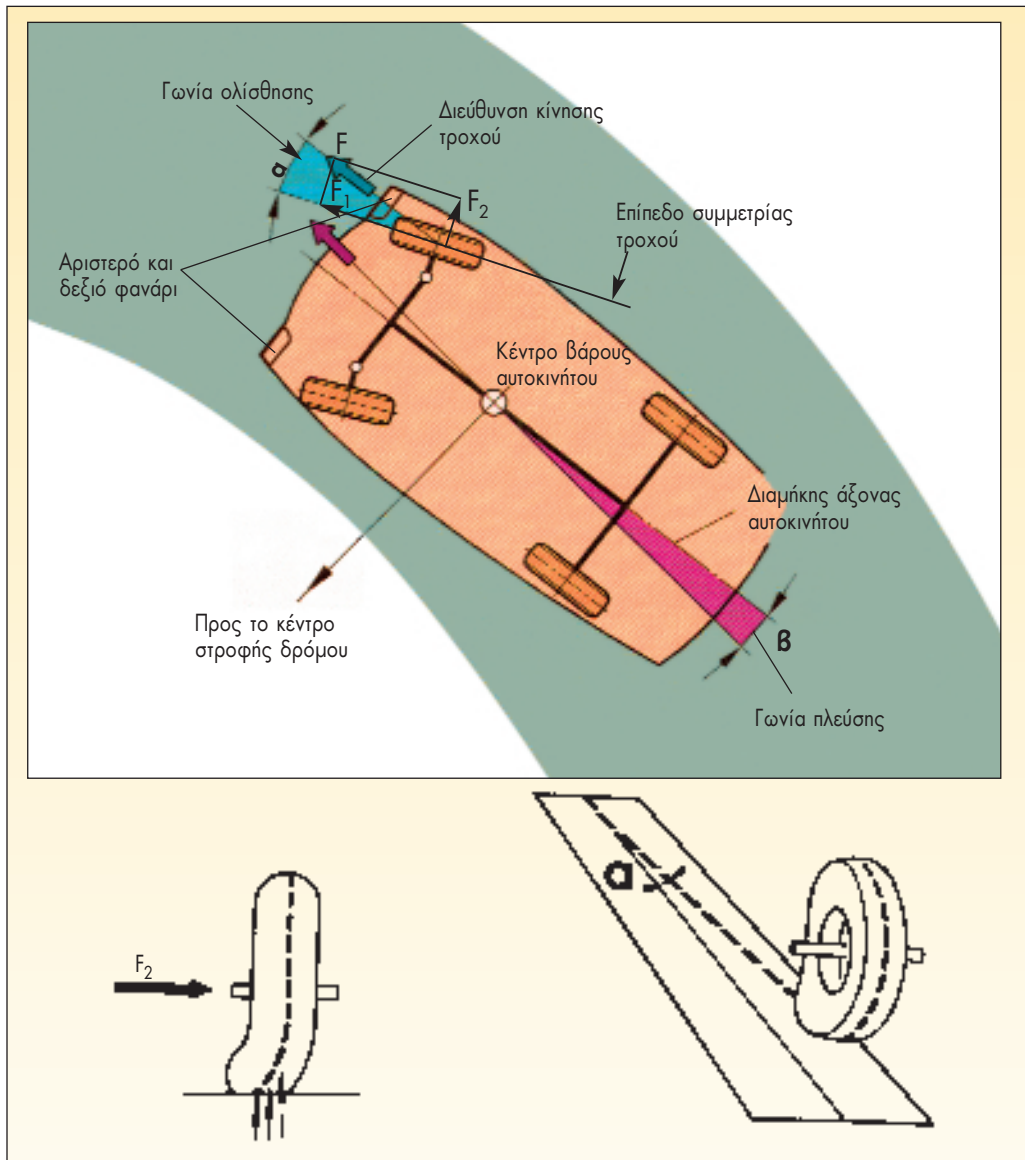
Σχ.3.27 Τομή των προεκτάσεων των αγκωνωτών βραχιόνων στο μέσον του οπίσθιου άξονα

επαφή του με το δρόμο.

Οι δυνάμεις F_1 και F_2 , όπως αναφέρθηκε παραπάνω, δημιουργούν την συνισταμένη F , κατά τη κατεύθυνση της οποίας κινείται πλέον ο τροχός.

Έτσι, η επιφάνεια στήριξης δεν ακολουθεί τελείως τη γωνία στροφής του τροχού, με αποτέλεσμα η γωνία, κατά την οποία στρέφει η επιφάνεια στήριξης, να υπολείπεται από την αντίστοιχη της στροφής του τροχού κατά μια μικρή γωνία α , που ονομάζεται γωνία ολίσθησης.

Για να ακολουθήσει, λοιπόν, το όχημα την επιθυμητή πορεία, πρέπει οι τροχοί να στρίψουν περισσότερο από την γωνία α , η οποία, θεωρητικά, είναι επαρκής. Τότε, όμως, παύει πια το κέντρο του Άκερμαν να είναι το πραγματικό στιγμιαίο κέντρο στροφής του οχήματος, αναγκάζοντας τον τροχό να πλαγιολισθαίνει κατά γωνία α και να ακολουθήσει την



Σχ.3.28 Γωνία ολίσθησης και γωνία πλεύσης

κατεύθυνση της συνισταμένης F . Παράλληλα, το αυτοκίνητο δεν κινείται πλέον σύμφωνα με το διαμήκη άξονα του, αλλά κατά μία άλλη διεύθυνση κί-

νησης, που αποκλίνει από αυτόν τον άξονα του αυτοκινήτου, κατά μία γωνία β , η οποία ονομάζεται γωνία πλεύσης του αυτοκινήτου.

Η ευστάθεια του αυτοκινήτου σε κίνηση

Με τον όρο "ευστάθεια κίνησης του αυτοκινήτου" εννοούμε την ικανότητα, που πρέπει να έχει ένα όχημα που κινείται σε οριζόντιο επίπεδο έδαφος, χωρίς εξωτερικές επιδράσεις αφενός, και αφετέρου να διατηρεί, χωρίς επέμβαση στο σύστημα διεύθυνσής του, την τροχιά την οποία προσδιορίζει η σχετική θέση των τροχών του.

Αν, δηλαδή, οι τροχοί βρίσκονται σε ευθύγραμμη πορεία, το όχημα αυτό πρέπει να συνεχίζει να κινείται ευθύγραμμα προς την κατεύθυνση των τροχών του ή, αν οι τροχοί του βρίσκονται σε θέση στροφής, να εξακολουθεί να διαγράφει την καμπύλη στην οποία εφάπτονται τα επίπεδα συμμετρίας των τροχών του.

Ο ορισμός αυτός έχει θεωρητική σημασία μόνο, διότι στην πράξη το όχημα όταν κινείται, βρίσκεται πάντοτε κάτω από εξωτερικές επιδράσεις, όπως είναι ένας πλευρικός άνεμος, μία ανωμαλία του δρόμου, η φυγόκεντρος δύναμη κατά τις στροφές κ.λπ.

Συνεπώς, πρακτικά, ευσταθές ονομάζεται ένα αυτοκίνητο, που όταν εκτραπεί για οποιονδήποτε λόγο από την ευθύγραμμη πορεία του, έχει την τάση να επανέλθει από μόνο του στην κανονική του τροχιά, χωρίς, δηλαδή, να επέμβει το σύστημα διεύθυνσής του. Αντίθετα, ασταθές ονομάζεται το όχημα, που έχει την τάση να αυξάνει την εκτροπή από την φυσιολογική του πορεία.

Μετά από αναφέρθηκαν, είναι φανερό, πως με την έννοια αυτή, η "ευστάθεια" είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως π.χ. του συστήματος διεύθυνσης, του συστήματος ανάρτησης, του είδους των ελαστικών, της θέσης του κέν-

τρου βάρους του οχήματος, του είδους του οδοστρώματος επάνω στο οποίο κινείται κ.λπ.

Η ευστάθεια κατά τις στροφές

Ας υποθεθεί, ότι ένα όχημα κινείται σε μία αριστερή στροφή και υφίσταται πλευρική (φυγόκεντρη) δύναμη (Σχ.3.29). Η πλευρική αυτή δύναμη, που επιδρά στα ελαστικά του αυτοκινήτου, θα παραμορφώσει την περιοχή της επιφάνειας επαφής τροχού - εδάφους. Το αποτέλεσμα θα είναι να εμφανισθεί μία πλευρική μετατόπιση του τροχού και να πάψει η τροχιά να είναι κάθετη στον άξονα περιστροφής του τροχού, οπότε θα γίνει πλάγια (λοξή) ως προς αυτόν. Έτσι, δημιουργείται η γωνία (α) μεταξύ της νέας τροχιάς της εκτροπής των τροχών και της κατεύθυνσης του επιπέδου συμμετρίας του τροχού, που ονομάζεται, όπως είπαμε, "γωνία ολίσθησης".

Σύμφωνα, λοιπόν, με τα παραπάνω, σε κάθε τροχό του αυτοκινήτου θα παρουσιασθεί και μία γωνία ολίσθησης. Μάλιστα, οι γωνίες αυτές στους τροχούς σε κάθε άξονα, δηλαδή ανά δύο, (εμπρός-πίσω), είναι ίσες μεταξύ τους.

- Αν η γωνία ολίσθησης των οπίσθιων τροχών α_o είναι μεγαλύτερη από τη γωνία ολίσθησης των προσθίων τροχών α_p , δηλαδή αν $\alpha_o > \alpha_p$, τότε το οπίσθιο μέρος του αυτοκινήτου θα εκτραπεί περισσότερο από το πρόσθιο, που στην πράξη σημαίνει ότι το πίσω μέρος του αυτοκινήτου θα στρέφεται γύρω από τον κατακόρυφο άξονα του, με φορά αντίθετη απ' αυτήν του εμπρόσθιου μέρους του οχήματος. Τότε, όμως, η φυγόκεντρος δύναμη που θα αναπτυχθεί από τη στροφή αυτή, θα ενισχύσει την τά-

ση στροφής. Έτσι, τελικά, το όχημα θα υπερβεί την θεωρητική τροχιά του και θα κινηθεί προς την πλευρά όπου ασκείται η δύναμη (F_o), που προκαλεί την ολίσθηση, οπότε και θα βρεθεί, στο τέλος, σε διαφορετική τροχιά κατά γωνία α_o [Σχ. 3.29(α)].

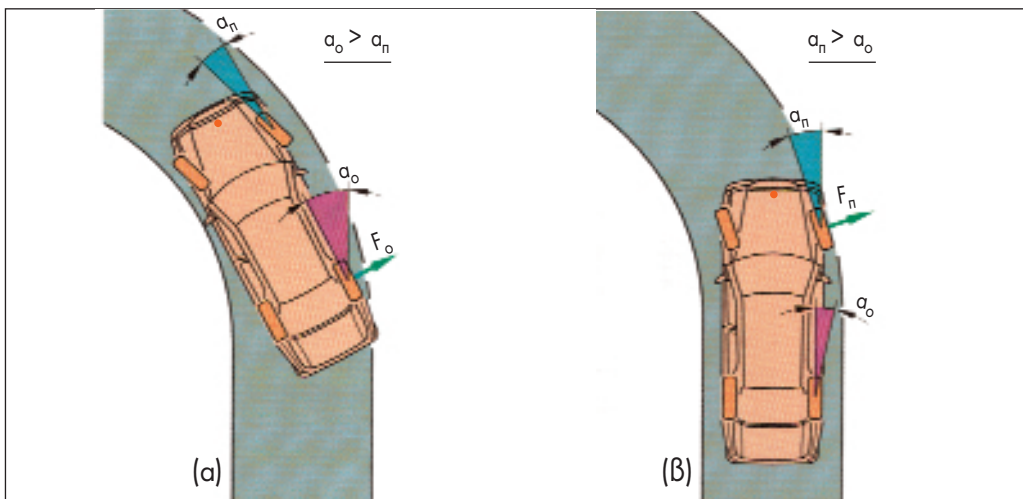
Στην περίπτωση αυτή λέμε, ότι το όχημα **υπερστρέφει**. Έχει, δηλαδή, από μόνο του την τάση, όταν κινείται σε οριζόντιο έδαφος, να ξεφύγει από την ευθύγραμμη πορεία κάτω από την παραμικρή πλευρική ώθηση.

Έτσι, στις στροφές του δρόμου το αυτοκίνητο έχει την τάση να κινηθεί με μικρότερη ακτίνα καμπυλότητας από αυτή που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη στροφή του τιμονιού και, κατέπекταση στη στροφή των τροχών.

Πρέπει, συνεπώς, ο οδηγός να βρίσκεται πάντα σε ετοιμότητα και, συνεχώς, να διορθώνει την πορεία του αυτοκινήτου με το σύστημα διεύθυνσης.

Ας φανταστούμε π.χ., ένα αυτοκίνητο που κινείται σε αριστερή στροφή, σύμφωνα με το Σχ.3.29(α). Για να παραμείνει στο δρόμο, ενώ ήδη ο οδηγός του έχει στρίψει το τιμόνι αριστερά και έχει εισέλθει στη στροφή, πρέπει στη συνέχεια να στρίψει το τιμόνι του δεξιά, δηλαδή αντίθετα προς την πορεία κίνησής του, να κάνει, όπως λέμε, "ανάποδο τιμόνι". Η παραπάνω αυτή ενέργεια που πρέπει να γίνει, είναι μία κίνηση την οποία δύσκολα αντιλαμβάνεται ένας άπειρος οδηγός, ο οποίος αν κρατήσει σταθερά το τιμόνι του, τότε θα καταλήξει στο αριστερό μέρος του δρόμου και ενδεχομένως, θα βρεθεί έξω από αυτόν.

- Αν η γωνία ολίσθησης των πρόσθιων τροχών είναι μεγαλύτερη από τη γωνία ολίσθησης των οπίσθιων, αν δηλαδή $\alpha_o > \alpha_n$ (Σχ.3.29(β)), τότε, με την επίδραση πλευρικής (φυγόκεντρης) δύναμης, η ολίσθηση των πρόσθιων τροχών θα είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των



Σχ.3.29 (α) Υπερστροφή. (β) Υποστροφή.

οπίσθιων και το εμπρόσθιο μέρος του αυτοκινήτου θα έχει την τάση να απομακρυνθεί από την αρχική τροχιά του και να κινηθεί προς την πλευρά, κατά την οποία το ωθεί η πλευρική δύναμη F_p . Τότε λέμε, ότι το αυτοκίνητο **υποστρέφει**.

Δηλαδή, στην περίπτωση αυτή, το αυτοκίνητο έχει την τάση να κινηθεί με μεγαλύτερη ακτίνα καμπυλότητας, από αυτή που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη στροφή του τιμονιού.

Ας φανταστούμε ένα αυτοκίνητο, το οποίο κινείται σε αριστερή στροφή, όπως στο Σχ.3.29(β). Εάν το αυτοκίνητο υποστρέφει, σύμφωνα με τα παραπάνω, το πρόσθιο μέρος του κινείται προς την δεξιά πλευρά του δρόμου. Για να κρατηθεί το αυτοκίνητο πάνω στο δρόμο και να μην βρεθεί στην δεξιά πλευρά του και ίσως έξω απ' αυτόν, πρέπει ο οδηγός να στρέψει λίγο ακόμη το τιμόνι του προς τα αριστερά, ενέργεια που εύκολα μπορεί να αντιληφθεί και να κάνει ένας κοινός οδηγός.

- Τέλος, αν $\alpha_n = a_o$, όταν δηλαδή, οι γωνίες ολίσθησης των πρόσθιων και των οπίσθιων τροχών είναι ίσες, τότε το όχημα ακολουθεί τη μέση γραμμή του δρόμου, χωρίς να φεύγει προς τα δεξιά ή τα αριστερά της.

Στην περίπτωση αυτή λέμε, ότι το όχημα είναι, από άποψη διεύθυνσης, ουδέτερο. Όχημα που υποστρέφει, όταν κινείται ευθύγραμμα σε δρόμο με μικρή κυρτότητα, είναι άνετο στην οδήγηση, δεν χρειάζεται συνεχή παρακολούθηση και διόρθωση πορείας από τον οδηγό και ακολουθεί με ευχέρεια στροφές του δρόμου ακόμη και με μεγάλη ακτίνα καμπυλότητας. Στις "κλειστές" στροφές,

όμως, επειδή το όχημα έχει την τάση να ακολουθεί την ευθύγραμμη πορεία, χρειάζεται να στραφούν οι τροχοί του περισσότερο από όσο απαιτούν, γεωμετρικά, οι στροφές αυτές.

Για τις ιδιότητές του αυτές, το υπόστροφο αυτοκίνητο, γενικά, θεωρείται ασφαλές και ευσταθές.

Αντίθετα, το υπέρστροφο όχημα παρουσιάζει μεν ευκαμψία και διαγράφει με ευχέρεια κλειστές στροφές με μικρή ταχύτητα, εάν όμως, κινείται με μεγάλη ταχύτητα, απαιτεί το "ανάποδο τιμόνι". Επίσης, στην ευθύγραμμη πορεία έχει τάσεις απόκλισης και χρειάζεται συνεχής ετοιμότητα από τον οδηγό και διόρθωση πορείας. Για τον λόγο αυτό, το υπέρστροφο όχημα θεωρείται ασταθές και δύσκολο στην οδήγησή του.

Το ουδέτερο όχημα εφόσον υπάρχουν οι προϋποθέσεις κίνησής του, είναι το ιδεώδες. Όμως στην πράξη ένα τέτοιο όχημα δεν είναι ούτε ευσταθές, ούτε ασταθές, αλλά, μεταπίπτει από τη μία κατάσταση στην άλλη, σε κάθε αλλαγή παράγοντα που επιδρά στην ευστάθειά του, δεδομένου ότι δεν ελέγχεται απόλυτα η κατανομή βάρους στους άξονες, επειδή το φορτίο συνεχώς μεταβάλλεται.

Τα συνηθισμένα αυτοκίνητα γενικής χρήσης έχουν, κατά κανόνα, τάσεις υποστροφής, σε αντίθεση με τα αυτοκίνητα αγώνων που έχουν τάσεις υπερστροφής.

Πάντως, δεν πρέπει ποτέ να ξεχνάμε, ότι τον βασικό ρόλο στην ευστάθεια ενός οχήματος στο δρόμο, είτε σε συνθήκες υποστροφής, είτε υπερστροφής, παίζει η θέση του κέντρου βάρους του οχήματος. Αν, δηλαδή, το κέντρο βάρους είναι κοντά στον πρόσθιο άξονα, το όχημα έχει

τάσεις υποστροφής στην καμπύλη τροχιά. Αντίθετα, όταν το κέντρο βάρους είναι κοντά στον οπίσθιο άξονά του, υπάρχουν τάσεις υπερστροφής.

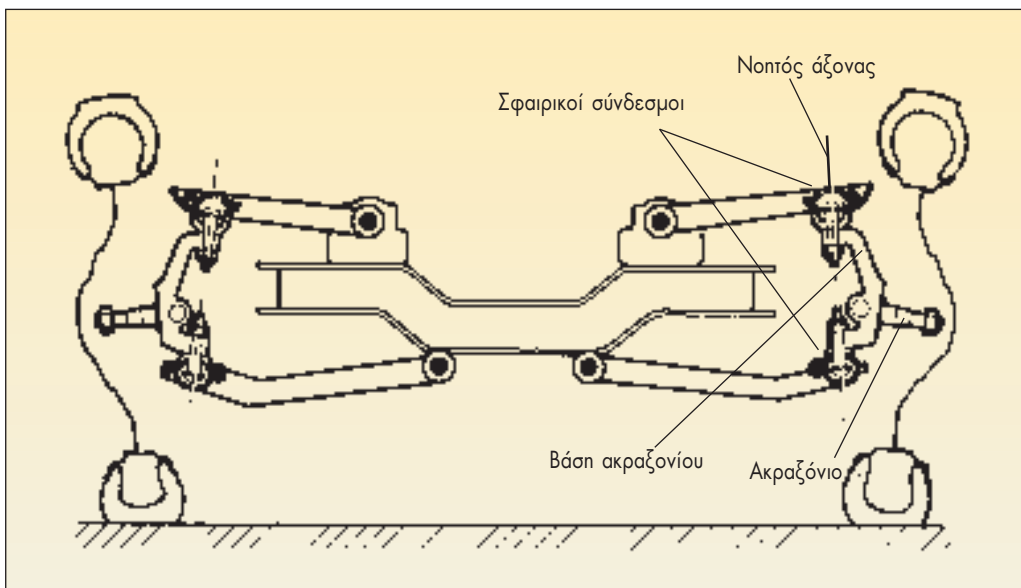
Τα αυτοκίνητα με πρόσθια κίνηση, κατά κανόνα υποστρέφουν, ενώ τα αυτοκίνητα με οπίσθια κίνηση υπερστρέφουν. Τα αυτοκίνητα με κίνηση και στους τέσσερις τροχούς, εφόσον έχουν ομοιόμορφη κατανομή βάρους, έχουν ουδέτερη συμπεριφορά.

3.5.3. Εγκάρσια κλίση του τροχού (Γωνία Κάμπερ-Camber) - Εγκάρσια κλίση του πείρου

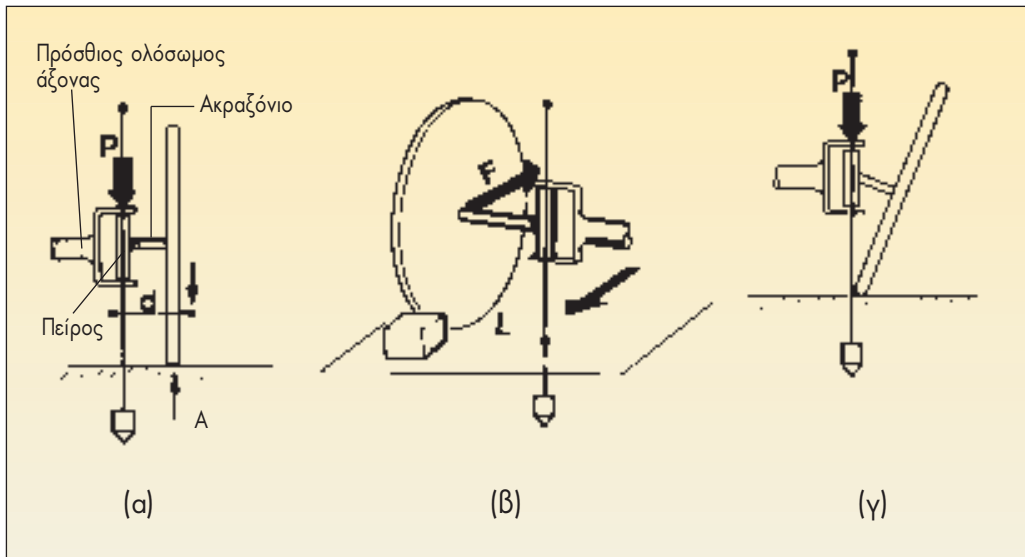
Όπως είπαμε, ο τροχός για να πάρει την κατεύθυνση που θέλει ο οδηγός, στρέφεται γύρω από ένα πείρο, είτε αυτός είναι πραγματικός, όπως στο Σχ.3.25, είτε είναι ο νοητός άξονας που

ενώνει τα δύο σημεία, στα οποία στηρίζεται η βάση του ακραζονίου στο σύστημα ανεξάρτητης ανάρτησης, δηλαδή ενώνει τους δύο σφαιρικούς συνδέσμους (Σχ.3.30).

Έστω, ότι έχουμε ένα πρόσθιο ολόσωμο (άκαμπτο) άξονα βαρέος οχήματος, στο άκρο του οποίου υπάρχει κατακόρυφος πείρος και οριζόντιο ακραζόνιο [Σχ.3.31(a)]. Το βάρος του οχήματος P , που αντιστοιχεί στον τροχό και βρίσκεται πάνω στο ακραζόνιο, και η δύναμη ώθησης καταλήγουν στον πείρο, ενώ η αντίδραση A του οδοστρώματος βρίσκεται εφαρμοσμένη στο μέσο της επαφής τροχού - οδοστρώματος. Λόγω της απόστασης d [Σχ.3.31(a)] του άξονα του πείρου από τον άξονα συμμετρίας του τροχού, θα εμφανισθούν ζεύγη δυνάμεων κατά την οριζόντια και κατακόρυφη έννοια, που καταπονούν τον πείρο και το



Σχ.3.30 Νοητός άξονας σφαιρικών συνδέσμων και κλίση τους.



Σχ.3.31 Επίδραση των δυνάμεων λόγω της γωνίας Κάμπερ

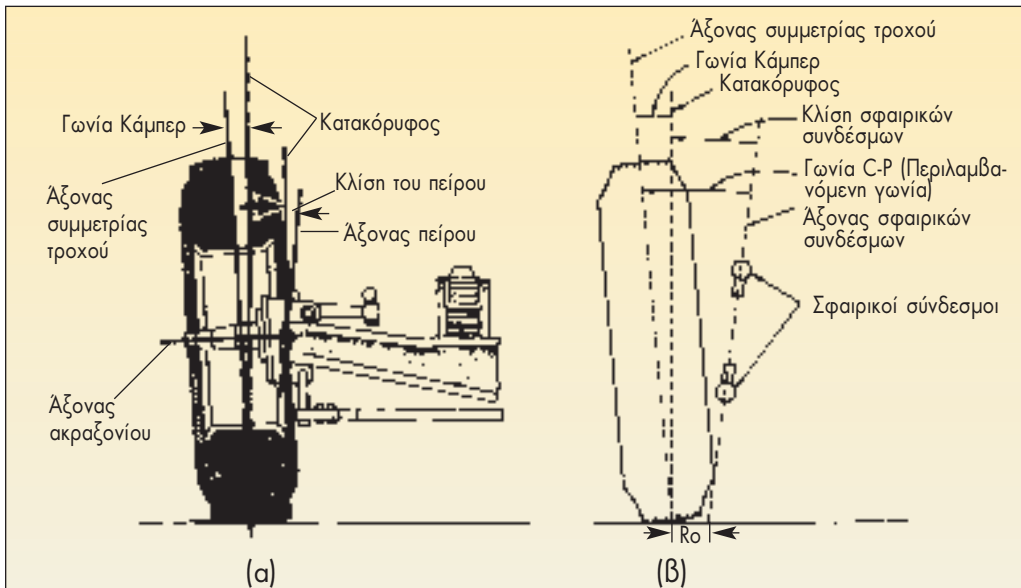
ακραζόνιο. Ειδικά το οριζόντιο ζεύγος κάνει δύσκολη την οδήγηση, ενώ την δυσκολεύει ακόμη περισσότερο η εμφάνιση εμποδίων στον τροχό που δημιουργούν την ροπή (F.L) [Σχ.3.31(β)]. Εξάλλου, και το κατακόρυφο ζεύγος καταπονεί το σύστημα, με τη δημιουργία της ροπής (A.d) [Σχ.3.31(α)].

Όλες αυτές οι παρενέργειες αποφεύγονται, εάν δοθεί, αφενός, μία κλίση στον άξονα του πείρου (Σχ.3.25), έτσι ώστε το επάνω μέρος του να κλίνει προς το εσωτερικό του οχήματος και αφετέρου, μία αντίθετη κλίση στον τροχό, ώστε το άνω μέρος του να κλίνει προς τα έξω [Σχ.3.31(γ)], και, αντίστοιχα, το ακραζόνιο να γέρνει προς τα κάτω. Έτσι, θεωρητικά η απόσταση L των δύο αξόνων (κατακόρυφου και άξονα συμμετρίας του τροχού) [Σχ.3.31(β)] μειώνεται σημαντικά ή και μηδενίζεται [Σχ.3.31(γ)].

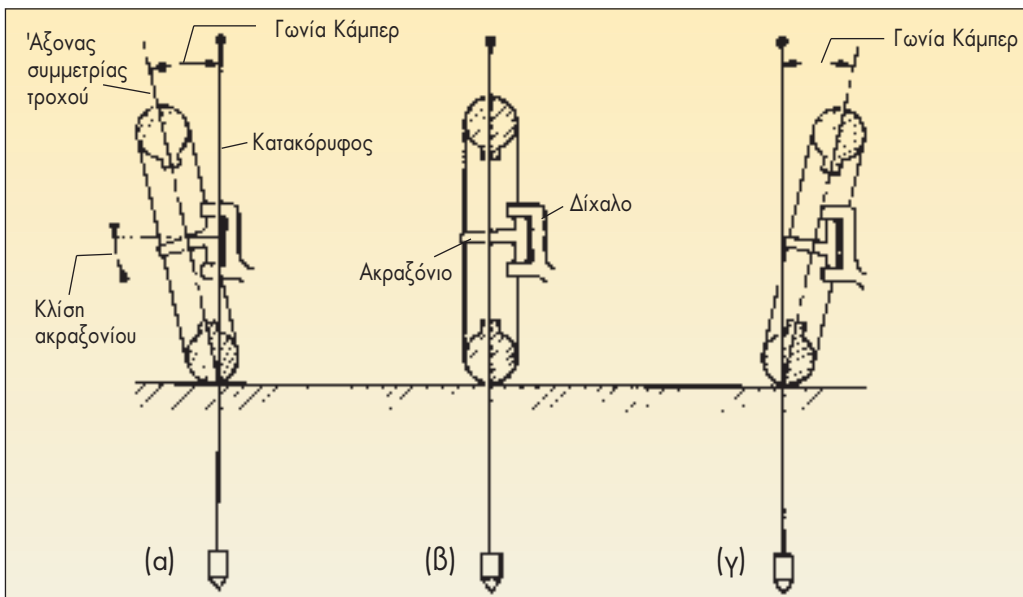
Η εγκάρσια κλίση του τροχού ονομάζεται γωνία Camber (Κάμπερ) και είναι η γωνία η οποία σχηματίζεται μεταξύ της αξονικής γραμμής συμμετρίας του τροχού (επίπεδο συμμετρίας τροχού), - όπως φαίνεται από το εμπρόσθιο μέρος του αυτοκινήτου, - και της αντίστοιχης κατακόρυφης (κατακόρυφο επίπεδο) [Σχ.3.32 (α) και (β)]. Θεωρείται θετική η γωνία Κάμπερ, όταν το άνω μέρος του τροχού κλίνει προς τα έξω, δηλαδή απομακρύνεται από το αμάξωμα, και αρνητική, όταν κλίνει προς τα μέσα, δηλαδή πλησιάζει προς το αμάξωμα.

Στο Σχ.3.33 φαίνεται σε ολόσωμους άξονες η γωνία Κάμπερ, όπου αυτή παρουσιάζεται ως: (α) Θετική, (β) Μηδενική και (γ) Αρνητική.

Οι τιμές της γωνίας Κάμπερ, καθώς και η μεταβολή τους ανάλογα με το φορτίο, δίδονται από τον κατασκευαστή.



Σχ.3.32 Εγκάρσια κλίση του τροχού (γωνία Κάμπερ) και εγκάρσια κλίση του πείρου ή των σφαιρικών συνδέσμων:
(α) Θετική γωνία Κάμπερ σε σύστημα πείρου. (β) Θετική γωνία Κάμπερ σε σύστημα σφαιρικών συνδέσμων.



Σχ.3.33 Η γωνία Κάμπερ σε ολόσωμο πρόσθιο άξονα
(α) θετική. (β) μηδενική. (γ) αρνητική

Η αρνητική γωνία Κάμπερ που έχουν πολλά σύγχρονα αυτοκίνητα, ειδικά στους πίσω τροχούς και η οποία κυμαίνεται, συνήθως, από $0^\circ 30'$ έως 2° , αυξάνει μεν την πλευρική ευστάθειά τους σε κλειστές και γρήγορες στροφές, επιβαρύνει (φθείρει) όμως την εσωτερική πλευρά του πέλματος των ελαστικών.

• Σκοπός της γωνίας Κάμπερ είναι:

- α) Να μειώνει τις καταπονήσεις που προκύπτουν από τις δυνάμεις που αναφέρθηκαν παραπάνω.
- β) Να βελτιώνει, ανάλογα, την υπερστροφή ή την υποστροφή του οχήματος σε μία στροφή, σε συνάρτηση πάντα με τη χρησιμοποιούμενη ανάρτηση και τη συμπεριφορά της, σε σχέση με την ταχύτητα και την μεταφορά βάρους στη στροφή, παράγοντες που διαφοροποιούν την κατανομή δυνάμεων στην ανάρτηση.

Έτσι, η γωνία Κάμπερ ελέγχει την οδική συμπεριφορά του αυτοκινήτου, τόσο σε ευθεία πορεία, όσο και σε μία στροφή ή και κατά την κίνησή του σε ανώμαλο οδόστρωμα, ώστε το αυτοκίνητο να εμφανίζει τη μεγαλύτερη δυνατή ευστάθεια κίνησης.

Σε αυτοκίνητο του οποίου θέλουμε να βελτιώσουμε την υπερστροφή, ώστε αυτό να υπερστρέφει λιγότερο σε μία στροφή, μειώνουμε τη γωνία ολίσθησης των οπίσθιων τροχών, μεταβάλλοντας τη γωνία Κάμπερ (στους οπίσθιους τροχούς), ώστε από θετική που είναι, να γίνει αρνητική, ή από ελάχιστα αρνητική, να την κάνουμε περισσότερο αρνητική, αυξάνοντας την τιμή της.

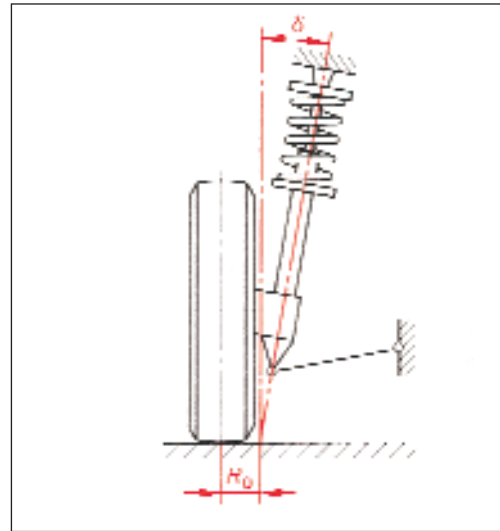
Εάν, πάλι, θέλουμε να βελτιώσουμε την υποστροφή, ώστε το όχημα να υποστρέ-

φει λιγότερο, μειώνουμε τη γωνία ολίσθησης των πρόσθιων τροχών, οπότε η γωνία Κάμπερ από θετική πρέπει να γίνει πάλι αρνητική, όπως και προηγουμένως.

Η **εγκάρσια κλίση του πείρου** φαίνεται, παρατηρώντας το αυτοκίνητο από το εμπρόσθιο μέρος του, και είναι η γωνία εκείνη που σχηματίζεται μεταξύ της νοτικής προέκτασης του άξονα του πείρου και της αντίστοιχης κατακόρυφης [Σχ.3.32(α)], ή της νοτικής προέκτασης των σφαιρικών συνδέσμων και της κατακόρυφης [Σχ.3.32(β)], όπως βλέπουμε το αυτοκίνητο, πάντα, από το εμπρόσθιο μέρος του. Η κλίση του πείρου είναι λίγο μεγαλύτερη από την τιμή της γωνίας Κάμπερ και συνήθως, κυμαίνεται από 5-10 μοίρες ούτως ώστε να δημιουργείται μία πολύ μικρή απόσταση R_o στο επίπεδο του εδάφους [Σχ.3.32(β)]. Η απόσταση αυτή R_o ονομάζεται "θετική ακτίνα κύλισης", στην οποία θα αναφερθούμε και παρακάτω, και προτιμάται ως λύση σε πολλά αυτοκίνητα, διότι μειώνονται τα ζεύγη δυνάμεων που καταπονούν το σύστημα διεύθυνσης και υποβοηθείται η επαναφορά των τροχών του οχήματος μετά από στροφή στην ευθύγραμμη πορεία, ιδίως στις μικρές γωνίες στροφής. Επίσης, αποφεύγεται το "κοσκίνισμα" των τροχών, ενώ ταυτόχρονα, το σύστημα διεύθυνσης προσφέρει την απαιτούμενη σταθερότητα.

Η κλίση του πείρου σε συστήματα ανεξάρτητης ανάρτησης με γόνατα Μακ-Φέρσον, φαίνεται στο Σχ.3.34, όπου η κατακόρυφος είναι παράλληλη με το επίπεδο του άξονα συμμετρίας του τροχού και άρα η γωνία Κάμπερ είναι μηδενική, ενώ φαίνεται και η R_o (θετική ακτίνα κύλισης).

Για να πλησιάζει η νοτιή προέκταση του πείρου στο κεντρικό σημείο επαφής του τροχού στο οδόστρωμα ή κοντά σ' αυτό, χωρίς να λαμβάνει μεγάλες τιμές η κλίση του πείρου - στην περίπτωση του ολόσωμου πρόσθιου άξονα - οι κατασκευαστές δίνουν μία κλίση και στο **ακραξόνιο** (Σχ.3.25 και Σχ.3.35), όπου φαίνεται η κλίση του ακραξιόνιου προς τα κάτω, σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, ρύθμιση που αντιστοιχεί στην γωνία Κάμπερ, και η οποία δίνει καλή σταθερότητα στην ευθύγραμμη πορεία του αυτοκινήτου.



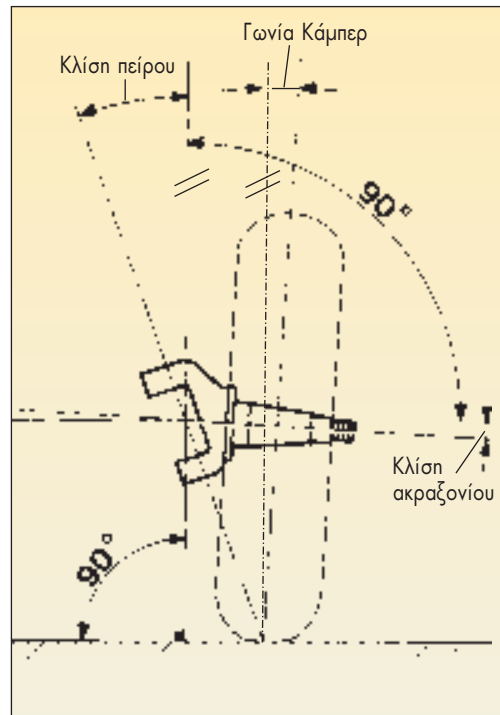
Σχ.3.34 Εγκάρσια κλίση του πείρου σε ανάρτηση Mac-Pherson

3.5.4. Γωνία C-P

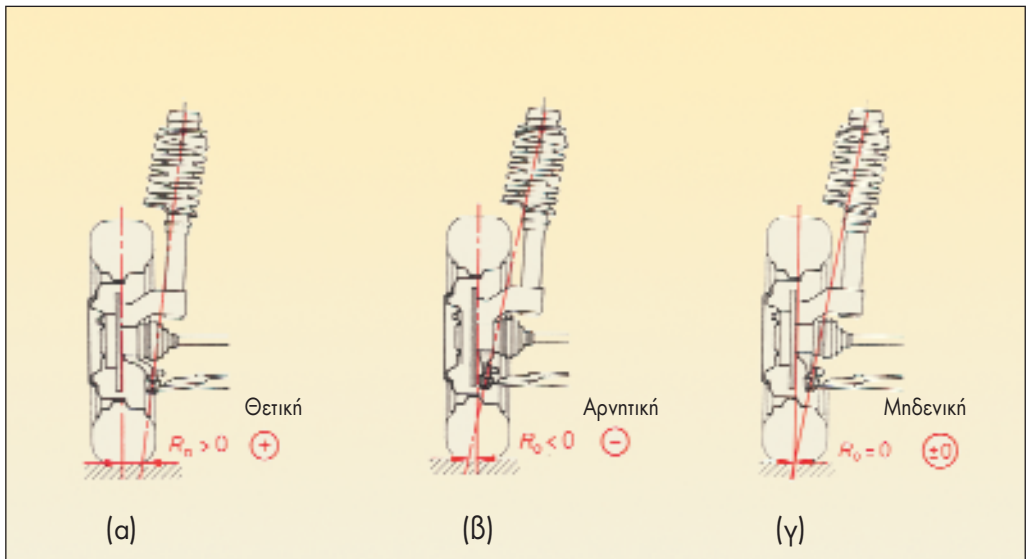
Η γωνία C-P (αναφέρεται σε διεθνή βιβλιογραφία και σαν Included angle - περιλαμβανόμενη γωνία) είναι το άθροισμα των απόλυτων τιμών της γωνίας Κάμπερ και της εγκάρσιας κλίσης του πείρου, που είναι γωνίες εφεξείς [Σχ.3.32(β)]. Το άθροισμα αυτό παραμένει σταθερό στις ταλαντώσεις του τροχού κατά τη διεύθυνση "πάνω-κάτω". Αν, δηλαδή, μειωθεί η γωνία κλίσης των σφαιρικών συνδέσμων ή, αντίστοιχα, του πείρου, αυξάνεται η γωνία Κάμπερ, και αντίστροφα. Και οι δύο πάντως, γωνίες, από κοινού επηρεάζουν την ακτίνα κύλισης R_0 .

Εάν παρατηρήσουμε τη γωνία C-P σε ανάρτηση με γόνατα Μακ-Φέρσον (Σχ. 3.36), βλέπουμε ότι παρουσιάζεται μία απόσταση R_0 (η γνωστή ακτίνα κύλισης) στο επίπεδο του οδοστρώματος.

- Όταν $R_0 > 0$, δηλαδή εάν υπάρχει κάποια απόσταση [Σχ.3.36(α)], τότε λέμε, ότι η ακτίνα κύλισης είναι **θετική**.
- Όταν τέμνονται οι δύο άξονες - πεί-



Σχ.3.35 Κλίση του ακραξιόνιου



Σχ.3.36 Γωνία C-P και ακτίνα κύλισης σε ανάρτηση με γόνατα Μακ-Φέρσον.
(α) Θετική ακτίνα κύλισης. (β) Αρνητική. (γ) Μηδενική

ρου και άξονα συμμετρίας του τροχού - πάνω από το έδαφος [Σχ.3.36 (β)], τότε $R_0 < 0$, και η ακτίνα κύλισης είναι **αρνητική**.

- Όταν οι προηγούμενοι άξονες τέμνονται στην επιφάνεια του εδάφους [Σχ.3.36(γ)], τότε $R_0 = 0$, δηλαδή η ακτίνα κύλισης είναι **μηδενική**.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο κατασκευαστής επιλέγει γωνία R_0 που θα επιτυγχάνει τη μικρότερη δυνατή καταπόνηση του συστήματος διεύθυνσης, την αποφυγή ολίσθησης και "κοσκινίσματος" των τροχών, όπως επίσης και τη μικρότερη δυνατή φθορά των ελαστικών.

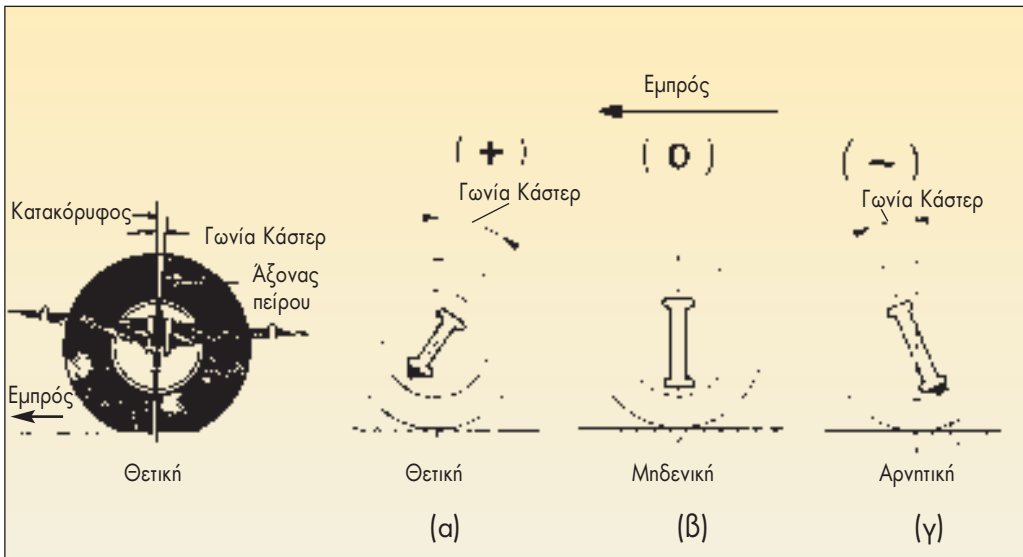
3.5.5. Γωνία Κάστερ

Για να υπάρχει ισχυρή τάση επαναφοράς των τροχών στην ευθύγραμμη πο-

ρεία μετά από στροφή, μόλις ο οδηγός πάψει να ενεργεί στο τιμόνι, δίνεται από τον κατασκευαστή και μία επιπλέον διαμήκης κλίση στον πείρο, που ονομάζεται γωνία Κάστερ.

Η **γωνία Κάστερ ή κατά μήκος κλίση του πείρου** (Σχ. 3.37) βρίσκεται σε επίπεδο παράλληλο με τον κατά μήκος άξονα του αυτοκινήτου και είναι η γωνία, που σχηματίζεται από την προέκταση του άξονα του πείρου και την κατακόρυφο, που περνά από το μέσον του πείρου, αν παρατηρήσουμε το αυτοκίνητο από το πλαϊνό του μέρος.

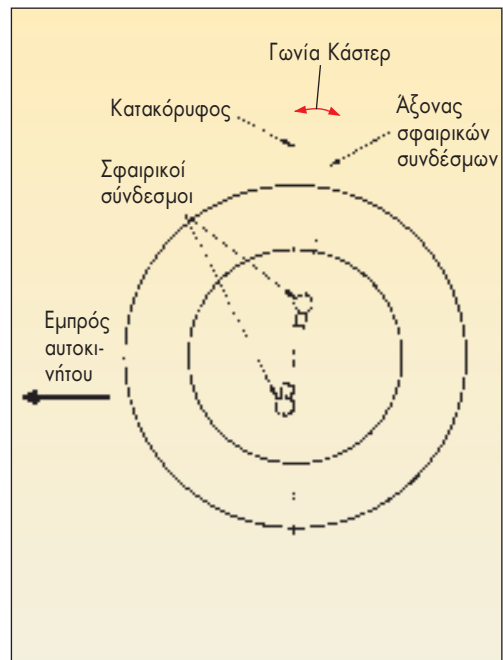
Εναλλακτικά, σε περίπτωση ανεξάρτητης ανάρτησης με ψαλίδια, η γωνία Κάστερ είναι η γωνία, που σχηματίζεται από την προέκταση των σφαιρικών συνδέσμων των ψαλιδιών και της κατακόρυφου, αν παρατηρήσουμε το αυτοκίνητο από το πλαϊνό του μέρος (Σχ.3.38).



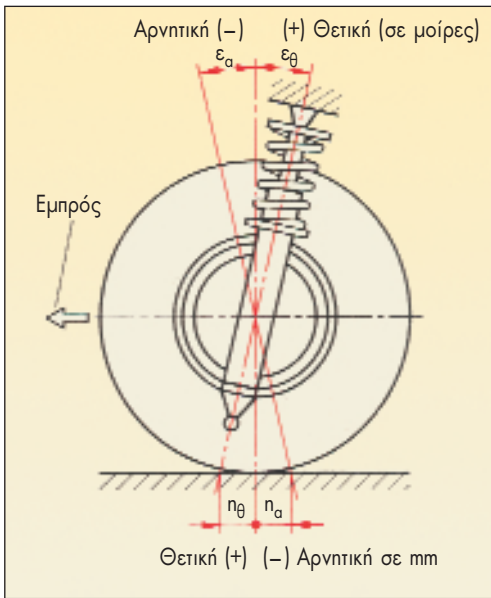
Σχ.3.37 Η γωνία Κάστερ
(α) Θετική (β) Μηδενική (γ) Αρνητική

Στην περίπτωση ανάρτησης με γόνατα Μακ-Φέρσον, η γωνία Κάστερ είναι η γωνία, που σχηματίζεται μεταξύ της νοητής αξονικής γραμμής γόνατου-αμορτισέρ και της αντίστοιχης κατακόρυφης (ϵ_σ , ϵ_θ) (Σχ.3.39).

Η γωνία Κάστερ είναι, συνήθως, θετική (ϵ_θ), και έχει τιμή από 1 έως 3 μοίρες και θεωρείται ως τέτοια (θετική), αν, παρατηρώντας, όπως είπαμε, το αυτοκίνητο από το πλαϊνό του μέρος, η προέκταση του άξονα του πείρου συναντά το οδόστρωμα εμπρός από το ίχνος του κατακόρυφου άξονα του τροχού στο οδόστρωμα (η_θ) (Σχ.3.39) [βλ. και Σχ.3.37(α) και Σχ.3.38]. Έτσι, δημιουργείται, τόσο από τη δύναμη ώθησης προς τα εμπρός, όσο και από την αντίδραση του οδοστρώματος προς τα οπίσω, ένα ζευγάρι δυνάμεων επαναφοράς των τροχών στην ευθύγραμμη πορεία, που είναι, μά-



Σχ.3.38 Θετική γωνία Κάστερ σε ανεξάρτητη ανάρτηση με σφαιρικούς συνδέσμους

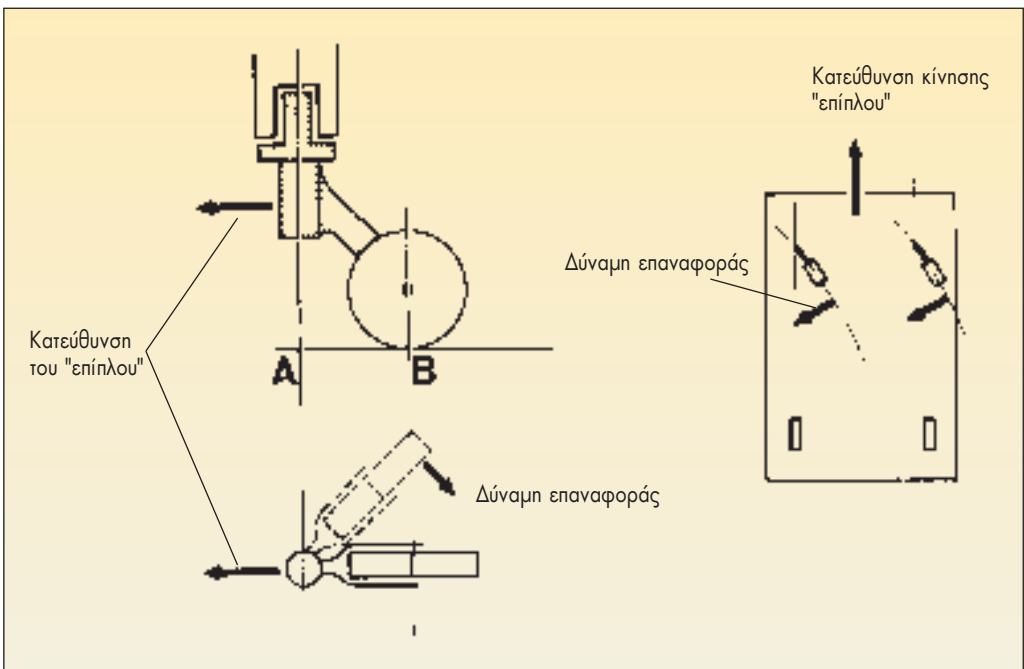


Σχ.3.39 Η γωνία Κάστερ σε σύστημα ανάρτησης Μακ-Φέρσον

λιστα, και ανάλογο προς την ταχύτητα του οχήματος. Στην περίπτωση που η γωνία είναι αρνητική, τότε το σημείο προέκτασης του πείρου με το οδόστρωμα γίνεται πίσω από το ίχνος του τροχού.

Η γωνία Κάστερ είναι εκείνη που επιτρέπει την κίνηση των τροχίσκων προς οποιαδήποτε κατεύθυνση, ακόμη και αν ωθηθούν τα "έπιπλα", που έχουν τροχίσκους "κάστερ" (Σχ.3.40).

Η γωνία Κάστερ είναι, επίσης, αυτή που επαναφέρει και διατηρεί στην ευθύγραμμη πορεία τον πρόσθιο τροχό του ποδηλάτου (Σχ.3.41), αν αφήσουμε το τιμόνι του ελεύθερο. Πράγματι, εάν παρατηρήσουμε τον σκελετό ενός ποδηλάτου, θα διαπιστώσουμε, ότι κατά την περιστροφή του τιμονιού, ο σκελετός ανασπ-



Σχ.3.40 Επίδραση της γωνίας Κάστερ σε τροχούς "επίπλων"

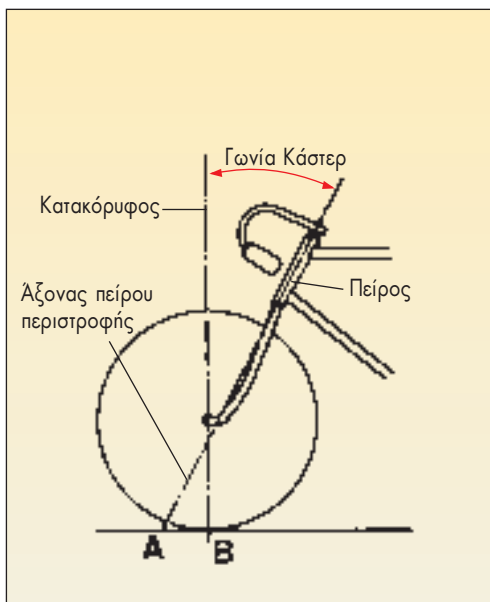
κώνεται. Κάτω από το βάρος, όμως, του ποδηλάτη και του ποδηλάτου, εφόσον αφήσουμε ελεύθερο το τιμόνι, ο σκελετός τείνει να κατέβει στην κατώτατη θέση του, στην οποία, τελικά, έρχεται, όταν το τιμόνι βρίσκεται στην ευθύγραμμη εμπρός θέση. Το ίδιο συμβαίνει και με το αυτοκίνητο.

Πέρα από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η θετική γωνία Κάστερ βελτιώνει την κατευθυντικότητα και σταθερότητα του οχήματος, όταν αυτό ακολουθεί ευθεία πορεία.

3.5.6. Σύγκλιση των τροχών

Επειδή υπάρχει μία απόσταση μεταξύ του άξονα επιπέδου συμμετρίας τροχού και του άξονα του πείρου, και επειδή, αναπόφευκτα, το όλο σύστημα έχει κάποια ελαστικότητα, όσο ισχυρός και αν είναι ο πρόσθιος άξονας, οι πρόσθιοι τροχοί έχουν την τάση να ανοίγουν προς τα έξω κατά την πορεία, ειδικά όταν υπάρχει θετική γωνία Κάμπερ, σε αυτοκίνητο με οπίσθια κίνηση. Επίσης, γενικότερα, όταν δημιουργείται στο σύστημα ακτίνα κύλισης θετική, συμβαίνει το ίδιο φαινόμενο. Να σημειωθεί εδώ, ότι σε περίπτωση έντονης γωνίας Κάμπερ, οι τροχοί κινούνται σαν κώνοι, με κέντρα κύλισης τις κορυφές των κώνων. Ο και Ο έχουν μία τάση απόκλισης, κατά τις διευθύνσεις F_1 (Σχ.3.42), με αποτέλεσμα να καταπονούνται τα μέρη του συστήματος διεύθυνσης και να φθείρονται τα ελαστικά των τροχών.

Για να αντιμετωπισθεί αυτό το πρόβλημα, οι κατασκευαστές δίνουν για τα οπισθοκίνητα οχήματα, εξ αρχής, μία μικρή σύγκλιση στους πρόσθιους τροχούς και στο εμπρόσθιο μέρους τους, ενώ για οχήμα-



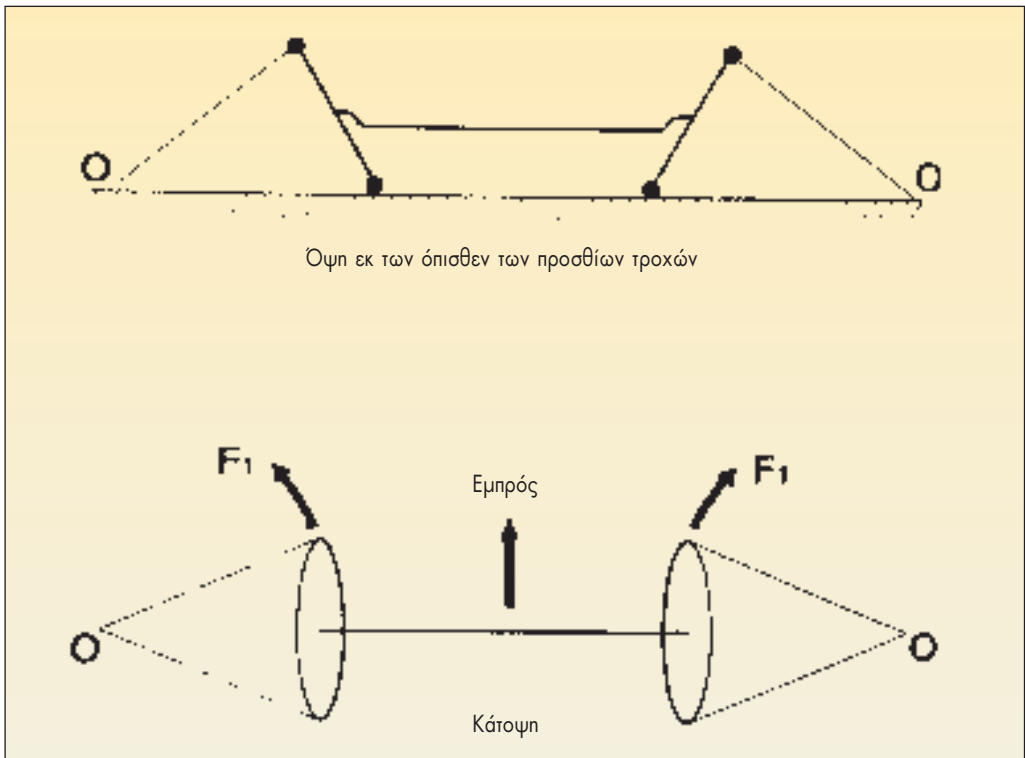
Σχ. 3.41 Η γωνία Κάστερ σε ποδήλατο

τα με πρόσθια κίνηση, γίνεται, συνήθως, το αντίθετο. Να σημειώσουμε εδώ, ότι σε ευθεία πορεία του αυτοκινήτου, οι τροχοί πρέπει να είναι παράλληλοι.

Στο Σχ. 3.43 φαίνεται η σύγκλιση των πρόσθιων τροχών σε αυτοκίνητο με κίνηση η οποία δίνεται στους οπίσθιους τροχούς του. Σε περίπτωση σύγκλισης, οι νοητοί άξονες συμμετρίας των τροχών, εάν προεκταθούν, συναντώνται αρκετά μακριά, αλλά, πάντως, στο εμπρόσθιο μέρος του αυτοκινήτου.

Η γωνία $\epsilon/2$, στο Σχ.3.43, που πρέπει να είναι ακριβώς ίδια, δεξιά και αριστερά, είναι η γωνία, κατά την οποία πρέπει να έχει ρυθμιστεί η στροφή κάθε τροχού, για να δημιουργηθεί η απαιτούμενη σύγκλιση.

Η διαφορά απόστασης του εμπρός και οπίσθιου μέρους των δύο πρόσθιων



Σχ.3.42 Αποτέλεσμα της θετικής γωνίας Κάμπερ είναι η κωνική κύλιση των τροχών και η τάση απόκλισής τους.

τροχών $\Sigma = l_2 - l_1$, δίνει το μέτρο της σύγκλισης των τροχών. Οι μετρήσεις γίνονται, αντιδιαμετρικά, στα χείλη που έχουν οι ζάντες και στο ύψος των ακραζονίων των τροχών (Σχ.3.44), ενώ η διαφορά από την πιο πάνω σχέση είναι λίγα χιλιοστά του μέτρου. Εναλλακτικά, πάντως, μπορούν να δοθούν οι γωνίες $\epsilon/2$ και σε μοίρες.

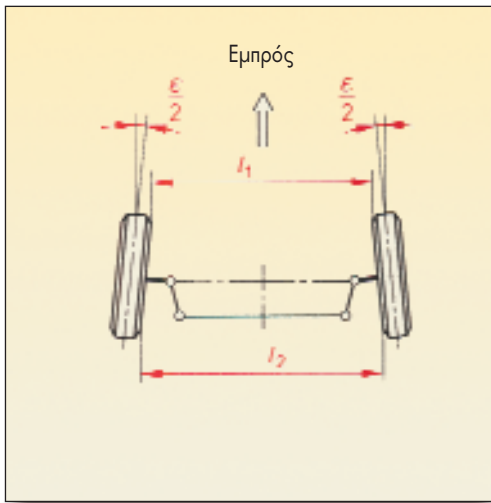
Όταν $l_2 - l_1 > 0$, τότε υπάρχει σύγκλιση των τροχών, ενώ όταν $l_2 - l_1 < 0$, υπάρχει απόκλισής τους. Τέλος, όταν $l_2 - l_1 = 0$, τότε η σύγκλιση των τροχών είναι μηδέν (μηδενική).

Η σωστή σύγκλιση των τροχών βελτιώνει

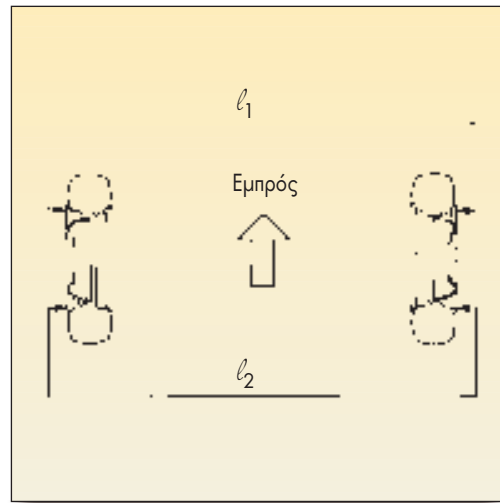
την ισορροπία κίνησης του αυτοκινήτου και μειώνει τη φθορά των ελαστικών.

Σε αρκετές σύγχρονες κατασκευές αυτοκινήτων, εκτός από τη ρύθμιση της σύγκλισης στους πρόσθιους τροχούς, ρυθμίζεται, ανάλογα βέβαια με την κατασκευή, και η σύγκλιση ή η απόκλιση των οπίσθιων τροχών.

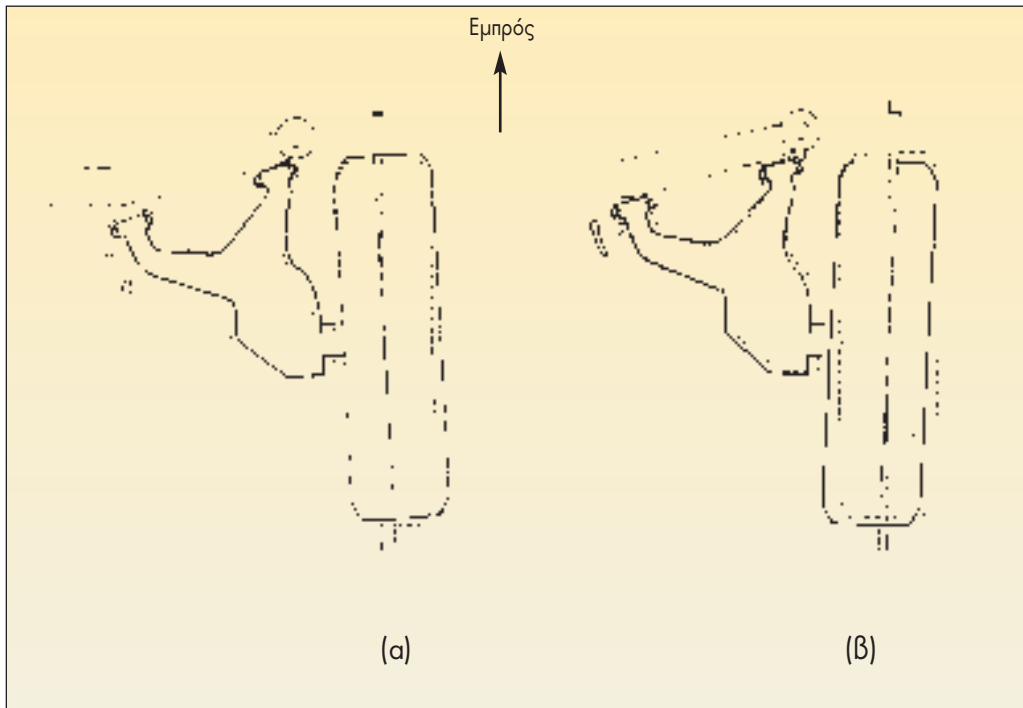
Στο Σχ.3.45 φαίνεται η ρύθμιση της σύγκλισης σε οπίσθιους τροχούς(α), της απόκλισης στους ίδιους τροχούς (β), ενώ στο Σχ.3.46 φαίνεται το σημείο από το οποίο υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της σύγκλισης/απόκλισης σε ανεξάρτητη ανάρτηση με υστερούντες βραχίονες οπίσθιων τροχών.



Σχ.3.43 Σύγκλιση των προσθίων διευθυντηρίων τροχών



Σχ.3.44 Σημεία μέτρησης της σύγκλισης



Σχ.3.45 Ρύθμιση της σύγκλισης - απόκλισης σε οπίσθιους τροχούς.

(α) Ρύθμιση της σύγκλισης. (β) Ρύθμιση της απόκλισης.

Ευθυγράμμιση του συστήματος διεύθυνσης

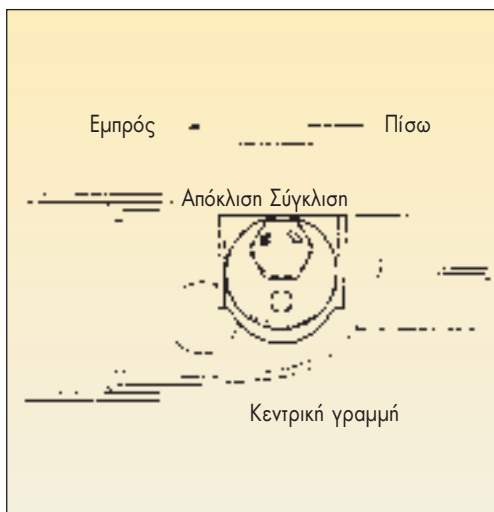
Με τον όρο ευθυγράμμιση, εννοούμε τη διαδικασία εκείνη, κατά την οποία ελέγχονται και ρυθμίζονται οι γωνίες Κάμπερ, Κάστερ, Κλίση του πείρου ή των σφαιρικών συνδέσμων, Σύγκλιση/απόκλιση των εμπροσθίων ή/και οπισθίων τροχών, σύμφωνα με τις προδιαγραφές των κατασκευαστών.

Η εργασία αυτή απαιτεί εμπειρία, σχολαστικότητα και γίνεται με ειδικό εξοπλισμό από εξειδικευμένο τεχνίτη.

3.6. Βλάβες - Φθορές - Συντήρηση

3.6.1. Ανεύρεση βλάβης

Για να διαπιστωθούν ανωμαλίες στη λειτουργία του συστήματος διεύθυνσης, το αυτοκίνητο δοκιμάζεται με πορεία σε ομαλό δρόμο και με διαφορετικές ταχύ-



Σχ.3.46 Σημείο ρύθμισης της σύγκλισης-απόκλισης σε υστερούντες βραχίονες οπίσθιων τροχών.

τητες, αρχίζοντας από τις χαμηλές προς τις υψηλότερες. Οι πιο συνηθισμένες από αυτές τις ανωμαλίες είναι:

1. Το τιμόνι να είναι "βαρύ".

Πιθανά αίτια:

- Πολύ χαμηλή πίεση αέρα ελαστικών.
- Έλλειψη λιπαντικού στην πυξίδα και στους λιπανόμενους σφαιρικούς συνδέσμους (εάν υπάρχουν σημεία λίπανσης).
- Τα ρουλεμάν του άξονα μέσα στην πυξίδα είναι πολύ σφιγμένα.
- Ο άξονας του τιμονιού έχει στρεβλωθεί.

2. Το τιμόνι να είναι πολύ "ελαφρύ".

Πιθανά αίτια:

- Ο μηχανισμός της πυξίδας ή της κρεμαγιέρας είναι πολύ φθαρμένος.
- Τα ρουλεμάν του άξονα που στηρίζουν τον ατέρμονα, είναι πολύ χαλαρά ή πολύ φθαρμένα.
- Ελεύθερες κινήσεις ("μπόσικα") ανάμεσα στο βραχίονα της πυξίδας (δάκτυλο) και τον άξονά του.
- Φθαρμένα ρουλεμάν πλήμνης τροχών.
- Φθαρμένοι ή πολύ χαλαροί σφαιρικοί σύνδεσμοι.

3. Το όχημα να παρουσιάζει αστάθεια οδήγησης, να στρέφεται, δηλαδή, συνεχώς προς τη μία πλευρά ή να στρέφεται άλλοτε προς τη μία και άλλοτε προς την άλλη πλευρά, παρά τη δέληση του οδηγού.

Πιθανά αίτια:

- Αντικανονική πίεση αέρα στα ελαστικά.

- Εσφαλμένη σύγκλιση τροχών.
- Ανομοιόμορφη γωνία Κάμπερ και Κάστερ μεταξύ δεξιών και αριστερών τροχών.
- Χαλαρά ρουλεμάν στις πλήμνες των τροχών.
- Φθαρμένοι σφαιρικοί σύνδεσμοι.
- Τριβείς φθαρμένου πείρου, αν αυτός υπάρχει στο σύστημα.
- Φθορά πυξίδας ή κρεμαγιέρας.
- Άνιση δύναμη στα ελατήρια ανάρτησης ή άλλη φθορά στην ίδια την ανάρτηση.
- Αζυγοστάθμιστοι τροχοί.

4. Οι τροχοί να παρουσιάζουν "κοσκίνισμα".

Πιθανά αίτια:

- Φθαρμένοι σφαιρικοί σύνδεσμοι, πείροι ή φθαρμένα τα έδρανά τους.
- Χαλασμένα αμορτισέρ.
- Υπερβολική πίεση αέρα στα ελαστικά.
- Χαλαρά ρουλεμάν πλήμνης (μουαγιέ).
- Χαλάρωση ακρόμπαρων.
- Αζυγοστάθμιστοι τροχοί.

5. Άνισομερές φθορά ελαστικών

Πιθανά αίτια:

- Αντικανονικές γωνίες Κάμπερ ή Κάστερ.
- Αντικανονική σύγκλιση ή απόκλιση τροχών.
- Αντικανονική πίεση αέρα ελαστικών.
- Χαλαρά ρουλεμάν πλήμνης τροχών.

3.6.2. Ρυθμίσεις

Οι γωνίες Κάμπερ και Κάστερ σε άλλα αυτοκίνητα είναι ρυθμιζόμενες, ενώ σε άλλα δεν είναι.

Πάντως, σε όσα αυτοκίνητα είναι δυνατή η ρύθμιση αυτή, πρέπει να γίνει με εξοπλισμό ευθυγράμμισης, σύμφωνα πάντοτε με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Η κλίση των σφαιρικών συνδέσμων σε οχήματα που διαθέτουν πρόσθια ανεξάρτητη ανάρτηση με βραχίονες, είναι δυνατόν να ρυθμιστεί. Έτσι, αν η κλίση αυτή μετρηθεί και βρεθεί έξω από τα κανονικά όρια της, σημαίνει ότι κάποιο εξάρτημα της πρόσθιας ανάρτησης έχει στρεβλωθεί και πρέπει να αντικατασταθεί. Το ίδιο ισχύει και για τα οχήματα με μη ρυθμιζόμενες γωνίες Κάμπερ και Κάστερ.

- **Προσοχή:** Δεν επιτρέπεται για κανένα λόγο, η επαναφορά οποιουδήποτε τμήματος του συστήματος διεύθυνσης που στεβλώθηκε, ή η παραμόρφωση κάποιου άλλου με την ελπίδα πιθανής αποκατάστασης της βλάβης στο σύστημα, γιατί υπάρχει κίνδυνος σπασίματος, κατά τη λειτουργία του, με καταστρεπτικά αποτελέσματα για το όχημα και τον οδηγό.

Η σύγκλιση των τροχών ρυθμίζεται με αυξομείωση του μήκους της μίας ή και των δύο συνδετικών ράβδων (ή των ακρόμπαρων) του συστήματος, οι οποίες έχουν στα άκρα τους αντίθετα σπειρώματα και ασφαλιστικά παξιμάδια.

3.6.3. Συντήρηση

Η συντήρηση του συστήματος διεύθυνσης γίνεται με οπτική επιθεώρηση όλων των μερών του για να διαπιστωθεί, ότι

οι κοχλίες και τα περικόχλια (παξιμάδια) είναι καλά σφιγμένα, ότι κανένας βραχίονας ή ράβδος δεν είναι στρεβλωμένη και ότι οι σφαιρικοί σύνδεσμοι ("μπαλάκια") δεν έχουν ελεύθερες κινήσεις (τζόγους) πέρα από τις κανονικές. Την πυξίδα την επιθεωρούμε για ύπαρξη κανονικής στάθμης λιπαντικού και για συμπλήρωση, εάν απαιτείται. Την κρεμαγιέρα την επιθεωρούμε για παρουσία λιπαντικού και για λίπανση, κατά διαστήματα, όπως προβλέπει ο κατασκευαστής. Εάν υπάρχει υδραυλική υποβοήθηση στο σύστημα, γίνεται επιθεώρηση, κατά τακτά διαστήματα, για την παρουσία κανονικής στάθμης λαδιού.

3.7. Ανακεφαλαίωση

- Το σύστημα διεύθυνσης είναι ένα συγκρότημα μηχανισμών, με το οποίο ο οδηγός κατευθύνει το αυτοκίνητο εκεί, όπου αυτός επιθυμεί.
- Ανάλογα με τη θέση των διεθυντήριων τροχών, υπάρχουν συστήματα με διεθυντήριους, είτε τους πρόσθιους τροχούς, είτε τους οπίσθιους, και αυτοκίνητα με διεύθυνση και στους τέσσερις τροχούς.
- Ανάλογα με την προέλευση της δύναμης περιστροφής του τιμονιού, διαμορφώνονται χειροκίνητα συστήματα διεύθυνσης, συστήματα με υποβοήθηση, συστήματα με ανεξάρτητη ενέργεια και συστήματα για διεύθυνση ρυμουλκούμενου οχήματος.
- Τα κύρια μέρη που αποτελούν ένα τυπικό σύστημα διεύθυνσης, περιλαμβάνουν το τιμόνι, τον άξονα διεύθυνσης, τον μηχανισμό διεύθυνσης (πυξίδα ή κρεμαγιέρα) και την κινηματική αλυσίδα (βραχίονες-ράβδους), για την σύνδεση του μηχανισμού διεύθυνσης με τους διεθυντήριους τροχούς. Η κρεμαγιέρα προτιμάται σε μικρά αυτοκίνητα, λόγω της απλούστερης σχετικά κατασκευής, αλλά και της αμεσότερης και ακριβέστερης διεύθυνσης που παρέχει.

δα ή κρεμαγιέρα) και την κινηματική αλυσίδα (βραχίονες-ράβδους), για την σύνδεση του μηχανισμού διεύθυνσης με τους διεθυντήριους τροχούς. Η κρεμαγιέρα προτιμάται σε μικρά αυτοκίνητα, λόγω της απλούστερης σχετικά κατασκευής, αλλά και της αμεσότερης και ακριβέστερης διεύθυνσης που παρέχει.

- Για την ανετότερη οδήγηση, είτε σε μεγάλα, είτε σε μικρά αυτοκίνητα, χρησιμοποιείται σύστημα με υδραυλική υποβοήθηση του τιμονιού. Αυτή επιτρέπει στον οδηγό να έχει μία πιο άνετη και λιγότερο κοπιώδη οδήγηση, αλλά και καλύτερο έλεγχο της πορείας του αυτοκινήτου.
- Για να στρίβει σωστά το όχημα και να κυλιόνται ομαλά οι τροχοί του, χωρίς να εμφανίζονται ολισθήσεις, χρησιμοποιείται ένας μηχανισμός στο σύστημα διεύθυνσης, που ονομάζεται "τετράπλευρο του Άκερμαν". Αυτός έχει συγκεκριμένη γεωμετρία και επιτρέπει σε όλους τους τροχούς, ενώ διαγράφουν διαφορετικές περιφέρειες κύκλων, να έχουν ένα κοινό κέντρο περιστροφής. Έτσι, ο εσωτερικός πρόσθιος διεθυντήριος τροχός στρέφεται περισσότερο από τον εξωτερικό, με αποτέλεσμα η κίνηση του αυτοκινήτου να γίνεται ομαλά και χωρίς ολισθήσεις, που θα συνεπάγονταν απρόβλεπτες καταστάσεις σε επίπεδο ασφάλειας.
- Για να κινούνται οι τροχοί, τόσο στην ευθύγραμμη πορεία, όσο και στις στροφές, με ευστάθεια, σταθερότητα και χωρίς ολισθήσεις, αλλά και για να αντιμετωπίζονται, αποτελεσματικά, οι όποιες επιπτώσεις από εμπόδια

κ.λπ., οι τροχοί κατασκευάζονται έτσι, ώστε να έχουν τις κατάλληλες κλίσεις. Δημιουργούνται δηλαδή γωνίες, όπως η Κάστερ, η Κάμπερ, η κλίση του πείρου, ή κλίση των σφαιρικών συνδέσμων σε ανεξάρτητη ανάρτηση, ή ακόμα η κλίση του γονάτου σε α-

νάρτηση Μακ-Φέρσον.

- Η σύγκλιση των τροχών, επίσης, ρυθμίζεται έτσι, ώστε να έχουμε ισορροπία κίνησης, μικρότερη καταπόνηση των μερών του συστήματος διεύθυνσης και μικρότερη φθορά των ελαστικών.

3.8 Ερωτήσεις - Ατομική εργασία



1. Ποιός είναι ο βασικός προορισμός του συστήματος διεύθυνσης ενός αυτοκινήτου;
2. Ποιά είναι τα κύρια μέρη του συστήματος διεύθυνσης;
3. Με ποιούς μηχανισμούς μειώνεται η καταπόνηση του οδηγού κατά την οδήγηση και πώς αυτό επιτυγχάνεται;
4. Τι είναι το σύστημα διεύθυνσης με υδραυλική υποβοήθηση και ποιά τα κύρια μέρη του;
5. Τι είναι το τετράπλευρο Άκερμαν και πώς λειτουργεί;
6. Ποιά ονομάζεται γωνία Κάμπερ και ποιός ο σκοπός της;
7. Ποιά ονομάζεται γωνία Κάστερ και τι σκοπό εξυπηρετεί;
8. Ποιά ονομάζεται εγκάρσια κλίση του πείρου ή κλίση των σφαιρικών συνδέσμων και σε τι χρησιμεύει;
9. Τι είναι η σύγκλιση ή η απόκλιση των πρόσθιων ή οπίσθιων τροχών και τι εξυπηρετεί;
10. Τι περιλαμβάνει η συντήρηση του συστήματος διεύθυνσης ενός οχήματος;
11. Ποιές είναι οι συνηθέστερες τυπικές βλάβες του συστήματος διεύθυνσης ενός αυτοκινήτου;

- 12.** Πού μπορεί να οφείλεται η ανισομερής φθορά των ελαστικών ενός οχήματος;
- 13.** Εξηγήστε πώς υπολογίζεται η περιεχόμενη (περιλαμβανόμενη) γωνία (C-P) με θετική ή αρνητική γωνία Κάμπερ.

14. Ατομική εργασία

Να συλλέξετε και να καταγράψετε στο τετράδιό σας, πληροφορίες από Service Manuals, Workshop Manuals ή Technical Datas, για το οικογενειακό αυτοκίνητό σας ή για τα αυτοκίνητα του "εργαστηρίου αυτοκινήτων" του σχολείου σας, σχετικά με τις προδιαγραφές των γωνιών του συστήματος διεύθυνσης, δηλαδή των γωνιών Κάμπερ, Κάστερ, περιεχόμενης γωνίας (C-P), κλίσης των σφαιρικών συνδέσμων, σύγκλισης/απόκλισης των πρόσθιων και οπίσθιων τροχών.

15. Ατομική εργασία

Μετά από την εκτέλεση των ασκήσεων των σχετικών με το σύστημα διεύθυνσης στο χώρο του "εργαστηρίου αυτοκινήτων", να γίνει λεπτομερής γραπτή περιγραφή για τον τρόπο ρύθμισης της σύγκλισης/απόκλισης των πρόσθιων και οπίσθιων τροχών, όπως επίσης και για τον τρόπο ρύθμισης των γωνιών Κάμπερ, Κάστερ και περιεχόμενης γωνίας (C-P) (με χρήση προδιαγραφής κλίσης των σφαιρικών συνδέσμων), αν βέβαια αυτές ρυθμίζονται.

16. Ατομική εργασία

Να αναφερθεί λεπτομερειακά ο εξοπλισμός που απαιτείται για την παραπάνω υπ'αριθμ.15 εργασία.