



# ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ -VEHICLE SUSPENSION SYSTEM-

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



*Φοιτητές: Μπέλλο Θοδωράκη, Μωυσίδης Χριστόφορος  
Επιβλέπων Καθηγητής: Χαραλαμπάκης Νικόλαος*

Ιούνιος 2018

## Περίληψη

Το σύστημα ανάρτησης αποτελείται από ένα σύνολο εξαρτημάτων, όπως είναι τα ελατήρια και τα αμορτισέρ, που συνεργάζονται μεταξύ τους μέσα από ένα πλέγμα συναρμογών και αρθρώσεων.

Η λειτουργία τους έχει να κάνει με τον έλεγχο των κατακόρυφων ταλαντώσεων του αυτοκινήτου περιορίζοντας την καταπόνηση του οχήματος από τους κραδασμούς. Ταυτόχρονα εξασφαλίζουν την επαφή των τροχών με το δρόμο προσφέροντας ισορροπία και ευστάθεια κατά την κίνηση του οχήματος. Παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην άνεση των επιβατών μέσα στην καμπίνα αλλά και στην ευστάθεια του αυτοκινήτου, κατά κύριο λόγο στις στροφές. Επιπλέον, παίζουν σημαντικό ρόλο και στην προστασία και την ασφάλεια των προϊόντων που μεταφέρονται, κυρίως από τα βαρέα οχήματα.

Το σύστημα ανάρτησης μεταδίδει όλες τις δυνάμεις που δημιουργούνται κατά την κίνηση του οχήματος, και γενικά την στατική και δυναμική κατάσταση του οχήματος, από τις μη αναρτημένες μάζες στις αναρτημένες μάζες αλλά και αντίστροφα.

Τα κύρια μέρη των συστημάτων αναρτήσεων είναι τα ελατήρια, τα αμορτισέρ, οι σφαιρικοί σύνδεσμοι και τα ελαστικά μέρη των αναρτήσεων που συμπληρώνονται από μονά ή διπλά ψαλίδια και τις εγκάρσιες στρεπτικές ράβδους. Στα βαρέα οχήματα χρησιμοποιούνται οι υδροπνευματικές αναρτήσεις και τις αναρτήσεις με αερόσουστες.



# Περιεχόμενα

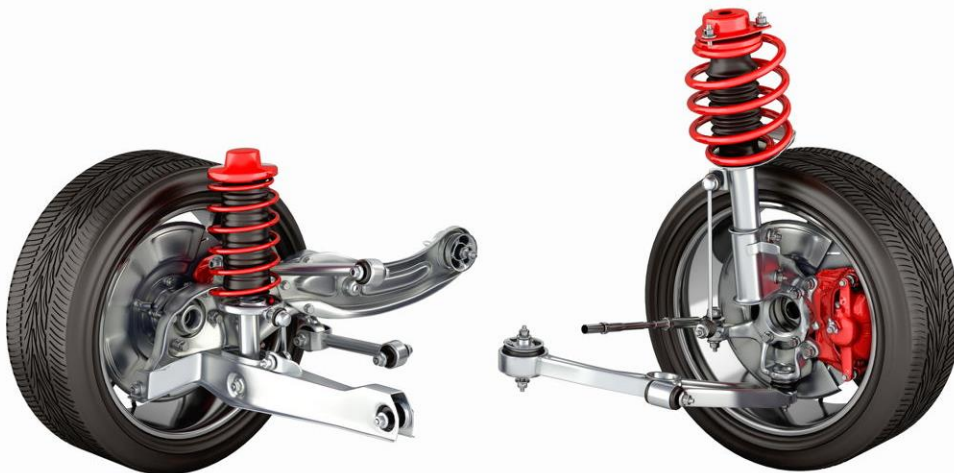
Περίληψη.....	2
Περιεχόμενα.....	3
Εισαγωγή.....	5
<b>Κεφάλαιο 1ο – Σκοπός του Συστήματος ανάρτησης.....</b>	<b>6</b>
<b>Κεφάλαιο 2ο – Είδη συστημάτων ανάρτησης.....</b>	<b>9</b>
2.1 Σύστημα ανάρτησης με άκαμπτους άξονες... ..	9
2.2 Σύστημα ανάρτησης με ημιάκαμπτους άξονες.....	11
2.3 Σύστημα ανάρτησης με ανεξάρτητη ανάρτηση αξόνων.....	12
2.4 Σύστημα ανάρτησης πολλαπλών συνδέσμων.....	12
2.5 Γεωμετρία των αναρτήσεων.....	14
2.5.1 Γεωμετρία ανάρτησης για διάφορα συστήματα αναρτήσεων.....	15
<b>Κεφάλαιο 3ο –Μέρη που απαρτίζουν τα συστήματα ανάρτησης και τρίποι κατασκευής.....</b>	<b>17</b>
3.1 Ελατήρια.....	17
3.1.1 Ημιελλειπτικά ελατήρια .....	17
3.1.2 Ελικοειδή ελατήρια .....	20
3.1.3 Τα σπειροειδή ελατήρια .....	21
3.1.4 Σληρά και μαλακά ελατήρια .....	23
3.2 Στρεπτικές ράβδοι.....	24
3.3 Αποσβεστήρες ταλαντώσεων.....	26
3.3.1 Υδραυλικός τηλεσκοπικός αποσβεστήρας .....	26
3.3.2 Ρυθμιζόμενα αμορτησέρ.....	29
3.3.3 Μαγνητοροϊκά αμορτησέρ.....	30
3.3.4 Μηχανικά μεταβαλλόμενης απόσβεσης αμορτισέρ.....	31
3.3.5 Ενεργές αναρτήσεις.....	31
3.4 Ελαστικά μέρη ανάρτησης.....	32
3.5 Ψαλίδια.....	33
3.6 Γόνατα Mc Pherson.....	35
3.7 Σφαιρικοί σύνδεσμοι.....	37
3.8 Υστερούντες και μη υστερούντες βραχίονες.....	38
3.8.1 Σύστημα αναρτήσεων με υστερούντες βραχίονες.....	38
3.8.2 Σύστημα αναρτήσεων με υστερούντες βραχίονες με ελικοειδή ελατήρια.....	39
3.8.3 Σύστημα ανάρτησης με ημι-υστερούντες βραχίονες με ελικοειδή ελατήρια.....	40
<b>Κεφάλαιο 4ο –Σύστημα ανάρτησης σε μοτοσυκλέτες και βαρέα οχήματα..</b>	<b>41</b>

4.1 Συστήματα αναρτήσεων μοτοσυκλετών.....	41
4.1.1 Είδη αναρτήσεων σε μοτοσυκλέτες.....	43
4.2 Συστήματα αναρτήσεων για βαρέα οχήματα.....	45
4.2.1 Παραβολικά ελατήρια.....	47
4.3 Υδροπνευματικές αναρτήσεις .....	49
4.4 Αναρτήσεις με αερόσουστες.....	51
<b>Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> – Βλάβες και Συντήρηση αναρτήσεων.....</b>	<b>54</b>
5.1 Βλάβες των συστημάτων ανάρτησης.....	54
5.1.1 Φλορά ελαστικών χιτωνίων και πειρών.....	54
5.1.2 Σπάσιμο ή κάμψη φύλλου ημιελλειπτικού ελατηρίου.....	54
5.1.3 Σπάσιμο ελικοειδούς ελατηρίου.....	54
5.1.4 Φθορές των σφαιρικών συνδέσμων.....	54
5.1.5 Βλάβες στα αμορτισέρ.....	55
5.2 Συντήρηση του συστήματος αναρτήσεων.....	55
5.2.1 Συντήρηση ανάρτησης με ημιελλειπτικά ελατήρια.....	55
5.2.2 Συντήρηση ανάρτησης με ψαλίδια .....	55
<b>Συμπεράσματα.....</b>	<b>56</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>58</b>
Βιβλία.....	58
Ιστοσελίδες.....	59

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σύστημα με το οδόστρωμα. Οι επιβάτες θα υπέφεραν και το ίδιο το όχημα θα καταστρεφόταν πάρα πολύ γρήγορα. Στην περίπτωση της μοτοσυκλέτας, η έλλειψη ανάρτησης θα είχε τραγικά αποτελέσματα για τους αναβάτες της.

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η ανάλυση των συστημάτων ανάρτησης από τα παλαιότερα μέχρι ανάρτησης ενός οχήματος είναι πολύ σημαντικό κομμάτι όλων των οχημάτων, είτε αυτά είναι επιβατηγά αυτοκίνητα, είτε είναι φορτηγά, είτε είναι μοτοσυκλέτες. Ένα όχημα χωρίς αναρτήσεις στην παραμικρή ανωμαλία του οδοστρώματος θα τρανταζόταν σε μεγάλο βαθμό και θα έχανε την επαφή και τα πιο σύγχρονα, είτε πρόκειται για αναρτήσεις αυτοκινήτων, μοτοσυκλετών ή φορτηγών.



Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύουμε τον σκοπό της ύπαρξης της ανάρτησης στα οχήματα και κάνουμε μια εισαγωγή στα συστήματα αναρτήσεων.

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφερόμαστε στα είδη των συστημάτων αναρτήσεων. Αναλύουμε τον τρόπο λειτουργίας τους παρουσιάζοντας τα χαρακτηριστικά του κάθε συστήματος, ενώ κάνουμε και μια εισαγωγή στον ρόλο που παίζει η γεωμετρία της ανάρτησης στην ευστάθεια του αυτοκινήτου.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζουμε αναλυτικά τα μέρη που αποτελούν μια ανάρτηση και παρουσιάζουμε τον ρόλο του κάθε υλικού μέσα σε ολόκληρο το σύστημα αναρτήσεων από τα ελατήρια μέχρι και τα αμορτισέρ. Επίσης κάνουμε μια μικρή αναφορά και στα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένες οι αναρτήσεις.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζουμε τα συστήματα αναρτήσεων που συναντούμε στις μοτοσυκλέτες και τα βαρέα οχήματα αναλύοντας τον τρόπο λειτουργίας τους στα συγκεκριμένα οχήματα.

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζουμε τις σημαντικότερες βλάβες που μπορούν να προκύψουν στα συστήματα ανάρτησης καθώς και τους τρόπους αντιμετώπισης τους.

Τέλος, στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζουμε τα συμπεράσματα μας από την έρευνα που κάναμε στα συστήματα ανάρτησης.

## **Κεφάλαιο 1ο – Σκοπός του Συστήματος ανάρτησης**

Το σύστημα ανάρτησης αποτελείται από ένα σύνολο μηχανικών αρθρώσεων και συναρμογών που συνεργάζονται αρμονικά με τα ελατήρια και τα αμορτισέρ και ελέγχουν την κατακόρυφη ταλάντωση των τροχών.

Η ανάρτηση είναι ένα τύπος ελαστικού συνδέσμου που ξεχωρίζει τις μη αναρτημένες μάζες, όπως οι τροχοί και οι δίσκοι πέδησης, από τις αναρτημένες, όπως είναι το πλαίσιο και η μηχανή και είναι το μέσο που παρεμβάλλεται μεταξύ των τροχών και του χώρου επιβατών.

Η λειτουργία των αναρτήσεων είναι σημαντική διότι αφορά την άνεση των επιβατών μέσα στην καμπίνα δηλαδή την μείωση των ταλαντώσεων που φτάνουν στο αμάξωμα (Παναγιωτίδης,2011). Επίσης, επειδή οι δρόμοι δεν είναι άψογοι αλλά έχουν λακκούβες και σαμαράκια το σύστημα αναρτήσεων απομονώνει την καμπίνα των επιβατών από τις ανωμαλίες αυτές. Το αυτοκίνητο πρέπει να μπορεί να ακολουθεί τις καμπύλες που διαγράφουν οι στροφές και να διατηρεί την πορεία που επιθυμεί ο οδηγός.

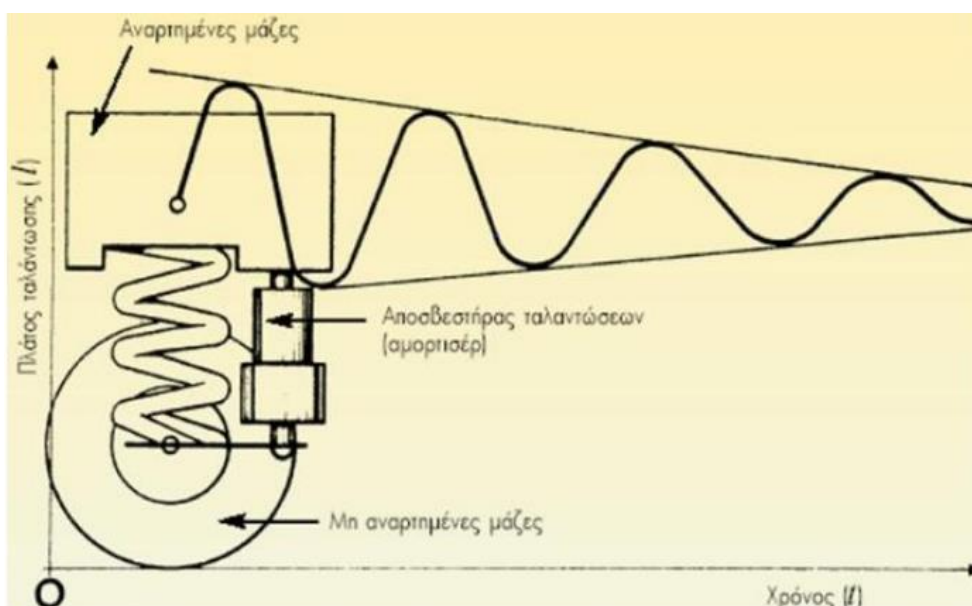
Η ανάγκη για τη δημιουργία ενός συστήματος ανάρτησης υπήρξε ήδη από την εποχή που ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε ως όχημα τις άμαξες. Το σύστημα ανάρτησης δημιουργήθηκε για να εξυπηρετεί συγκεκριμένους σκοπούς. Έχει ως αποστολή να εξασφαλίζει την ασφάλεια του οχήματος κατά την κίνηση, στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό, διατηρώντας την πρόσφυση του τροχού με το οδόστρωμα. Επιπλέον, να προσφέρει άνεση στους επιβάτες, ώστε να μη γίνονται δέκτες κραδασμών και αναπηδήσεων, εξαιτίας ανωμαλιών του οδοστρώματος και να εξασφαλίζει προστασία σε προϊόντα – εμπορεύματα, τα οποία ενδεχομένως κινδυνεύουν να καταστραφούν.

Η ανάρτηση ορίζει τη συμπεριφορά του αυτοκινήτου στο δρόμο, ενώ ένα σωστό ρυθμισμένο σύστημα οφείλει να αντιδρά σωστά στις δυνάμεις που ασκούνται επάνω του προσφέροντας άνεση και ασφάλεια.

Πιο αναλυτικά χρειάζεται να επιτρέπει στους τροχούς τις κατακόρυφες κινήσεις ώστε να ακολουθούν τα εμπόδια που συναντάνε στο δρόμο τους χωρίς να μεταβάλλεται η γεωμετρία τους. Επίσης πρέπει να εξασφαλίζει τη συνεχή επαφή των τροχών με το δρόμο, να επιτρέπει στους κατευθυντήριους τροχούς να στρίβουν, να περιορίζει τις κινήσεις τους στο διαμήκη άξονα μεταδίδοντας στο πλαίσιο τις δυνάμεις επιτάχυνσης από τη ροπή στρέψης των κινητήριων τροχών και τις δυνάμεις επιβράδυνσης από τα φρένα και, τέλος, να απομονώνει την καμίνια των επιβατών από τις αναταράξεις της κίνησης.

Η λειτουργία της ανάρτησης ορίζεται από τη γεωμετρία τους, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο εφάπτονται οι τροχοί στο δρόμο, κάτι που καθορίζει και την απόκριση του συστήματος διεύθυνσης. Όταν οι τροχοί του ίδιου άξονα είναι στραμμένοι αντίθετα ο ένας με τον άλλο προς τα μέσα ως προς τη διεύθυνση κίνησης, δηλαδή συγκλίνουν, τότε μιλάμε για θετική σύγκλιση. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν αποκλίνουν, έχουμε αρνητική σύγκλιση, ενώ όταν είναι εντελώς παράλληλοι έχουμε μηδενική σύγκλιση.

Υπάρχουν δύο ομάδες μαζών. Οι μη αναρτημένες μάζες και οι αναρτημένες μάζες. Στις μη αναρτημένες μάζες ανήκουν οι τροχοί και τα εξαρτήματα τα οποία συνδέονται μαζί τους. Σ' αυτή την ομάδα οι μάζες πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες. Στις αναρτημένες μάζες ανήκουν τμήματα του οχήματος, τα οποία εδράζονται επάνω στο σύστημα ανάρτησης και μέσω αυτού συνδέονται με τους τροχούς. (Αλεξάνδρου, κ.α,2001)



Εικόνα 1.1: Αναρτημένες και μη αναρτημένες μάζες



Όταν αναφερόμαστε στις αναρτήσεις, το μυαλό των περισσότερων πηγαίνει στα ελατήρια και στους αποσβεστήρες τα οποία είναι μέρη των συστημάτων αναρτήσεων και είναι πολύ σημαντικά για την λειτουργία του συστήματος αναρτήσεων. Παρόλα αυτά το πόσο καλά θα συμπεριφερθούν τα εξαρτήματα αυτά εξαρτάται από τον τύπο ανάρτησης με τον οποίο συνεργάζονται.

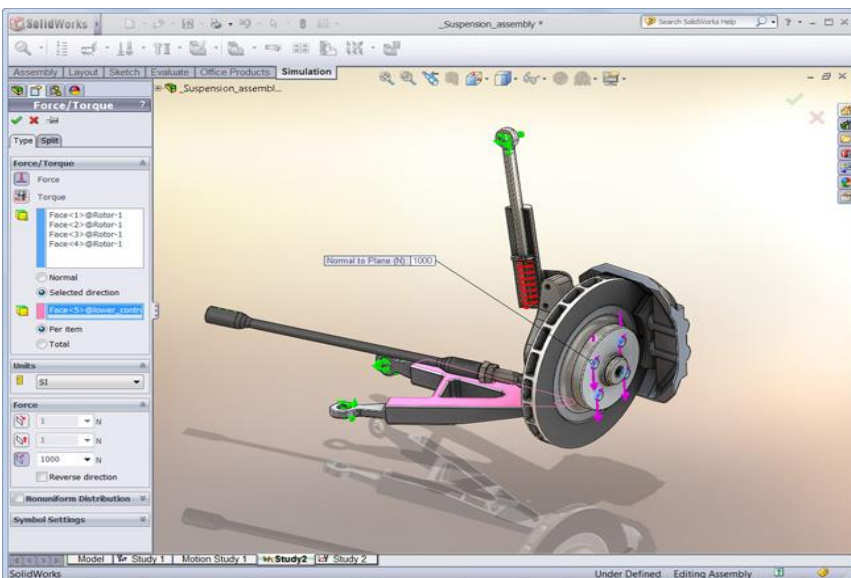
Αυτή την στιγμή υπάρχουν 4 συστήματα ανάρτησης:

- Σύστημα ανάρτησης με άκαμπτο άξονα
- Σύστημα ανάρτησης με ημιάκαμπτο άξονα
- Σύστημα ανεξάρτητης ανάρτησης
- Σύστημα ανάρτησης πολλαπλών συνδέσμων

Η σωστή επιλογή του συστήματος ανάρτησης είναι μια περίπλοκη διαδικασία και δύσκολη. Ο μηχανολόγος θα πρέπει να δώσει την λύση βάση του είδους και της χρήσης του αυτοκινήτου. Ένα μικρό αυτοκίνητο για παράδειγμα έχει διαφορετικές ανάγκες σε σύστημα ανάρτησης από ένα μεγάλο οικογενειακό αυτοκίνητο ή από ένα αυτοκίνητο “off road”.

Οι βασικές επιδιώξεις ενός σχεδιαστή συστημάτων αναρτήσεων είναι:

- Να κινούνται παλινδρομικά και να απορροφούν τους κραδασμούς και τις ταλαντώσεις από τις λακούβες και τα σαμαράκια του δρόμου
- Να συμβαίνουν όλα αυτά και παράλληλα να διατηρηθεί η σταθερότητα και η ευστάθεια του οχήματος κυρίως στις στροφές.



Εικόνα 2.1: Σχεδιασμός ανάρτησης με πρόγραμμα σε Η/Υ.

Τα συστήματα ανεξάρτητης ανάρτησης εξελίσσονται προς αυτή την κατεύθυνση καθώς κρατούν το αμάξωμα σε οριζόντια θέση και σε σταθερή απόσταση από το έδαφος ανεξάρτητα από την κίνηση των τροχών του οχήματος.



## Κεφάλαιο 2ο – Είδη συστημάτων ανάρτησης

### 2.1 Σύστημα ανάρτησης με άκαμπτους άξονες

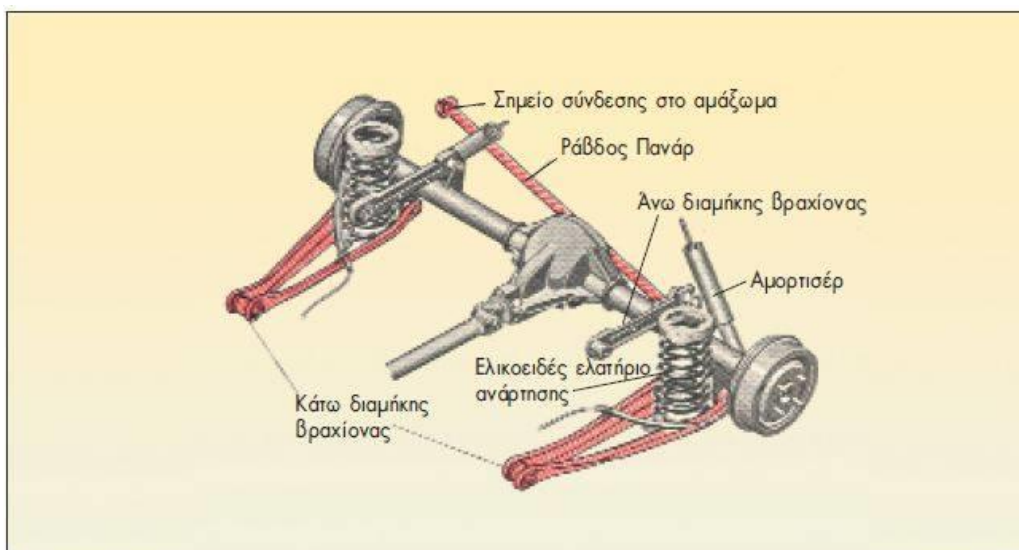
Το σύστημα ανάρτησης με άκαμπτους άξονες είναι η παλαιότερη μορφή ανάρτησης. Οι τροχοί συνδέονται απευθείας με τον άξονα, ο οποίος συνδεόταν στο πλαίσιο με διάφορους τρόπους όπως γινόταν παλιά στις άμαξες.

Βασικό πλεονέκτημα είναι η ευκολία κατασκευής και το χαμηλό κόστος καθώς επίσης και η δυνατότητα που προσφέρεται στους τροχούς να είναι συνεχώς κάθετοι στο οδόστρωμα. Βέβαια αυτό συμβαίνει μόνο στις εγκάρσιες μετακινήσεις του αμαξώματος και για αυτό τον λόγο είναι δημοφιλής σε αυτοκίνητα αγώνων επίδειξης.

Άκαμπτος άξονας με δυο λόγια σημαίνει ότι έχει έναν άξονα που ενώνει τους δύο πίσω τροχούς χωρίς να παραμορφώνεται (στρεβλώνει) κατά την πίεση που δέχεται σε στροφές ή στην πορεία εκτός δρόμου.

Στην συγκεκριμένη διάταξη οι δυνάμεις μεταφέρονται μέσω των ειδικών βραχιόνων, ενώ η πλευρική ευστάθεια και ο έλεγχος των εγκάρσιων μετατοπίσεων ελέγχεται από μια εγκάρσια ράβδο. Οι δυνάμεις αυτές μεταφέρονται κατά την επιτάχυνση και την επιβράδυνση του οχήματος.

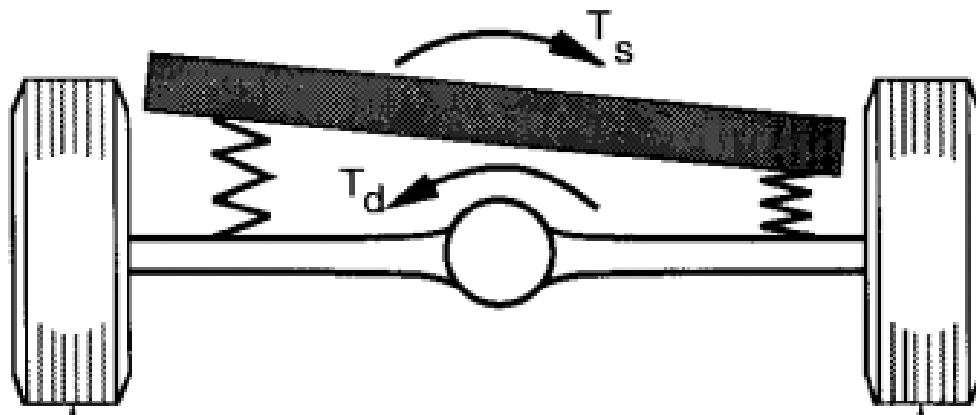
Οι αναρτήσεις με άκαμπτο άξονα με προσθήκη φύλλων σούστας χρησιμοποιούνται σε αρκετές περιπτώσεις σε αυτοκίνητα που κινούνται εκτός δρόμου. Η απλότητα και οι δυνατότητες ρύθμισης που προσφέρουν είναι το μεγάλο τους πλεονέκτημα



Εικόνα 2.2: Ανάρτηση άκαμπτου άξονα με φύλλα σούστας

Τα άκρα της εγκάρσιας ράβδου συνδέονται μέσω ελαστικών συνδέσμων τόσο με τον οπίσθιο άκαμπτο άξονα όσο και με το αμάξωμα. Το διαφορικό, που είναι και το βαρύτερο μέρος του άξονα, είναι στερεωμένο στο αμάξωμα και η κίνηση στους τροχούς μεταφέρεται μέσω των αξόνων και των δύο ημιαξονίων. Τα δύο ημιαξόνια έχουν τηλεσκοπικούς συνδέσμους που επιτρέπουν στο μήκος τους να αυξομειώνεται με αποτέλεσμα η μη αναρτημένη μάζα να γίνεται πιο ελαφριά.

Στις σύγχρονες παραλλαγές κατασκευής του άκαμπτου άξονα χρησιμοποιούνται ελικοειδή ελατήρια ανάρτησης όπου η πλευρική ευστάθεια του οχήματος πετυχαίνεται με τις εγκάρσιες ράβδους ενώ υπάρχουν και άλλες δυο ράβδοι σε τριγωνική διάταξη για την ώθηση του οχήματος. Η ανάρτηση αυτή συνδυάζει τα προτερήματα της ανάρτησης του άκαμπτου άξονα με τις αρετές της ανεξάρτητης ανάρτησης. (Αλεξάνδρου,2001)

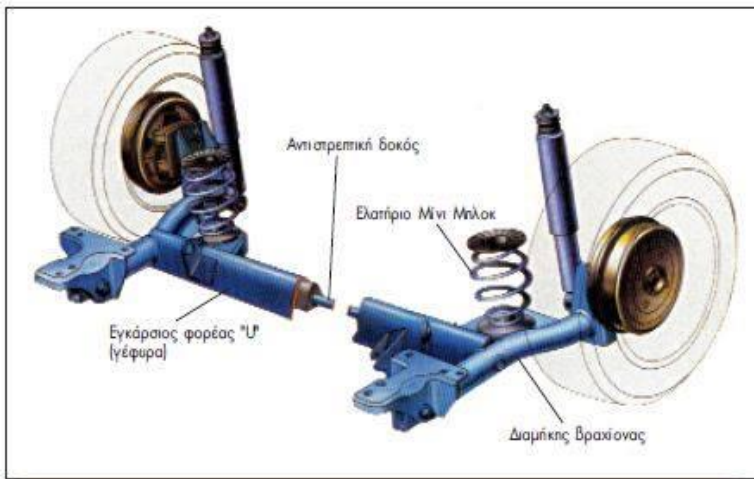


Εικόνα 2.3: Οπίσθιος άκαμπτος άξονας με ελικοειδή ελατήρια

## 2. 2 Σύστημα ανάρτησης με ημιάκαμπτους άξονες

Το σύστημα ανάρτησης με ημιάκαμπτο άξονα είναι παρόμοιο με το σύστημα ανάρτησης με άκαμπτο άξονα ο οποίος όμως μπορεί να πάρει κάποια στρέβλωση. Χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρά αυτοκίνητα πόλης και υπάρχει και η ανεξάρτητη ανάρτηση η οποία αφήνει τον κάθε τροχό να λειτουργεί ανεξάρτητα από τον απέναντί του. Ενεργεί σαν σταθεροποιητής ενώ αυξάνει και την ευστάθεια του αυτοκινήτου κατά τις στροφές.

Τα άκρα της «γέφυρας» ενός ημιάκαμπτου άξονα είναι συγκολλημένα με δύο παράλληλους διαμήκεις χαλύβδινους βραχίονες, δεξιά και αριστερά, ενώ πάνω στους βραχίονες



στερεώνονται οι τροχοί. Επίσης τα άκρα της γέφυρας στο άνω μέρος της έχουν ειδικά διαμορφωμένα στηρίγματα πρόσδεσης, όπου μέσω ελαστικών εδράνων, στηρίζονται με κοχλίες στο αμάξωμα. (Παπαγιαννόπουλος,2011)

**Εικόνα 2.4:** Συστήματα ανάρτησης με ημιάκαμπτο άξονα

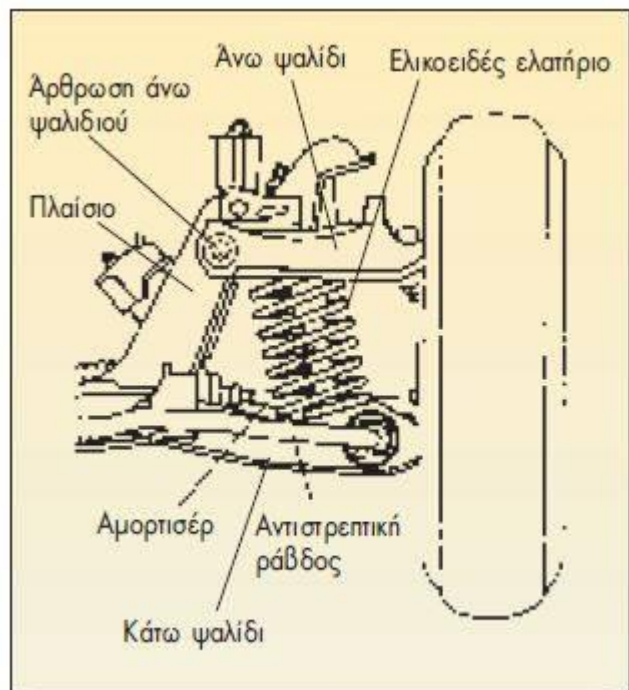
Τα άκρα της γέφυρας στο άνω μέρος της έχουν ειδικά διαμορφωμένα στηρίγματα πρόσδεσης όπου μέσω ελαστικών εδράνων στηρίζονται οι κοχλίες στο αμάξωμα. Έτσι, λοιπόν, επιτυγχάνεται η ταυτόχρονη ταλάντωση της γέφυρας στα έδρανα της. Η γέφυρα κατασκευάζεται από χάλυβα ελατηρίων, έχει μεγάλη αντίσταση σε κάμψη και παράλληλα παραλαμβάνει και τα στρεπτικά φορτία.

Στην εικόνα 2. 3 παρουσιάζεται ένα σύστημα ημιάκαμπτου άξονα, όπου οι δύο διαμήκεις βραχίονες δεν είναι παράλληλοι μεταξύ τους αλλά παρουσιάζουν μια απόκλιση προς τα πίσω και κατασκευάζονται από χάλυβα που έχει συγκολληθεί στα 2/3 του μήκους τους πάνω στην γέφυρα. Ο εγκάρσιος φορέας έχει λοξή θέση και έτσι προσδίδει μεγαλύτερη ευστάθεια κατά τις στροφές. (Ανδρινός,2001)

### 2. 3 Σύστημα ανάρτησης με ανεξάρτητη ανάρτηση αξόνων

Στο σύστημα αναρτήσεων με ανεξάρτητη ανάρτηση αξόνων ο κάθε τροχός είναι στερεωμένος με βραχίονα στο πλαίσιο ή στο αμάξωμα ανεξάρτητα από τον άλλο. Με αυτό τον τρόπο ο κάθε τροχός μπορεί να κινηθεί κατακόρυφα, ανεξάρτητα από τον άλλο ανάλογα με το εμπόδιο που θα συναντήσει. Ένα άλλο πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι ότι οι τροχοί μπορούν να κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις χωρίς η κίνηση του ενός να επηρεάζει την κίνηση του άλλου, ενώ το βάρος των μη αναρτημένων μαζών έχει ελαττωθεί σημαντικά και έχει κάνει τις αναρτήσεις αποτελεσματικότερες.

Υπάρχουν, επίσης, και οι ανεξάρτητες αναρτήσεις με ψαλίδια και ελικοειδή ελατήρια. Ο κάθε τροχός στηρίζεται με ψαλίδια, που είναι τοποθετημένα εγκάρσια στον διαμήκη άξονα του αυτοκινήτου και μπορεί να έχουν το ίδιο ή διαφορετικό μήκος. Όταν έχουν διαφορετικό μήκος, το κάτω ψαλίδι είναι μεγαλύτερο από το επάνω και τα ψαλίδια αρθρώνονται πάνω στο αμάξωμα με μπουλόνια. Το εξωτερικό τους άκρο στερεώνεται με σφαιρικούς συνδέσμους στο σώμα της βάσης του αμαξώματος. (Ανδρινός, 2001)



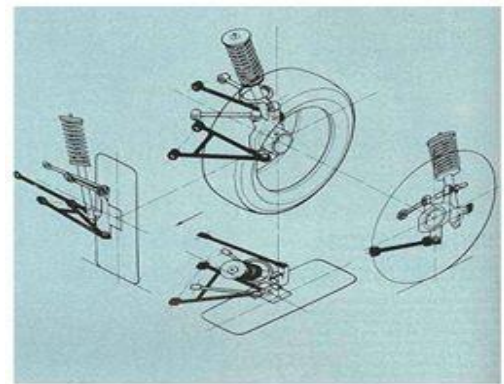
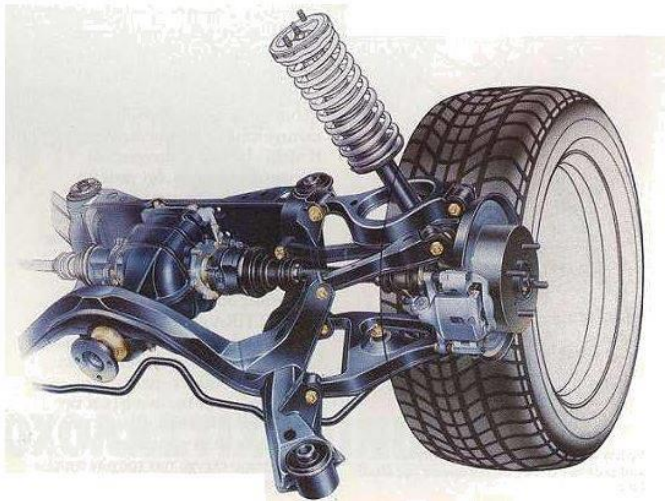
Εικόνα 2.4: Ανεξάρτητη ανάρτηση με ψαλίδια άνισου μήκους

### 2. 4 Σύστημα ανάρτησης πολλαπλών συνδέσμων (Multi-link suspension)

Η ανάρτηση πολλαπλών συνδέσμων είναι μια ανάρτηση με διπλά ψαλίδια από τα οποία το καθένα έχει χωριστεί σε δύο βραχίονες. Η διαμήκης σταθερότητα, η εγκάρσια τοποθέτηση και η μεταβολή της γωνίας camber<sup>1</sup> εξαρτώνται από τον κάθε βραχίονα που είναι υπεύθυνος για τις συγκεκριμένες παραμέτρους.

Η εγκάρσια τοποθέτηση του τροχού, δηλαδή η απόσταση από τον διαμήκη άξονα του αυτοκινήτου δεν είναι σταθερή και αμετάβλητη, γιατί εάν ένας τροχός μεταβάλλει την γωνία camber και διατηρεί το κέντρο του σταθερό ως προς το αυτοκίνητο, τότε τα πέλματα των δύο τροχών θα πλησιάζουν ή θα απομακρύνονται πράγμα που θα καταπονεί πάρα πολύ τα ελαστικά. (Knowles,1997)

Οι βραχίονες ενός τέτοιου μηχανισμού πρέπει να μπορούν να συνεργάζονται για τον ίδιο σκοπό, χωρίς όμως ο ένας να παρεμποδίζει τη δουλειά του άλλου. Επίσης, θα πρέπει να βρίσκονται και σε τέτοιες θέσεις και σχήμα, που να αφήνουν χώρο στο σχεδιαστή για την τοποθέτηση άλλων εξαρτημάτων του αυτοκινήτου.

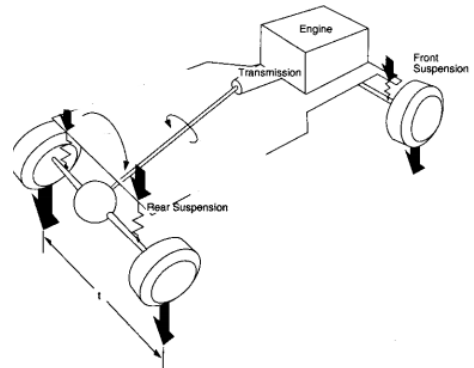


Εικόνα 2.5 α & β : Ανάρτηση τύπου Multi link

Η ανάρτηση multi-link έχει ένα μειονέκτημα και αυτό είναι το περιορισμένο εύρος κίνησης πέρα από το οποίο οι μεταβολές της γωνίας camber είναι επιβαρυντικές για το αυτοκίνητο. Αυτός είναι ο κύριος λόγος που δεν υπάρχουν στους πίσω τροχούς των επιβατικών αυτοκινήτων αλλά μόνο σε αγωνιστικά αυτοκίνητα.

## 2. 5 Γεωμετρία των αναρτήσεων

Η γεωμετρία της ανάρτησης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ευστάθεια και ασφάλεια του αυτοκινήτου. Ο συνδυασμός της κακής ανάρτησης, της ανύπαρκτης γεωμετρίας, των μαλακών ελατηρίων και του ύψους του αμαξώματος από το έδαφος, κάνει το αυτοκίνητο να γέρνει, συμπιέζοντας τα ελατήρια. Υπεύθυνη για την κλίση, δηλαδή για την περιστροφή του αμαξώματος περί το διαμήκη άξονα



είναι βέβαια η φυγόκεντρη δύναμη. Όσο πιο «μαλακά» είναι τα ελατήρια της ανάρτησης, τόσο πιο πολύ γέρνει το αμάξωμα, μεταβαλλώντας τη γωνία του ως προς το οριζόντιο επίπεδο που ορίζεται από την επιφάνεια του δρόμου. Υπάρχουν βέβαια προηγμένα τεχνολογικά αυτοκίνητα με μελετημένες γεωμετρικά αναρτήσεις που επιτρέπουν στο αυτοκίνητο να γέρνει χωρίς να χάνει το κράτημα του στον δρόμο. Αυτό που είναι σημαντικό δεν είναι το που βρίσκονται τα κέντρα περιστροφής που ορίζουν το διαμήκη άξονα γύρω απ' τον οποίο το αμάξωμα γέρνει (περιστρέφεται, rolls), αλλά το πώς οι διάφοροι τύποι ανάρτησης επηρεάζουν τα Κέντρα Περιστροφής, άρα τη θέση του άξονα περιστροφής κι, επομένως, τις τυχόν κλίσεις του αμαξώματος.

Η μεταβολή των γωνιών των τροχών είναι ένα ακόμα ανεπίθυμητο φαινόμενο στο οποίο παίζουν σημαντικό ρόλο οι αναρτήσεις, ενώ το «τερμάτισμα» της ανάρτησης εξαρτάται από την γεωμετρία των αναρτήσεων.

Τα Κέντρα Περιστροφής (ένα για την εμπρός κι ένα για την πίσω ανάρτηση) δεν είναι σημεία υπαρκτά που μπορεί να σκύψει κάποιος και να δει, άλλα σημεία θεωρητικά, γεωμετρικά. Αν τα γνωρίζουμε μπορούμε να τραβήξουμε μια ευθεία απ' το ένα στο άλλο και να έχουμε το Διαμήκη Άξονα περιστροφής. Σε ορισμένα συστήματα ανάρτησης, το Κέντρο Περιστροφής βρίσκεται «επάνω» στην ανάρτηση. Σ' άλλα βρίσκεται σε κάποιο φανταστικό σημείο στο κενό. Στις πιο πολλές περιπτώσεις το σημείο του κέντρου περιστροφής βρίσκεται κάπου ανάμεσα στην επιφάνεια του δρόμου και το ύψος του άξονα του τροχού. Η απόσταση του κέντρου περιστροφής από το έδαφος, το ύψος του δηλαδή, παίζει αποφασιστικό ρόλο στο κράτημα του δρόμου. Σε αρκετά συστήματα ανάρτησης το ύψος του Κέντρου περιστροφής μεταβάλλεται καθώς το αμάξωμα γέρνει στις στροφές.

Πέρα απ' το ότι είναι το κέντρο γύρω απ' το οποίο γέρνει (κλίνει) το αμαξώμα, το κέντρο περιστροφής διαθέτει ένα ακόμα χαρακτηριστικό. Η εγκάρσια δύναμη της φυγόκεντρης «μεταδίδεται» από το φερόμενο στο μη φερόμενο βάρος, μέσω του Κέντρου περιστροφής. Οι βραχίονες που συγκρατούν τους τροχούς στηρίζονται σε διάφορα σημεία του αμαξώματος ή του υποπλαισίου, ανάλογα με τον τύπο του αυτοκινήτου. Παρόλη την ποικιλία των σημείων στήριξης όμως, το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι η φυγόκεντρη δύναμη επιβάλλεται πάλι σ' ένα σημείο που βρίσκεται κάπου ανάμεσα στις μάζες του φερόμενου και του μη φερόμενου βάρους. (Παπαγιαννόπουλος, 2011)

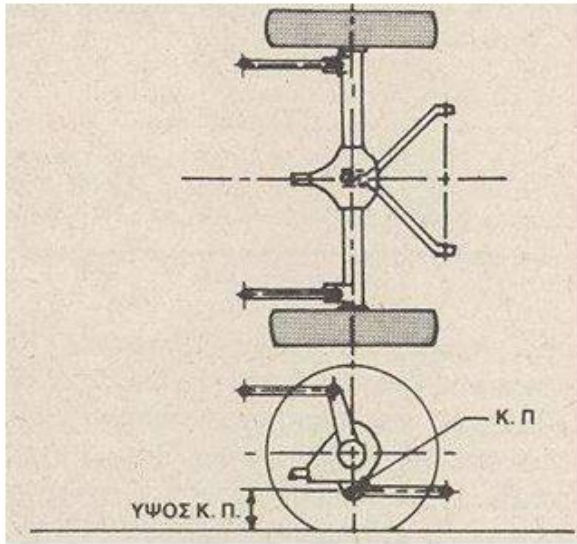
### **2. 5. 1 Γεωμετρία ανάρτησης για διάφορα συστήματα αναρτήσεων**

Ας αρχίσουμε από τις πιο απλές αναρτήσεις, αυτές που χρησιμοποιούν τα, περίφημα πια, ημιελλειπτικά φύλλα σούστας και τον άκαμπτο άξονα. Η θέση του κέντρου περιστροφής, σ' αυτό το σύστημα εξαρτάται από τον τύπο των βραχιόνων που στηρίζουν τον άκαμπτο άξονα. Οι βραχίονες αυτοί ορίζουν τη θέση του άκαμπτου άξονα (που πολλοί ονομάζουν γενικά διαφορικό) και περιορίζουν την κίνηση του εμπρός-πίσω σε σχέση με το πλαίσιο. Προσεκτικότερη μελέτη και σύγκριση με τα συστήματα ανάρτησης των αυτοκινήτων της αγοράς μπορεί να οδηγήσει σε πιο επιτυχημένη επιλογή αυτοκινήτου.

Αν κανείς τοποθετήσει μια ακόμα ράβδο στήριξης ανάμεσα στον άξονα (διαφορικό) και το πλαίσιο (σασί), τότε σίγουρα θα αλλάξει και το ύψος του κέντρου περιστροφής. Για να προσφέρει έργο η ράβδος αυτή πρέπει να είναι πιο σκληρή από τα ελατήρια, ώστε να εμποδίζει την εγκάρσια μετατόπιση του άξονα και τη μεταβολή των γωνιών σύγκλισης/απόκλισης των πίσω τροχών που επακολουθεί. Τα ημιελλειπτικά ελατήρια δεν ορίζουν πλέον τη θέση του άκαμπτου άξονα στην εγκάρσια κίνηση, αλλά μόνο στην εμπρός-πίσω.

Παράλληλα όμως παρακολουθούμε, με τη φαντασία μας, και τις κινήσεις ενός τροχού σε μια ανεξάρτητη ανάρτηση. Ο τροχός κινείται προς τα εμπρός. Κάποια στιγμή συναντά μια ανωμαλία του δρόμου, μια υπερύψωση της ασφάλτου. Ο τροχός και το ημιαξόνιο ανεβαίνουν διαγράφοντας ένα τόξο γύρω απ' ένα σημείο που αποκαλούμε στιγμιαίο κέντρο περιστροφής. Το σημείο αυτό μπορεί να είναι πραγματικό ή υποθετικό. Για κάθε στιγμή της κίνησης του τροχού όμως υπάρχει ένα στιγμιαίο κέντρο περιστροφής. Στην εικόνα 2. 6 μπορείτε να δείτε που βρίσκονται τα στιγμιαία κέντρα περιστροφής για μια ανάρτηση (ανεξάρτητη) με διπλά ψαλίδια.

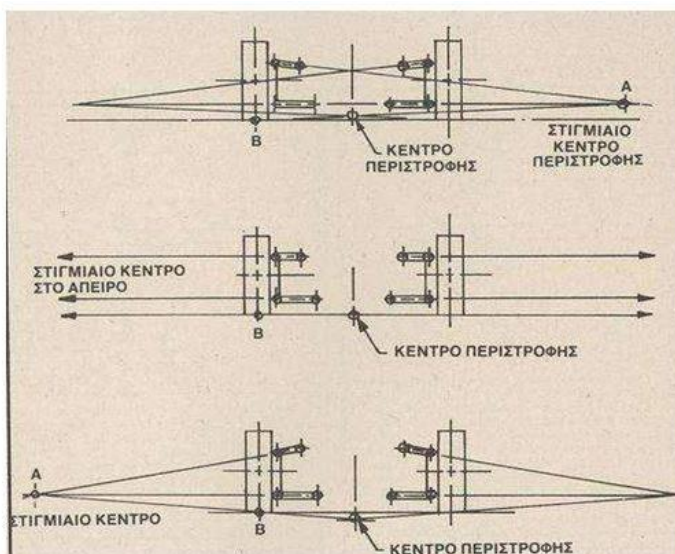




**Εικόνα 2.6: Κέντρο Περιστροφής Συστήματος Ανάρτησης με άκαμπτο άξονα**

Αν ένας άκαμπτος άξονας έχει δύο διαμήκειες ράβδους για τη στήριξή του στον διαμήκη άξονα και εξασφαλίζει τη στήριξή του στο εγκάρσιο επίπεδο μ' ένα κεντρικό σημείο στήριξης που βρίσκεται στο κέλυφος του διαφορικού, τότε το σημείο αυτό είναι το Κέντρο Περιστροφής.

Για να στηρίξουμε έναν άκαμπτο πίσω άξονα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα βραχίονα A σαν αυτό στην εικόνα 2. 7, ένα σύνδεσμο Βατ ή μια ράβδο Πανάρ. Όλοι κάνουν την ίδια δουλειά και δεν επηρεάζουν το κέντρο περιστροφής, το μόνο που αλλάζει τη θέση του είναι το ύψος του σημείου στήριξης του βραχίονα στο κέλυφος του διαφορικού. Η διάταξη αυτή δίνει ουδέτερα χαρακτηριστικά κρατήματος, γιατί ο Άξονας Περιστροφής είναι παράλληλος με το οριζόντιο επίπεδο.



**Εικόνα 2.7: Κέντρο Περιστροφής σε σύστημα ανάρτησης με διπλά ψαλίδια**

Το Κέντρο Περιστροφής για μια ανάρτηση με διπλά «ψαλίδια» ή βραχίονες σχήματος A μπορεί να βρίσκεται σε οποιοδήποτε ύψος, ανάλογα με τις γωνίες που σχηματίζουν τα ψαλίδια. Το Κέντρο Περιστροφής στο σύστημα βρίσκεται αν συνδέσουμε το στιγμιαίο κέντρο περιστροφής A με το σημείο επαφής του λάστιχου με το δρόμο B. Λόγω μεγάλου μήκους του υποθετικού βραχίονα (το σημείο A βρίσκεται πολύ πέρα από το αυτοκίνητο και το διαφορικό), το Κέντρο Περιστροφής του αυτοκινήτου βρίσκεται πολύ κοντά στο έδαφος. Όταν τα διπλά ψαλίδια είναι παράλληλα, τότε ο υποθετικός βραχίονας αιωρείται με κέντρο κάποιο σημείο στο άπειρο και το Κέντρο Περιστροφής βρίσκεται στην επιφάνεια του δρόμου. Τέλος, όταν τα πάνω ψαλίδια είναι τοποθετημένα όπως στην εικόνα 2.7γ, τότε το κέντρο περιστροφής βρίσκεται σε κάποιο σημείο κάτω απ' την επιφάνεια του εδάφους.

Στα αυτοκίνητα με αναρτήσεις τύπου Mc Pherson για λόγους οικονομίας χώρου αλλά και καλύτερης οδικής συμπεριφοράς το κέντρο περιστροφής είναι πάντα πάνω από το έδαφος αλλά όχι μακριά από αυτό.

Στις αναρτήσεις με τους ημι-υστερούντες βραχίονες ο άξονας αιώρησης σχηματίζει γωνία με τον διαμήκη άξονα του αυτοκινήτου. Για να βρούμε το στιγμιαίο κέντρο περιστροφής αυτού του συστήματος πρέπει να διαθέτουμε μια κάτοψη της ανάρτησης. Στην κάτοψη σύρουμε μια ευθεία που να ενώνει τα δύο σημεία στήριξης του ημιυστερούντος βραχίονα και την προεκτείνουμε μέχρι να συναντήσει τον άξονα του ημιαξονίου. Στο σημείο που οι δύο ευθείες τέμνονται βρίσκεται το στιγμιαίο κέντρο περιστροφής. Το μήκος του υποθετικού αιωρούμενου βραχίονα είναι πολύ μεγάλο σ' αυτόν τον τύπο της ανάρτησης, πολύ μεγαλύτερο από το μήκος του πραγματικού βραχίονα.

Αυτό οδηγεί σ' ένα κέντρο περιστροφής, που βρίσκεται πολύ πιο χαμηλά από τους ημιυστερούντες βραχίονες. Το μήκος του υποθετικού αιωρούμενου βραχίονα είναι αυτό που ορίζει και το ποσοστό μεταβολής της γωνίας camber του τροχού. Ένας μεγάλος υποθετικός βραχίονας θα παρουσιάζει μικρότερες μεταβολές για την ίδια κίνηση του τροχού (πάνω-κάτω) απ' ότι ένας μικρός. (Καββαθάς, 2012)

## **Κεφάλαιο 3ο – Μέρη που απαρτίζουν τα συστήματα ανάρτησης και τρόποι κατασκευής**

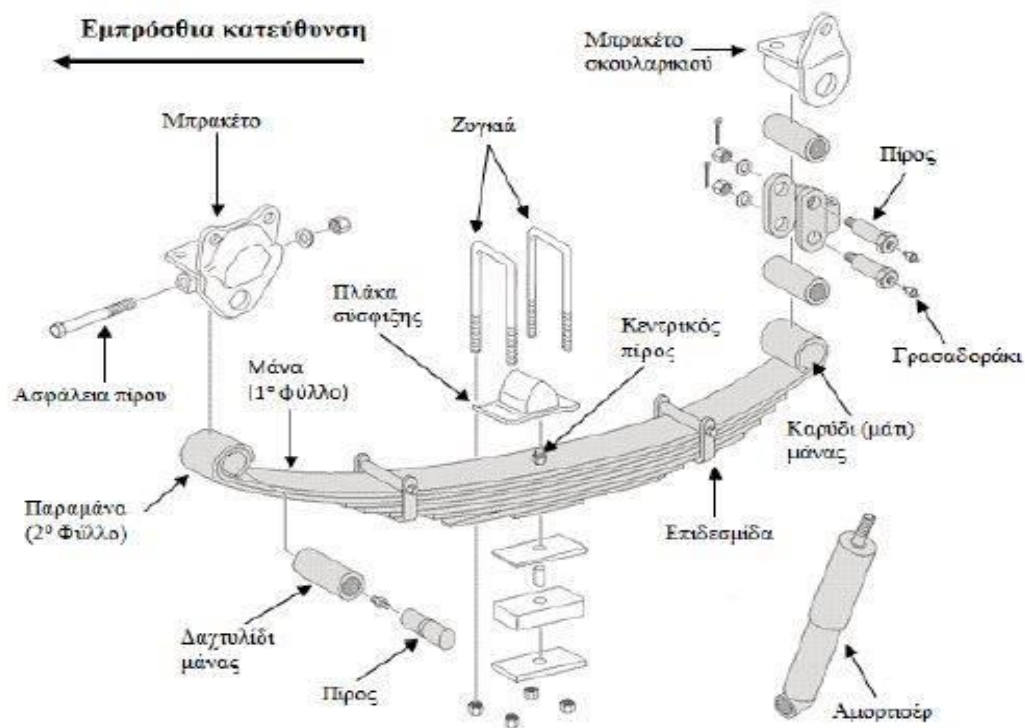
### **3. 1. 1. Ημιελλειπτικά ελατήρια**

Τα ημιελλειπτικά ελατήρια είναι από τα πρώτα ελατήρια που χρησιμοποιήθηκαν στα συστήματα αναρτήσεων και σήμερα χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στα βαρέα οχήματα. Τα ημιελλειπτικά ελατήρια κατασκευάζονται από μια σειρά ελασμάτων χάλυβα που το μήκος τους μειώνεται διαδοχικά καθώς τοποθετούνται αλληπάλληλα το ένα πάνω στο άλλο.

Τα ελάσματα αυτά συνδέονται με έναν κεντρικό πείρο που τα διαπερνά και μπορούν να είναι από δύο έως δέκα όταν χρησιμοποιούνται για βαρέα οχήματα. Τα ελατήρια που θα πρέπει να παραλάβουν μεγάλα φορτία είναι ακόμα μεγαλύτερα από το πρώτο και φθάνουν μέχρι τα άκρα. Το σύνολο αυτών των ελασμάτων λειτουργούν σαν ενιαίο κομμάτι το οποίο είναι στην μέση χοντρό και λεπτό στην άκρη αλλά με ελαστικότητα μεγαλύτερη απ'όσο θα είχε ένα συμπαγές κομμάτι.

Η «μάννα» είναι το κυριότερο έλασμα, και στις δύο του άκρες κάμπτεται για να σχηματίσει δύο οπές. Το ένα του άκρο συνδέεται στο πλαίσιο με τη βοήθεια ενός πείρου και δημιουργείται άρθρωση, στην οποία επιτρέπεται η περιστροφή του ελατηρίου γύρω από τον άξονα του πείρου. Μεταξύ του πείρου και της οπής τοποθετείται ελαστικό δαχτυλίδι για απορρόφηση κραδασμών και θορύβου (Silent Block – Σινεμπλόκ). Το άλλο άκρο του ελατηρίου συνδέεται, επίσης, στο πλαίσιο, με τη βοήθεια μιας διπλής άρθρωσης, η οποία ονομάζεται «σκουλαρίκι». Στο ένα άκρο της διπλής άρθρωσης συνδέεται το ελεύθερο άκρο του ελατηρίου και το άλλο άκρο της διπλής άρθρωσης συνδέεται στο πλαίσιο. Ο σύνδεσμος αυτός (σκουλαρίκι) μεταξύ ελατηρίου και πλαισίου επιτρέπει την περιστροφή του ελατηρίου γύρω από τον άξονα του πείρου αλλά και την αυξομείωση του μήκους του ελατηρίου.

αυξομείωση του ελατηρίου είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία του ημιελλειπτικού ελατηρίου. Το σχήμα του μοιάζει με μισή έλλειψη, το ελατήριο βρίσκεται υπό κάμψη. Όσο αυξάνεται το φορτίο που πρέπει να αντιμετωπίσει το ελατήριο τόσο αυτό έχει την τάση να οριζοντιωθεί, δηλαδή να λάβει ευθύγραμμη θέση. Για να συμβεί αυτό, πρέπει το ελατήριο να μπορεί να αυξήσει το μήκος του. Αυτόν ακριβώς το ρόλο αναλαμβάνει η διπλή άρθρωση. Όσο το ελατήριο οριζοντιώνεται τόσο η θέση της άρθρωσης μεταβάλλεται (η γωνία μεταξύ της διπλής άρθρωσης και των ελασμάτων του ελατηρίου), επιτρέποντας την αύξηση του μήκους του ελατηρίου. Αν τα άκρα του ελατηρίου συνδέονταν σταθερά επάνω στο πλαίσιο και δεν υπήρχε η διπλή άρθρωση, δε θα υπήρχε ελαστικότητα και, κατά συνέπεια, ούτε ελατήριο. (Καραγιάννης,2012).



Εικόνα 3.1: Ημιελλειπτικό ελατήριο με φύλλα ελασμάτων

Ένα χαρακτηριστικό στοιχείο του ημιελλειπτικού ελατηρίου είναι η μείωση της ημιελλειπτικότητας του κάτω από ένα συγκεκριμένο φορτίο. Αυτό σημαίνει πως όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του φύλλου του ελατηρίου, τόσο αυτό είναι πιο μαλακό, υποχωρεί κάτω από ένα ορισμένο φορτίο και δεν απορροφά αποτελεσματικά όλους τους κραδασμούς. Έτσι λοιπόν, εάν τοποθετηθούν διαφορετικά μήκη ελατηρίων θα μπορούμε να αποσβέσουμε μικρούς και μεγάλους κραδασμούς. (Αλεξάνδρου, 2001)

Είναι ένα από τα παλιότερα στοιχεία ανάρτησης που, λόγω της ιδιότητάς τους να αντέχουν σε μεγάλα κάθετα φορτία, πλέον τα συναντάμε σε συγκεκριμένα εκτός δρόμου οχήματα, σε επαγγελματικά και αγροτικά pick-up και σε φορτηγά και λεωφορεία. Πρόκειται για μία συστοιχία ελαφρά καμπυλωμένων χαλύβδινων ελασμάτων τα οποία αναλαμβάνουν τον ρόλο του ελατηρίου σε μία ανάρτηση. Τα φύλλα σούστας αρθρώνονται στα δύο πάνω στο πλαίσιο ενώ τροχός αρθρώνεται στο μέσον. Στο ένα από τα δύο σημεία άρθρωσης με το πλαίσιο, υπάρχει μια ράβδος που παραλαμβάνει τις μεταβολές στο μήκος του ελατηρίου, καθώς αυτό παραμορφώνεται.

### 3. 1. 2 Ελικοειδή ελατήρια

Τα ελικοειδή ελατήρια χρησιμοποιούνται στα συστήματα ανεξάρτητης ανάρτησης και δέχονται μόνο θλιπτικά φορτία. Αποτελούνται από κυκλικές διατομές χάλυβα ο οποίος έχει υποστεί περιέλιξη και τοποθετούνται σε κατάλληλες θέσεις πάνω στο αμάξωμα μεταξύ των βραχιόνων. Η διάμετρος του χάλυβα είναι αυτή από την οποία εξαρτάται η δυνατότητα της φόρτισης τους παράλληλα και από τον αριθμό σπειρών που διαθέτουν. Το ελικοειδές ελατήριο έχει μεταβλητό συντελεστή σκληρότητας, επειδή οι σπείρες του είναι πυκνότερες στις άκρες του ενώ απέχουν αρκετά από το κέντρο του.

Εξαιτίας αυτής της διάταξης τους, όταν το ελατήριο συμπιέζεται, εξαιτίας των μικρών διάκενων, οι σπείρες συμπιέζονται και ακουμπούν μεταξύ τους αφήνοντας μόνο ένα μικρό κομμάτι στο κέντρο του ελατηρίου να λειτουργεί, αυξάνοντας έτσι την σκληρότητα τους. Τα ελικοειδή ελατήρια είναι υπεύθυνα για την απορρόφηση των κραδασμών εξαιτίας του οδοστρώματος και τις μετατρέπουν σε ταλαντώσεις. (Παπαγιαννόπουλος,2011)

Η κίνηση που εκτελεί ένας τροχός κατά την διέλευση του επάνω από κάποιο εμπόδιο μεταδίδεται στο ελατήριο αλλά και στο αμάξωμα. Καθώς ο τροχός ανασηκώνεται, το ελικοειδές ελατήριο συμπιέζεται. Η ενέργεια του ελατηρίου μεταδίδεται στο αμάξωμα, το οποίο κινείται κατακόρυφα, επίσης, προς τα επάνω. Το αμάξωμα παρασύρει το ελατήριο κατά την κατακόρυφη κίνησή του, με αποτέλεσμα το ελατήριο να επιμηκύνεται. Η επιμήκυνση του ελατηρίου σταματά την κίνηση του αμαξώματος προς τα επάνω. Στο ανώτατο σημείο αλλάζει η φορά της κίνησης του αμαξώματος. Με το βάρος του το αμάξωμα αρχίζει να κινείται προς τα κάτω. Περνά το αρχικό σημείο ηρεμίας του και συμπιέζει το ελατήριο, το οποίο αντιδρά και αναπτύσσει μία δύναμη η οποία σταματά την κίνηση του αμαξώματος προς τα κάτω. Στο κατώτατο σημείο αλλάζει και πάλι η φορά της κίνησης του αμαξώματος.(Καραγιάννης,2012)

Το κυριότερο πλεονέκτημα των ελικοειδών ελατηρίων σε σύγκριση με τα ημιελλειπτικά είναι ότι είναι σκληρότερα και παράλληλα μπορούν να τοποθετηθούν ανεξάρτητα σε κάθε τροχό.



Εικόνα 3.2: Ελικοειδή ελατήρια

### 3. 1. 3 Τα σπειροειδή ελατήρια

Τα σπειροειδή ελατήρια είναι αρκετά δημοφιλή στους κατασκευαστές των αναρτήσεων καθώς έχουν πολύ χαμηλό κόστος κατασκευής, είναι πολύ μικρά σε όγκο και απορροφούν πολύ μεγάλη ενέργεια σε σχέση με το βάρος τους.

Το ποσόν της ελαστικής παραμόρφωσης (συμπίεσης) ενός σπειροειδούς ελατηρίου σταθερού βήματος είναι ανάλογο προς το φορτίο (τη δύναμη) που το πιέζει. Η ανά μονάδα φορτίου παραμόρφωση, εκτός βέβαια από το είδος και την κατεργασία του υλικού, εξαρτάται από τη διάμετρο της ράβδου από την οποία κατασκευάστηκε, αλλά και από τη διάμετρο της σπείρας (μεγάλη διάμετρος σπείρας, μεγάλη παραμόρφωση). (Καββαθάς, 2012)



**Εικόνα 3.3: Σπειροειδή Ελατήρια**

Το ελάχιστο μήκος που μπορούν να έχουν τα σπειροειδή ελατήρια εξαρτάται από το σημείο όπου όλες οι σπείρες θα ακουμπήσουν η μία πάνω στην άλλη ταυτόχρονα μετατρέποντας το έστω και στιγμιαία σε συμπαγή μεταλλικό κύλινδρο. Για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο τα σπειροειδή ελατήρια έχουν ελαστικά τακάκια τα οποία παρεμβάλλονται λίγο πριν τον τερματισμό.

Τα τακάκια αυτά έχουν αρκετά μεγάλες διαστάσεις και όταν ακουμπήσουν μεταξύ τους μπορούν να συνδράμουν αποφασιστικά στην σωστή λειτουργία του ελατηρίου.

Τα σπειροειδή ελατήρια μπορούν να τροποποιηθούν ως προς την σκληρότητα τους αρκετά εύκολα. Εάν αφαιρεθεί ένα μέρος του ελατηρίου αυτό σημαίνει ότι χαμηλώνει η

ανάρτηση και αυξάνεται η σκληρότητα του ελατηρίου ενώ το αυτοκίνητο παίρνει ένα χαρακτήρα σπορ. Σχεδιαστικά και κατασκευαστικά μπορεί να κατασκευαστεί σχετικά εύκολα ένα ελατήριο του οποίου η σκληρότητα μεταβάλλεται. Αυτό μπορεί να γίνει με το να σχεδιαστεί με πυκνά διατεταγμένες σπείρες στις άκρες του, ενώ στο κεντρικό τους τμήμα να απέχουν μεταξύ τους αρκετά.

Καθώς το ελατήριο συμπιέζεται, οι σπείρες με τα μικρά διάκενα ακουμπούν, αφήνοντας μόνο ένα μικρό (κεντρικό) κομμάτι του ελατηρίου να λειτουργεί. Μετά τα πρώτα εκατοστά «μαλακής» βύθισης το υπόλοιπο λειτουργικό τμήμα συμπεριφέρεται σαν σκληρότερο ελατήριο.

Τα σπειροειδή ελατήρια μπορούν να έχουν σχήμα κυλινδρικό ή κωνικό ή οβάλ, όποτε η ακτίνα της περιέλιξης των σπειρών προσδίδει μια προοδευτική λειτουργία στο ελατήριο. Επιπλέον, το ελατήριο θα καταλαμβάνει πολύ μικρό όγκο, καθώς οι σπείρες θα μπαίνουν η μία στηνάλλη.



### 3. 1. 4 Σκληρά και μαλακά ελατήρια

Κάθε ελατήριο έχει τη δική του «ιδιοσυχνότητα», δηλαδή έναν δικό του «ρυθμό» κατά τον οποίο προτιμά να απελευθερώνει την ενέργεια και να ξαναβρίσκει το αρχικό του σχήμα. Ο ρυθμός αυτός είναι συνάρτηση του συντελεστή σκληρότητας και του φορτίου που το πιέζει. Ένα σκληρό ελατήριο επιστρέφει στο αρχικό του σχήμα πιο γρήγορα από ένα μαλακό, αν το βάρος που τα πίεσε είναι το ίδιο. Κατά τον ίδιο τρόπο ένα πιο βαριά πιεσμένο ελατήριο επιστρέφει στο αρχικό του σχήμα με μεγαλύτερη ταχύτητα από ένα ελαφρά πιεσμένο ελατήριο και ο συντελεστής σκληρότητας του είναι ο ίδιος. Δηλαδή, όταν φορτώνουμε ένα αυτοκίνητο, η συχνότητα ταλάντωσής του αυξάνεται, ειδικά η συχνότητα των πίσω ελατηρίων, εφόσον αυτά είναι που πρέπει να τα βγάλουν πέρα με το επιπλέον φόρτωμα.

Οι σχεδιαστές των αναρτήσεων μπορούν να επιλέξουν από μια αρκετά μεγάλη ποικιλία διαφορετικών τύπων ελατηρίων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή αναρτήσεων. Κάθε επιλογή έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αλλά κύριος γνώμονας παραμένει ο συντελεστής σκληρότητας και μετά μπαίνουν οι παράμετροι της ανάγκης συντήρησης, η αξιοπιστία και το κόστος.(Καραγιάννης,2012)

Ένα ελατήριο με χαμηλό συντελεστή σκληρότητας, δηλαδή ένα μαλακό ελατήριο, θα επιτρέψει στον τροχό να περάσει πιο εύκολα από ένα σαμαράκι, αλλά θα προσδώσει στο ελατήριο μια χαμηλή ιδιοσυχνότητα, η οποία, σε δρόμο ανώμαλο, δεν θα επιτρέψει στον τροχό να κατεβαίνει γρήγορα και να παρακολουθεί όλο τον οδικό κυματισμό. Ο τροχός θα αργεί να «επιστρέψει» και θα πατάει κυρίως στις κορυφές της κυματοειδούς επιφάνειας του δρόμου. Τότε λέμε ότι η ανάρτηση έχει σταματήσει να λειτουργεί.

Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα θα πρέπει ο τερματισμός της ανάρτησης να σταματάει πάνω στα λαστιχένια στόπερ και οι αναρτήσεις με μαλακά ελατήρια να έχουν μεγάλη διαδρομή βύθισης του τροχού. Βέβαια, κάτι τέτοιο προϋποθέτει και την ύπαρξη μεγάλων θόλων στα φτερά, πράγμα που μειώνει το χώρο μέσα στην καμπίνα και δίνει ύψος στο αυτοκίνητο, φαινόμενο όχι και τόσο επιθυμητό αν δεν πρόκειται για αυτοκίνητο «εκτός δρόμου».

Τα ελαστικά στόπερ χρησιμοποιούνται για την αποφυγή του μεταλλικού χτυπήματος σε περίπτωση μέγιστης έκτασης των αναρτήσεων πράγμα που συμβαίνει συχνά σε σπορ αυτοκίνητα όταν αυτά να κάνουν άλματα και χάνουν για λίγο την επαφή με το έδαφος.

Από την άλλη μεριά ένα πολύ σκληρό ελατήριο μπορεί να έχει μια πολύ ενοχλητική Κρουστική αντίδραση στις ανωμαλίες του δρόμου. Από την άλλη μεριά, ένα υπέρσκληρο ελατήριο μπορεί να έχει μια αρκετά ενοχλητική «κρουστική» αντίδραση στις ανωμαλίες το

### 3. 2 Στρεπτικές ράβδοι

στρεπτική ράβδος είναι ένα μακρύ μεταλλικό εξάρτημα με κυκλική διατομή συνήθως κατασκευασμένη από το ατσάλι που κατασκευάζονται τα ελατήρια. Το ένα άκρο της προσαρμόζεται στο σασί του αυτοκινήτου, ενώ στο άλλο άκρο προσαρμόζεται ένας βραχίονας. Οι τροχοί των αυτοκινήτων προσαρμόζονται στα άκρα των βραχιόνων και καθώς οι τροχοί των αυτοκινήτων ανεβοκατεβαίνουν αναγκάζουν τις στρεπτικές ράβδους να υποστούν στρεπτικές ροπές και να αντιδράσουν αναλόγως.

Ανάλογα με τη σκληρότητα της ράβδου αυτής, αλλά και των μοχλικών δυνάμεων της έδρασής της, επηρεάζεται η αντίσταση του αυτοκινήτου στο φυγοκεντρικό ρολάρισμα. Η αντιστρεπτική μπορεί να περιορίσει το ρολάρισμα, επειδή κάνει το ελατήριο του εξωτερικού τροχού να συμπεριφέρεται σαν πιο σκληρό απ' όσο πραγματικά είναι. Αυτό γίνεται, γιατί «βοηθείται» απ' το ελατήριο του εσωτερικού τροχού, το οποίο χωρίς αυτήν θα ήταν ελάχιστα ή καθόλου φορτισμένο. Έτσι σε επίπεδο σχεδιασμού, οι αντιστρεπτικοί ράβδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ρυθμίσουν την οδική συμπεριφορά.

Τα πλεονεκτήματα των στρεπτικών ράβδων είναι ότι έχουν μικρό μήκος και τοποθετούνται εύκολα χαμηλά σε περιοχές του πλαισίου όπου δεν ενοχλούν τα υπόλοιπα εξαρτήματα που επιτρέπουν την λειτουργία των αναρτήσεων.

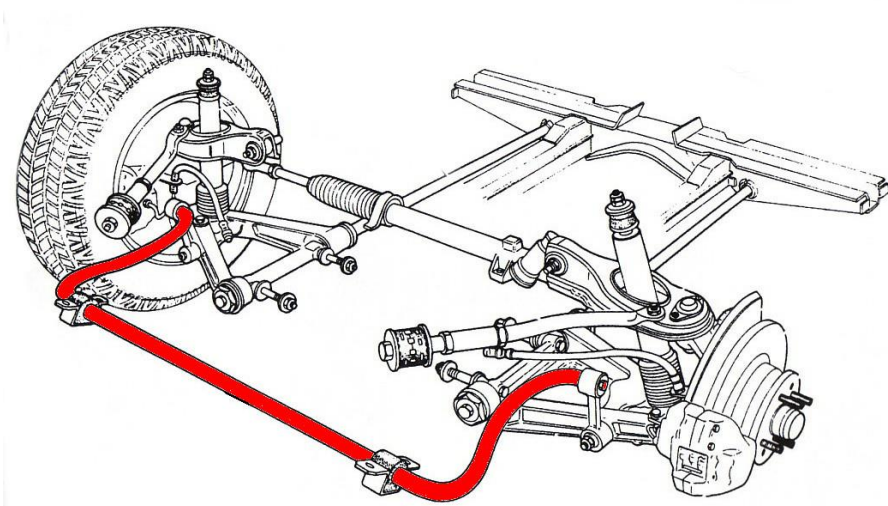


Εικόνα 3.5: Στρεπτική ράβδος τοποθετημένη στο σύστημα αναρτησης

Οι στρεπτικές ράβδοι χρησιμοποιήθηκαν από τις δεκαετίες [του 1930](#) και [του 1940](#), αρχικά σε αγωνιστικά αυτοκίνητα και κατόπιν στα αυτοκίνητα παραγωγής. Σήμερα χρησιμοποιούνται στην ανεξάρτητη μπροστινή ανάρτηση μερικών τετρακίνητων και στην πίσω ανάρτηση αρκετών μικρών με εμπρόσθια κίνηση. Οι στρεπτικές ράβδοι δεν αποσβένουν μόνες τους τις ταλαντώσεις, αλλά χρειάζονται και τα αμορτισέρ.

Το σύστημα αναρτήσεων με στρεπτική ράβδο παρουσιάζει μια ιδιομορφία. Η στρεπτική ράβδος δεν καταπονείται από ένα φορτίο, αλλά από μια ροπή που δημιουργείται από το ίδιο το φορτίο. Το φορτίο αυτό στηρίζεται στο άκρο ενός βραχίονα, ο οποίος είναι συνδεδεμένος στο ελεύθερο άκρο της στρεπτικής ράβδου. (Εικόνα 3. 6β).

Αποτέλεσμα αυτής της ιδιομορφίας φόρτισης είναι το γεγονός ότι η παραμόρφωση του ελατηρίου δεν παίρνει την μορφή κάμψης, όπως στα ημιελλειπτικά ελατήρια, αλλά της συστροφής των ινών της στρεπτικής ράβδου και εμφανίζεται σαν γωνιακή μετατόπιση του ενός άκρου του βραχίονα και ονομάζεται γωνία συστροφής.



Εικόνα 3.6: Στρεπτικές ράβδοι

Η τοποθέτηση των στρεπτικών ράβδων μπορεί να γίνει είτε κατά μήκος του αυτοκινήτου, είτε εγκάρσια. Στην πρώτη περίπτωση το μήκος των ράβδων αυτών μπορεί ευκολότερα να αυξηθεί με αποτέλεσμα να μπορεί να αυξηθεί η ικανότητα φόρτισης. Με αυτό τον τρόπο, κάθε αιώρηση του τροχού και του βραχίονα προκαλεί καταπόνηση και στρέψη της ράβδου και τάσεις επαναφοράς στην αρχική της θέση. (Αλεξάνδρου, 2001)

Οι στρεπτικές ράβδοι χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται κατά καιρούς σε πολλά διάσημα αυτοκίνητα. Σήμερα χρησιμοποιούνται για την ανεξάρτητη μπροστινή ανάρτηση αρκετών αυτοκινήτων.

### 3.3 Αποσβεστήρες ταλαντώσεων

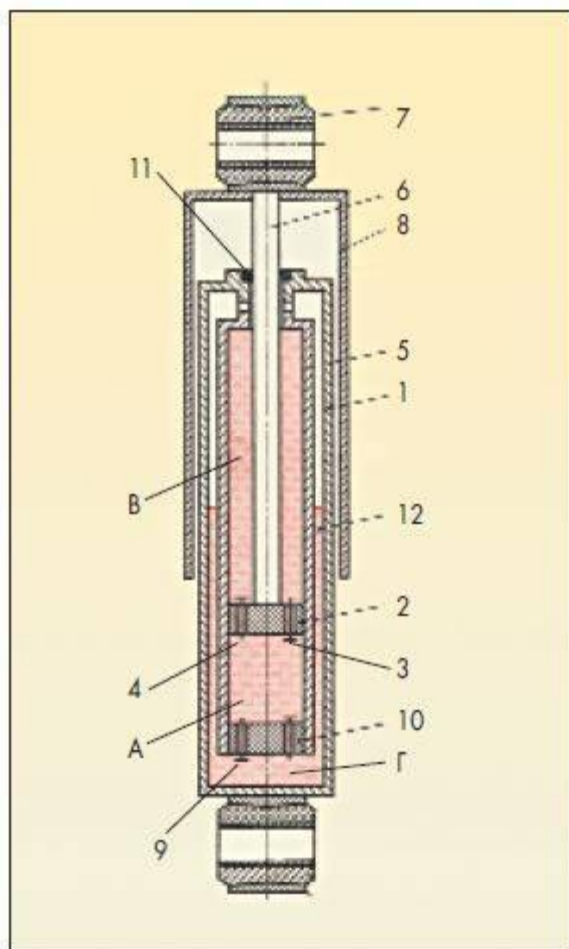
Οι αποσβεστήρες ταλαντώσεων γνωστοί και ως αμορτισέρ, έχουν ως σκοπό να αποσβέσουν τις ταλαντώσεις που δημιουργούνται από τα ελατήρια και είναι ενοχλητικές για τους επιβάτες. Επιπροσθέτως εξασφαλίζουν την ελαστικότητα των τροχών του αμαξώματος. Η λειτουργία των αμορτισέρ στηρίζεται στην αρχή κατά την οποία όταν ένα υγρό συμπιέζεται σε έναν χώρο Α από ένα έμβολο Ε, υποχρεώνεται να περάσει σε έναν χώρο Β μέσα από μια μικρή βαλβίδα με αποτέλεσμα αυτό να δημιουργεί μια αντίσταση στην κίνηση του εμβόλου.



Εικόνα 3.7: Αμορτισέρ

#### 3.3.1 Υδραυλικός τηλεσκοπικός αποσβεστήρας

Το αμορτισέρ που χρησιμοποιείται περισσότερο σήμερα είναι ο υδραυλικός τηλεσκοπικός αποσβεστήρας όπως φαίνεται στην εικόνα 3.8 παρακάτω.



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

**Εικόνα 3.8: Υδραυλικό τηλεσκοπικό αμορτισέρ**

Το υδραυλικό αμορτισέρ αποτελείται από τον εσωτερικό κύλινδρο (1) μέσα στον οποίο βρίσκεται το έμβολο (2) που έχει πάνω του το έμβολο εισαγωγής (3) και εξαγωγής (4), ενώ σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να έχει μόνο μικρά ακροφύσια. Ο εσωτερικός

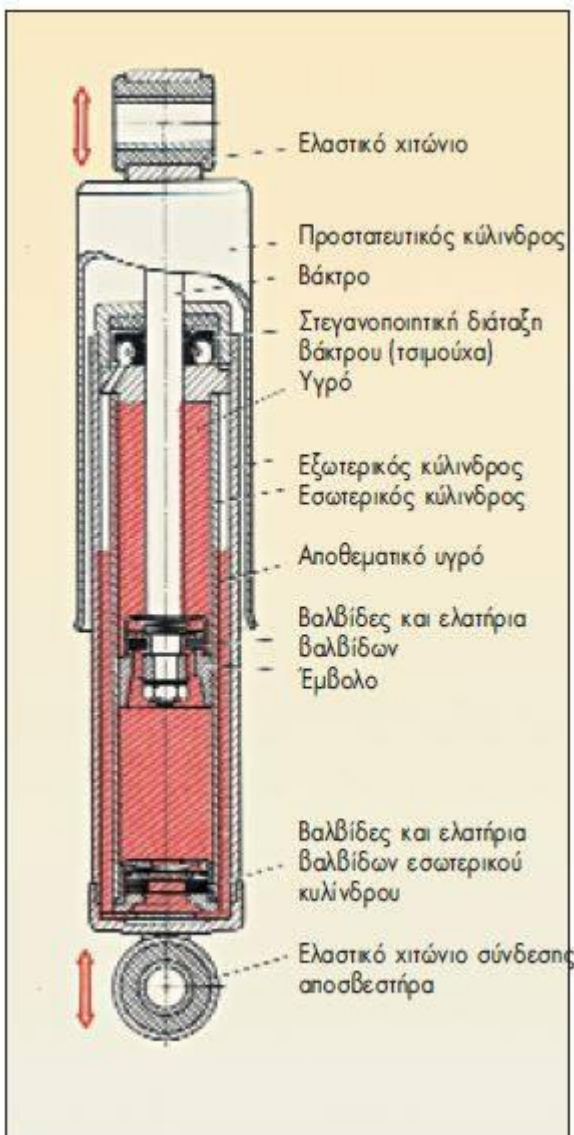
κύλινδρος φέρει επίσης μια βαλβίδα εισαγωγής (10) και μια εξαγωγής (9) και βρίσκεται μέσα στον εξωτερικό κύλινδρο που χρησιμεύει σαν αποθήκη υγρού. Μέσα στο έμβολο υπάρχει ένα βάκτρο (6), το οποίο συνδέεται με τον δακτύλιο στήριξης του αποσβεστήρα (7) στο αμάξωμα του αυτοκινήτου, ο οποίος δακτύλιος φέρει ένα ελαστικό χιτώνιο προσαρμογής. Επίσης στο βάκτρο του εμβόλου υπάρχει ένα εξωτερικός προστατευτικός κύλινδρος.(8)

Ο εξωτερικός κύλινδρος 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, λοιπόν, η θέση του εμβόλου επηρεάζεται από την κίνηση των αναρτημένων μαζών σε σχέση με τις μη αναρτημένες μάζες. Όταν οι τροχοί ανασηκώνονται, τότε το αμορτισέρ συμπιέζεται. Τότε το υγρό συμπίεσης συμπιέζεται και αναγκάζεται να περάσει από τον χώρο συμπίεσης Α στην βαλβίδα εξαγωγής του εμβόλου (4) στον χώρο Β επάνω από το έμβολο καθώς και προς τον χώρο Γ του εξωτερικού κυλίνδρου (5) μέσω της αντίστοιχης κάτω βαλβίδας εξαγωγής του εσωτερικού κυλίνδρου. Όταν ο τροχός κατεβαίνει, αυτό σημαίνει ότι ο αποσβεστήρας εκτείνεται οπότε απομακρύνονται οι δυο δακτύλιοι στήριξης του και οι τροχοί επανέρχονται στην φυσική τους θέση. Το υγρό συμπιεζόμενο περνάει αντίστροφα στον χώρο Β, μέσω της βαλβίδας εισαγωγής. (Ανδρινός κ.α,2001)



Η αντίσταση στην κίνηση του υγρού από τον ένα χώρο στον άλλο είναι που ρυθμίζει την αποσβεστική ικανότητα του αμορτισέρ αλλά και την ευκαμψία ολόκληρου του συστήματος ανάρτησης. Εάν η αντίσταση της ροής του υγρού είναι πολύ μεγάλη, τότε η ταλάντωση αποσβένεται, αλλά η ελαστικότητα της ανάρτησης είναι περιορισμένη. Το αντίθετο συμβαίνει εάν η αντίσταση του υγρού είναι πολύ μικρή.

Τα σημερινά αμορτισέρ είναι όλα απλές τηλεσκοπικές υδραυλικές τρόμπες και έχουν στο έμβολο τους οπές διαφορετικών διαστάσεων και μονόδρομες βαλβίδες (reed valves), που φροντίζουν να μεταβάλλουν ανάλογα την αποσβεστική δύναμη, όταν κινούνται προς τη μία ή προς την άλλη κατεύθυνση (συμπίεση ή έκταση της ανάρτησης). Η αποστολή του αμορτισέρ είναι η επιβράδυνση της ανταπόκρισης του συστήματος ανάρτησης στις εξωτερικές ή εσωτερικές δυνάμεις και να πετυχαίνει την απόσβεση των ταλαντώσεων, που δημιουργούν οι δυνάμεις αυτές.



Η παρουσία αέρα μέσα στο υδραυλικό σύστημα τροποποιεί τη συμπεριφορά του υγρού μετατρέποντας το σε ελαστικό, ενώ κανονικά θα έπρεπε να είναι ασυμπίεστο. Πολλά αμορτισέρ, ιδίως αυτά των αυτοκινήτων υψηλών επιδόσεων, περιέχουν ένα θάλαμο αερίου υψηλής πίεσης (συνήθως μαζώτους) που αποτρέπει το σχηματισμό φυσαλίδων, αλλά και προφυλάσσει τα υλικά από άμεση επαφή με το φθοροποιοό οξυγόνο. (Ανδρινός, 2001)

Στην εικόνα 3.9 φαίνεται η κατασκευαστική σχεδίαση ενός αμορτισέρ διπλής ενέργειας.

Εικόνα 3.9: Κατασκευαστική σχεδίαση αμορτισέρ διπλής ενέργειας

### 3.3.2 Ρυθμιζόμενα αμορτισέρ

Τα ρυθμιζόμενα αμορτισέρ είναι συστήματα που λειτουργούν μέσω μίας ή δυο ηλεκτρομαγνητικά ελεγχόμενων διόδων του υδραυλικού υγρού, οι οποίες παίζουν τον ρόλο του bypass μιας κεντρικής μονάδας ανοιχτής διόδου. Στις διόδους αυτές υπάρχουν βαλβίδες που λειτουργούν σε θέσεις on-off, δηλαδή κρατούν τις διόδους εντελώς ανοιχτές ή κλειστές. Με τον τρόπο αυτό ελέγχεται το συνολικό εμβαδόν των ανοιγμάτων διέλευσης και επιτρέπονται δύο ή τρεις διαφορετικές ρυθμίσεις των χαρακτηριστικών απόσβεσης του αμορτισέρ.

Η ουσία στα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα αμορτισέρ είναι στις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες που κανονίζουν την παροχή ανάλογα με τις εντολές που δίνει η ηλεκτρονική μονάδα του συστήματος. Οι αισθητήρες συλλέγουν δεδομένα σχετικά με την ποιότητα του οδοστρώματος, αλλά και άλλες παραμέτρους, όπως το στρίψιμο του τιμονιού, τις κάθετες και πλευρικές επιταχύνσεις, τη θέση του αυτοκινήτου στο δρόμο. Αυτοί οι αισθητήρες σε συνδυασμό με τους θαλάμους πεπιεσμένου αέρα (αντί ελατηρίων) και τα αμορτισέρ, με την ηλεκτρονικά ελεγχόμενη σκληρότητα ανάλογα με τις συνθήκες κίνησης, θεωρητικά, ρυθμίζουν συνεχώς τη συμπεριφορά του οχήματος ανάλογα με το δρόμο και τις διαθέσεις του οδηγού, αφού η σκληρότητα μπορεί να ρυθμιστεί και χειροκίνητα.



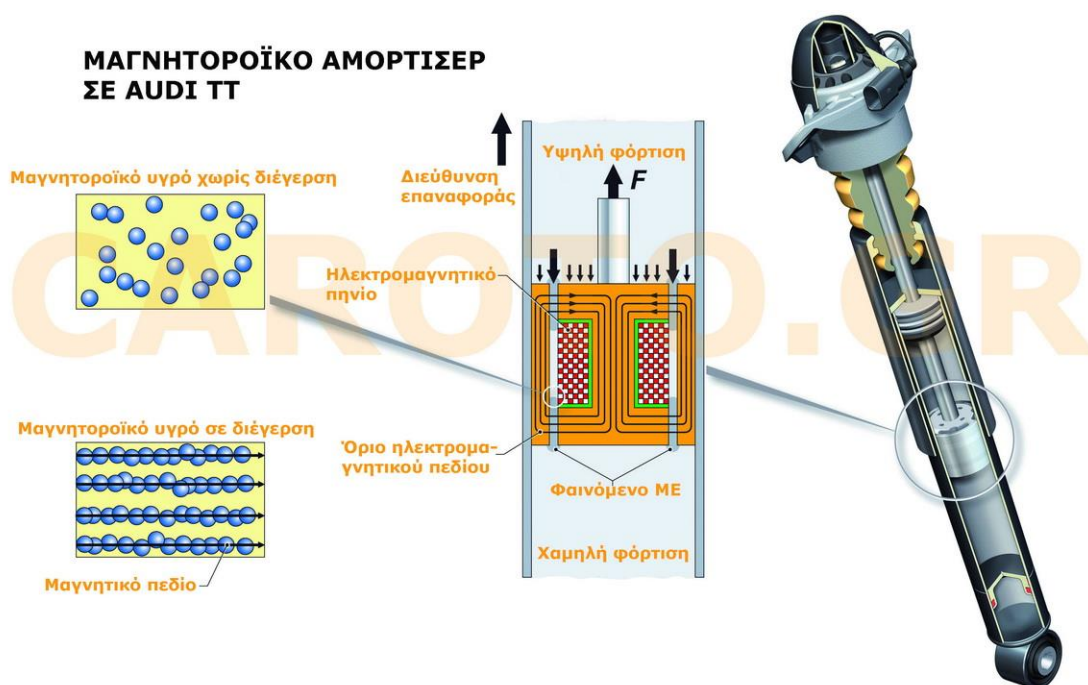
Εικόνα 3.10: Ηλεκτρονικά ελεγχόμενα αμορτισέρ



### 3. 3. 3 Μαγνητοροϊκά αμορτισέρ

Η μαγνητοροϊκή αρχή στην οποία βασίζεται η λειτουργία των μαγνητοροϊκών αμορτισέρ είναι ιδιότητα ενός ειδικού υγρού να μεταβάλλεται η ρευστότητα του ανάλογα με την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο οποίο βρίσκεται.

Η ιδιότητα αυτή εξαρτάται από την ηλεκτρική ενέργεια που διοχετεύεται μέσω ενός ηλεκτρικού πηνίου. Το υγρό αυτό μπορεί να γίνει από πολύ λεπτόρευστο έως πολύ παχύρρευστο και αυτό μπορεί να γίνει χωρίς την συμμετοχή κινούμενων μερών. Το υγρό περιέχει μεταλλικά μικροσφαιρίδια σε κλίμακα micro (σπανίως σε κλίμακα nano) και ανάλογα με την μεταβολή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου τα σφαιρίδια αλλάζουν θέση μεταβάλλοντας τη διέλευση του υγρού. Με άλλα λόγια, η διάταξη που παίρνουν τα μικροσωματίδια αλλάζει την ρευστότητα του υγρού (Μαρινόπουλος,2009)



Εικόνα 3.11: Μαγνητοροϊκό αμορτισέρ

Τα πλεονεκτήματα των μαγνητοροϊκών αμορτισέρ είναι ότι αποτελούν πολύ απλούς μηχανισμούς χωρίς βαλβίδες, σπές και ελατήρια. Το μόνο που χρειάζεται είναι κάποιος αυλός που να περνάει κοντά από έναν [μηλεκτρομαγνήτη](#). Η αυξομείωση της έντασης του πεδίου κάνει όλη την υπόλοιπη δουλειά.

Τα μαγνητοροϊκά αμορτισέρ προσφέρουν εξαιρετικό κράτημα περιορίζοντας τις κλίσεις και τις μετατοπίσεις φορτίου του αμαξώματος κατά τις απότομες αλλαγές κατεύθυνσης. Η τεχνολογία αυτή των αμορτισέρ χρησιμοποιείται και για οχήματα βαρέως τύπου

### 3. 3. 4 Μηχανικά μεταβαλλόμενης απόσβεσης αμορτισέρ

Στα μηχανικά αμορτισέρ μεταβαλλόμενης απόσβεσης η κίνηση του λαδιού ρυθμίζεται από τις βαλβίδες που ελέγχουν την σκληρότητα των αμορτισέρ. Εκτός όμως από αυτές τις διόδους, στις οποίες ρέει η κύρια ποσότητα λαδιού, υπάρχει ακόμα μια βαλβίδα όπου ένα μέρος του λαδιού περνά από μια δευτερεύουσα υδραυλική βαλβίδα. Επειδή στον πάνω θάλαμο του αμορτισέρ το λάδι λιγοστεύει, υπάρχει περισσότερος χώρος, ώστε ο άξονας του αμορτισέρ να ταλαντωθεί και να ρυθμιστεί με αυτό τον τρόπο η σκληρότητα του. Σε οδήγηση με έντονους ρυθμούς, εκεί όπου εμφανίζονται απότομες αλλαγές φορτίου, η μεταβολή της πίεσης -λόγω της αυξημένης παροχής του λιπαντικού από την by pass- πιέζει την βαλβίδα προς τα κάτω σφραγίζοντας τις δύο οπές από όπου περνά μέρος του λιπαντικού. Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα το αμορτισέρ να σκληρύνει, ώσπου η πίεση πάνω από την βαλβίδα να επανέλθει σε φυσιολογικά επίπεδα. (Καββαθάς, 2012)

### 3. 3. 5 Ενεργές αναρτήσεις

Οι τελευταίες εξελίξεις πάνω στο θέμα των αναρτήσεων αλλά και στο θέμα ελέγχου της οδικής συμπεριφοράς είναι οι «ενεργές αναρτήσεις». Οι αναρτήσεις αυτές βασίζονται σε μια μηχανική διάταξη ανάρτησης, η οποία όμως είναι εφοδιασμένη με αισθητήρες για την διάγνωση των δυναμικών παραμέτρων της λειτουργίας των αναρτήσεων σε κάθε χρονική στιγμή.

Τα δεδομένα από όλους τους αισθητήρες «διαβάζονται» από μια κεντρική μονάδα ελέγχου η οποία και «αντιλαμβάνεται» την δυναμική κατάσταση στην οποία βρίσκεται το όχημα ανά πάσα στιγμή και ακαριαία υπολογίζει την ιδανική αντίδραση που θα οδηγήσει στη βέλτιστη οδική συμπεριφορά.

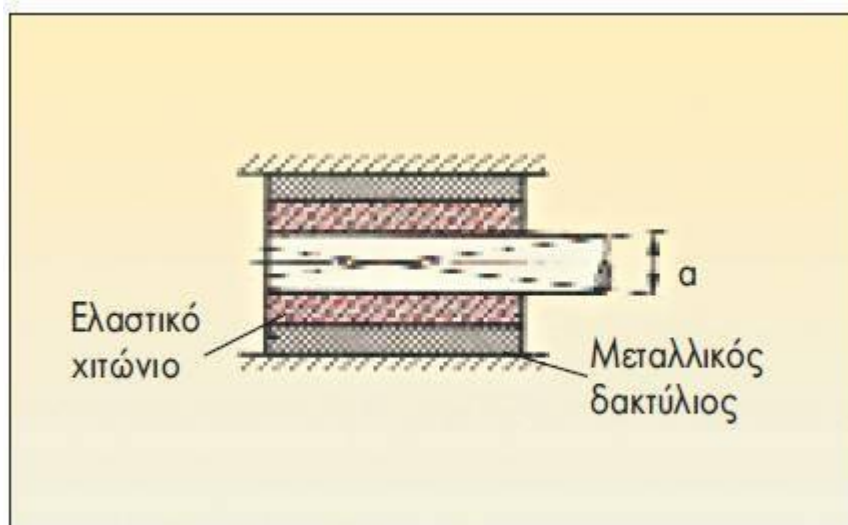
Με τη βοήθεια ισχυρών σερβομηχανισμών, επενεργεί στην ανάρτηση του κάθε τροχού του οχήματος και διορθώνει ανά πάσα στιγμή την απόσβεση των αμορτισέρ, τη γωνία κάμπερ και ότι άλλο μπορεί να φανταστεί το μυαλό ενός σχεδιαστή αναρτήσεων.

Τα πλεονεκτήματα αυτών των αναρτήσεων είναι η βελτιστοποίηση της οδικής συμπεριφοράς καθώς και η επίτευξη ταυτόχρονα μεγαλύτερης άνεσης και καλύτερης πρόσφυσης.

Τα μειονεκτήματα είναι η απαίτηση για τοποθέτηση μιας ισχυρής μονάδας παροχής ισχύος για την κίνηση των σερβομηχανισμών. Επιπλέον, το κόστος της σε συνδυασμό με την πολυπλοκότητα οδηγεί αυτή την λύση να μπορεί να εφαρμοστεί σε πολύ λίγα οχήματα, κυρίως αγωνιστικά. (Πεχλιβάνογλου, 2011)

### 3. 4 Ελαστικά μέρη ανάρτησης

Τα ελαστικά μέρη της ανάρτησης παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην λειτουργία ολόκληρου του συστήματος αναρτήσεων. Χρησιμοποιούνται στα σημεία σύνδεσης των στοιχείων ανάρτησης και συνδέονται μεταξύ τους με μεταλλοελαστικούς συνδέσμους. Στόχος αυτών των μεταλλοελαστικών συνδέσμων είναι η μείωση των κραδασμών, αλλά και του θορύβου που προέρχεται από τις ανωμαλίες του οδοστρώματος. Συνήθως, οι σύνδεσμοι αυτοί περιλαμβάνουν δύο μεταλλικά χιτώνια μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται με ειδική συγκόλληση, ένα ελαστικό χιτώνιο (ελαστικός δακτύλιος). Είναι γνωστοί ως «σινεμπλόκ» και έχουν ως σκοπό τη μεταφορά δυνάμεων μεταξύ αναρτημένων και μη αναρτημένων μερών του αυτοκινήτου με ελαστικότητα και παράλληλα, με αθόρυβη λειτουργία. (Ανδρινός,2001)



Εικόνα 3.13: Τομή ελαστικού χιτώνιου

Τα σινεμπλόκ ουσιαστικά φιλτράρουν τους κραδασμούς από την λειτουργία της ανάρτησης. Το ελαστικό υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα είναι πιο σκληρό ή λιγότερο σκληρό, ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Όσο σκληρότερο είναι το υλικό του σινεμπλόκ, τόσο καλύτερη είναι η αίσθηση της οδήγησης, αλλά μειώνεται η άνεση. Γενικότερα τα σκληρότερα σινεμπλόκ προτιμούνται σε σπορ και αγωνιστικά αυτοκίνητα.

Τα σινεμπλόκ πολουρεθάνης είναι αυτά που είναι τα σκληρότερα, αλλά αντέχουν και περισσότερο σε σχέση με τα κανονικά σινεμπλόκ, τα οποία έτσι και αλλιώς φθείρονται με τον χρόνο και θέλουν αλλαγή μετά από αρκετά χιλιόμετρα.



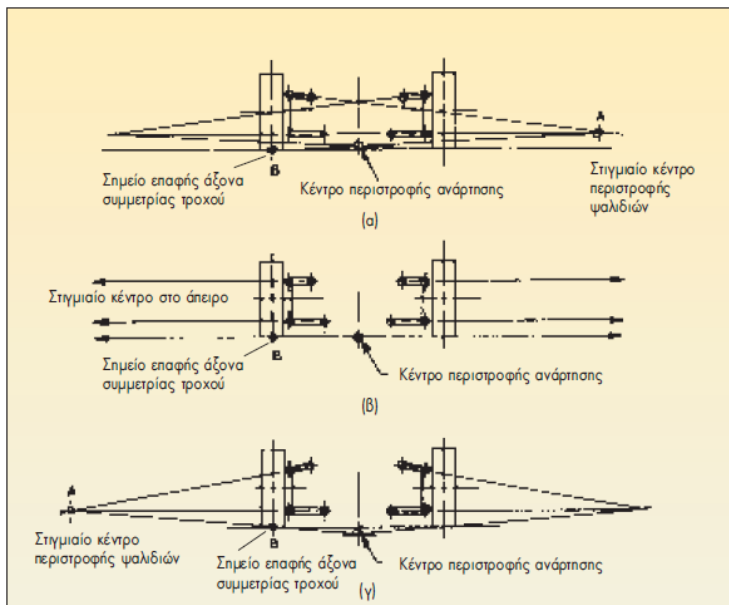
Εικόνα 3.14: Σινεμπλόκ πάνω σε ψαλίδι ανάρτησης

### 3. 5 Ψαλίδια

Τα ψαλίδια είναι ένα από τα κυριότερα μέρη των συστημάτων ανάρτησης. Μέσω των ψαλιδιών εξασφαλίζεται η ανεξαρτησία των κινήσεων των τροχών, οι οποίοι είναι αρθρωμένοι στο πλαίσιο του αμαξώματος. Όταν ο άξονας περιστροφής των ψαλιδιών είναι παράλληλος με την διεύθυνση κίνησης του αυτοκινήτου τότε τα ψαλίδια ονομάζονται εγκάρσια.

Όταν το αυτοκίνητο συναντήσει κάποιο εμπόδιο ή μια στροφή, οι τροχοί θα ανυψωθούν σε σχέση με το αμάξωμα. Όταν υπάρχουν ψαλίδια ίδιου μήκους η απόσταση μεταξύ των τροχών γίνεται μικρότερη όταν συσπειρώνονται τα ελατήρια ανάρτησης γεγονός όμως που κάνει κακό στα ελαστικά καθώς αυτά φθείρονται. (Ανδρινός, 2001)

Για να αποφεύγεται η φθορά των ελαστικών εφαρμόζεται το σύστημα με τα άνισα ψαλίδια τα οποία μπορούν να είναι παράλληλα, να αποκλίνουν ή να συγκλίνουν. Όταν τα ελατήρια ανάρτησης συσπειρωθούν οι τροχοί παίρνουν μια μικρή κλίση προς τα επάνω αλλά η απόσταση μεταξύ των τροχών παραμένει σταθερή, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.15.



Εικόνα 3.15: Αποκλίνοντα και συγκλίνοντα ψαλίδια

Στα οχήματα με αποκλίνοντα ψαλίδια όταν οι τροχοί συναντούν κάποιο εμπόδιο δημιουργούν ώθηση του οχήματος αντίθετο από την κατεύθυνση της φυγόκεντρης δύναμης μειώνοντας έτσι την γωνία ολίσθησης.

Τα ψαλίδια αρθρώνονται στο πλαίσιο του αυτοκινήτου με μπουλόνια σε ένα ή δυο σημεία, ενώ στο εξωτερικό τους μέρος αρθρώνεται η βάση του ακροαξονίου με πείρους ή με σφαιρικούς συνδέσμους. Τα ελικοειδή ελατήρια ανάρτησης καθώς και τα αμορτισέρ τοποθετούνται είτε ανάμεσα στο πλαίσιο και στο επάνω ψαλίδι, είτε ανάμεσα στο πλαίσιο και στο κάτω ψαλίδι.

Η τελευταία τεχνολογία που αφορά τις αναρτήσεις με ψαλίδια είναι οι αναρτήσεις με διπλά ψαλίδια, τα οποία έχουν το σχήμα του γράμματος Λ.

Στην ανάρτηση του κάθε τροχού τα ψαλίδια είναι δύο, το πάνω και το κάτω, κι έχουν δύο πόδια (σκέλη) το καθένα. Η βάση του κάθε ψαλιδιού, δηλαδή τα δύο του πόδια, συνδέεται αρθρωτά σε κάποιο σταθερό σημείο του σασί και στην κορυφή του το κάθε ψαλίδι έχει έναν ακόμα αρθρωτό σύνδεσμο, με τον οποίο συνδέεται με την τέταρτη κατακόρυφη πλευρά του αρθρωτού τετράπλευρου, που δεν είναι άλλη απ' το φορέα του άξονα του τροχού. (Καβαθάς, 2012)

Αν πρόκειται για μπροστινό τροχό, τότε ο φορέας του άξονα του πρέπει να μπορεί να στρέφεται γύρω από τον νοητό άξονα που ορίζουν τα σημεία της σύνδεσης του με τις κορυφές των ψαλιδιών. Στην πράξη, μόνο ένα από τα δύο ψαλίδια χρειάζεται να έχει σχήμα διχαλωτό, δηλαδή να αρθρώνεται σε δύο σημεία του σασί. Το άλλο μπορεί να είναι ένας απλός βραχίονας, ένα μπράτσο, με μία μόνο σύνδεση.

Τα διπλά ψαλίδια ελέγχουν πλήρως την κίνηση του τροχού σε σχέση με το αμάξωμα. Αυτό είναι το καλύτερο για το σχεδιαστή, αφού τον αφήνει να επιλέξει τον πιο κατάλληλο (για την κάθε περίπτωση) από τους άπειρους συνδυασμούς και τις διατάξεις των βραχιόνων που ορίζουν τα ψαλίδια. Δεν είναι τυχαίο πως χρησιμοποιείται σε πολλές ιδιοκατασκευές, αλλά και σε όλα τα μονοθέσια πίστας, συμπεριλαμβανομένων των μονοθέσιων που τρέχουν στη Formula 1.

Το μειονέκτημα είναι ότι τα ψαλίδια πρέπει να έχουν αρκετό μήκος, προκειμένου να εκμεταλλευτούμε όλες τις δυνατότητες που προσφέρει αυτός ο τύπος ανάρτησης.

Η ανάρτηση με διπλά ψαλίδια χαρακτηρίζεται από την ανεξάρτητη κίνηση του κάθε τροχού και την εξαιρετική γεωμετρία των τροχών που συμβάλλει στην πολύ καλή οδική συμπεριφορά του αυτοκινήτου. Η κατασκευή της αποτελείται από δύο ψαλίδια τα οποία στηρίζουν το ελατήριο και το αμορτισέρ. Η διάταξη τους καταλαμβάνει αρκετό όγκο ενώ η κατασκευή τους έχει μεγάλο κόστος για αυτό συναντά κανείς διπλά ψαλίδια συνήθως σε σπορ ή πολυτελή μοντέλα. Τα διπλά ψαλίδια αποτελούν ιδανική λύση για την τετρακίνηση καθώς επιτρέπει την τοποθέτηση του πίσω διαφορικού. (Μαρινόπουλος, 2009)

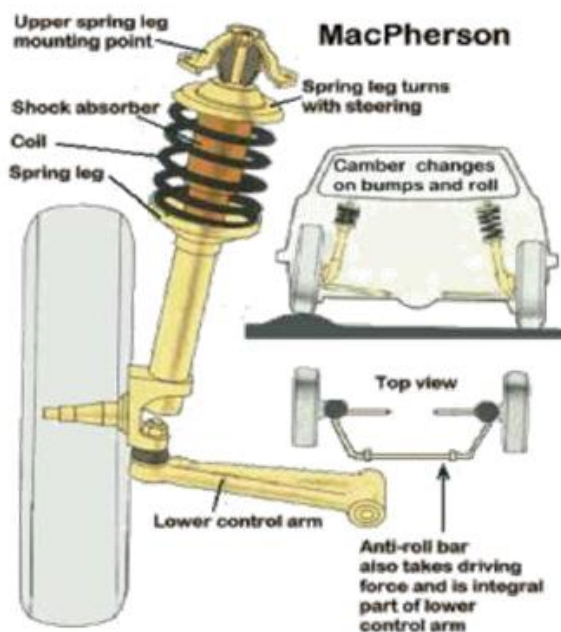
### 3. 6 Γόνατα Mc Pherson

Η ανάρτηση με γόνατο Mc Pherson είναι ένας πολύ δημοφιλής τύπος αναρτήσεως και χρησιμοποιείται στα προσθιοκίνητα αυτοκίνητα. Επιλέγεται αυτός ο τύπος αναρτήσεων κυρίως για λόγους χωροταξικούς αλλά και κόστους, καθώς είναι η πιο απλή κατασκευή μεταξύ των ανεξάρτητων αναρτήσεων.

Πρόκειται για μια ανάρτηση με απλό ψαλίδι το οποίο συνδέει το σασί με το κάτω μέρος του φορέα του τροχού. Στην πάνω πλευρά δεν υπάρχει ψαλίδι, αλλά μια κατακόρυφη τηλεσκοπική αντηρίδα, η οποία έχει μέσα της τα αμορτισέρ και γύρω της ένα μακρύ σπειροειδές ελατήριο. Αυτή η τηλεσκοπική αντηρίδα ενσωματώνεται στο κάτω μέρος της (χωρίς άρθρωση) με το φορέα του άξονα του τροχού και στο επάνω μέρος της στερεώνεται με μια ειδικά σχεδιασμένη πυργοειδή εσοχή του ενοποιημένου σήμερα σασσομαζώματος .

Το επάνω μέρος του αποσβεστήρα και στην περίπτωση που το αυτοκίνητο έχει οπίσθια κίνηση ή και εμπρόσθια κίνηση, συνδέεται ομοαξονικά, συνήθως με παρεμβολή και με κατάλληλες εγκαθίσεις ενός ελικοειδούς ελατηρίου σε μια ενισχυμένη περιοχή του αμαξώματος μέσω ελαστικού συνδέσμου. Με αυτό τον τρόπο το φορτίο της ανάρτησης μοιράζεται σε μεγαλύτερη περιοχή του αμαξώματος.

Η ανάρτηση με γόνατα Mc Pherson ξεκίνησε σαν μια ανάρτηση που θα μπορούσε να δώσει μεγαλύτερες διαδρομές και μεγαλύτερη άνεση από τα ανισομεγέθη ψαλίδια αποφεύγοντας την πολυπλοκότητα της κατασκευής. Ο πιο εύκολος τρόπος να καταλάβουμε την λειτουργία της ανάρτησης με γόνατο Mc Pherson φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 3.16: Ανάρτηση με γόνατο Mc Pherson

Στην εικόνα 3.17 φαίνεται πως η κίνηση του τροχού ελέγχεται από το γόνατο που είναι και αμορτισέρ του οποίου η κλίση ελέγχεται από το εγκάρσιο ψαλίδι. Το γόνατο και το ψαλίδι δεν συνδέονται απευθείας αλλά προσαρμόζονται στα δύο άκρα της πλήμνης του τροχού. Η κλίση του τροχού παραμένει σταθερή ως προς το γόνατο και η μεταβολή της εγκάρσιας κλίσης του γόνατου μεταβάλλει ισόποσα την γωνία camber του τροχού.

Κυρίαρχο στοιχείο της ανάρτησης είναι το γόνατο, ένα σύνθετο τηλεσκοπικό εξάρτημα στο οποίο ενσωματώνονται το ελατήριο και το αμορτισέρ. Στο επάνω μέρος του, το γόνατο προσαρμόζεται στο θόλο του φτερού και στο κάτω του αρθρώνεται σε ένα ψαλίδι. Με τον τρόπο αυτό, η θέση του γονάτου ορίζεται πάντοτε από δύο σημεία, από τα οποία το πάνω είναι σταθερό και το κάτω βρίσκεται σε τόξο κύκλου με ακτίνα το ψαλίδι. Με αυτό σαν δεδομένο, μπορούμε να επιλέξουμε κατά τέτοιο τρόπο τις σχετικές θέσεις γονάτου - ψαλιδιού, ώστε, όταν συμπιέζεται η ανάρτηση να μεταβάλλεται η κλίση του γονάτου.

Έτσι, στις συμπιέσεις του τροχού εξαιτίας των κλίσεων του αμαξώματος, είναι δυνατόν να υπολογιστεί η μεταβολή κλίσης τροχού - γονάτου ώστε να αντισταθμίζει την εισαγόμενη κλίση του αμαξώματος, διατηρώντας τον τροχό κάθετο στο δρόμο.

Όπως βλέπουμε στις εικόνες 3.16 και 3.17 το γόνατο τελειώνει αρκετά ψηλά έχοντας σαν φυσική προέκταση την ίδια την πλήμνη του τροχού. Στην άλλη άκρη της πλήμνης αρθρώνεται ένα ψαλίδι ολοκληρώνοντας την πλευρική στήριξη του τροχού.

Τα μειονεκτήματα της ανάρτησης με γόνατο Mc Pherson είναι πως τα πλευρικά φορτία που ασκούνται από τους τροχούς στις στροφές παραλαμβάνονται αυτούσια από τις εδράσεις τηλεσκοπικής ολίσθησης των γονάτων, δημιουργώντας προβλήματα στατικής τριβής και πρόωρης φθοράς. Το μεγαλύτερο πρόβλημα όμως δημιουργείται στα κατακόρυφα φορτία, τα οποία διαμέσου της έδρασης της κεφαλής του γονάτου μεταφέρονται στην κορυφή των θόλων των φτερών.

Στις μέρες μας, η αποδοτική χρήση των ηλεκτρονικών συστημάτων στην δυναμική ανάλυση των κατασκευών έχει εξαλείψει τα αδύνατα σημεία καθώς στα σύγχρονα αμαξώματα υπάρχει μια πιο ομαλή διασπορά φορτίων.

Πρόσφατα έχει εμφανιστεί μια παραλλαγή των γονάτων McPherson και χρησιμοποιείται κυρίως σε κορυφαίες εκδόσεις προσθιοκίνητων αυτοκινήτων. Ο νέος αυτός τύπος γονάτων στην πραγματικότητα διαχωρίζει το κομμάτι απόσβεσης από το κομμάτι στρίψιμο μειώνοντας έτσι την υποστροφή και το «ψάρεμα» του εμπρόσθιου μέρους στο μέτρο του δυνατού και δίνει καλύτερη αίσθηση στο τιμόνι, ενώ επιπρόσθετα έχει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην μεταβολή της γωνίας camber.

Συμπερασματικά, οι αναρτήσεις με γόνατα Mc Pherson προσφέρουν ικανοποιητικά χαρακτηριστικά γεωμετρίας στο όχημα, όμως κατά την φόρτιση τους έχουν αδυναμία στο να κρατήσουν ουδέτερη την γωνία κάμπερ κάτι που επηρεάζει σαφώς το κράτημα του αυτοκινήτου. (Knowles,1997)



### 3. 7 Σφαιρικοί σύνδεσμοι

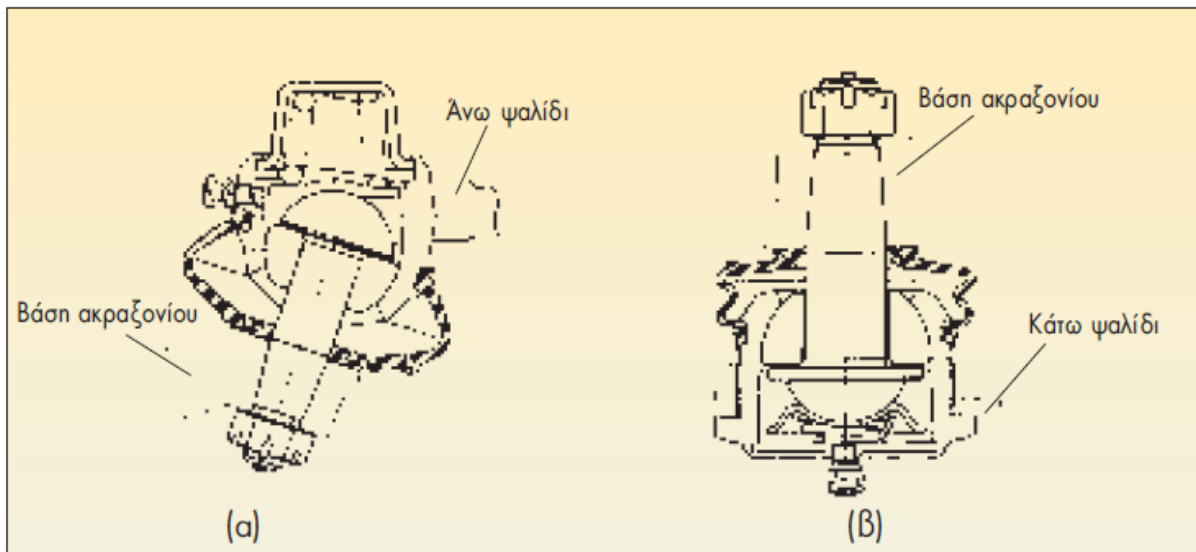
Όλες οι αρθρώσεις του συστήματος ανάρτησης σχηματίζονται από σφαιρικούς συνδέσμους. Ο σφαιρικός σύνδεσμος αποτελείται από έναν κωνικό πείρο που στο ένα άκρο του σφηνώνει σταθερά στο αντίστοιχο κωνικό τμήμα που έχει το ένα από τα συνδεόμενα μέλη και ασφαλίζεται με πυργωτό περικόχλιο. Το άλλο άκρο του καταλήγει στην σφαιρική κεφαλή και αρθρώνεται μέσα σε ειδική υποδοχή, η οποία είτε κοχλιώνεται σταθερά στο άλλο συνδεόμενο μέλος, είτε διαμορφώνεται ολόσωμα στο ακρόμπαρο.

Ο κωνικός πείρος καταλήγει σε σπείρωμα μαζί με την σφαιρική κεφαλή και κατασκευάζεται είτε από χάλυβα υψηλής ποιότητας όπως είναι ο ορείχαλκος ο οποίος όμως απαιτεί περιοδική λίπανση, είτε από τεφλόν που δεν απαιτεί λίπανση.

Οι σφαιρικοί σύνδεσμοι, συνδέουν τα ψαλίδια των πρόσθιων συστημάτων ανάρτησης στην βάση του ακροαξονίου και διακρίνονται σε 2 είδη:

Τους φορείς-συνδέσμους που φέρουν το βάρος του αυτοκινήτου και συνήθως δεν έχουν ελατήριο προέντασης που αφορά τον σφαιρικό σύνδεσμο του κάτω ψαλιδιού. (Εικόνα 3.18)

Τους οδηγούς-συνδέσμους που δεν φέρουν σημαντικό βάρος αλλά συγκρατούν τον τροχό στην θέση του και έχουν συνήθως ελατήριο προέντασης που αφορά τον σφαιρικό σύνδεσμο του άνω ψαλιδιού.(Ανδρινός κ.α,2001)



Εικόνα 3.18: Σφαιρικοί σύνδεσμοι με ελατήριο(α) και χωρίς ελατήριο(β) προέντασης

### 3. 8 Υστερούντες και μη υστερούντες βραχίονες

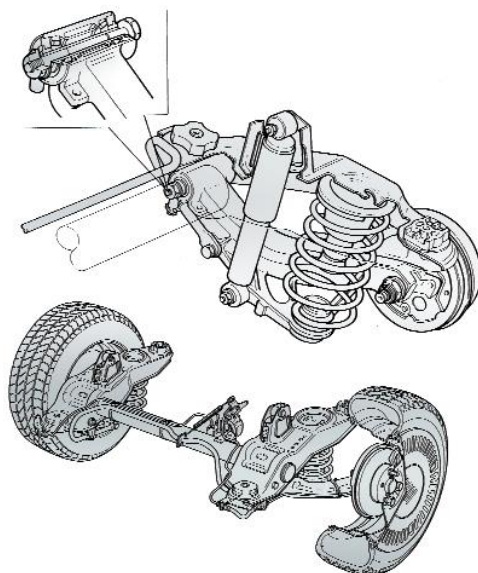
#### 3.8.1 Σύστημα αναρτήσεων με υστερούντες βραχίονες

Στις αναρτήσεις με διάταξη τους υστερούντες και τους μη υστερούντες βραχίονες, οι τροχοί είναι συνδεδεμένοι στο άκρο ενός απλού αρθρωτού βραχίονα, ο οποίος ανεβοκατεβαίνει γύρω από το άλλο άκρο που συνδέεται με μια εγκάρσια άρθρωση με το αυτοκίνητο. Όταν ο άξονας περιστροφής των βραχιόνων είναι κάθετος προς την διεύθυνση της κίνησης του οχήματος, δηλαδή προς τον διαμήκη άξονα του αυτοκινήτου τότε οι βραχίονες αυτοί ονομάζονται υστερούντες, ανάλογα εάν ο τροχός ωθείται ή σύρεται από τον βραχίονα αντίστοιχα.

(Παπαγιαννόπουλος, 2011)

Οι βραχίονες αυτοί χρησιμοποιούνται συνήθως σε αυτοκίνητα με μπροστινή κίνηση. Σε αυτή την περίπτωση το διαφορικό μαζί με τον κινητήρα είναι στερεωμένα στο αμάξωμα και η κίνηση φθάνει στους τροχούς με δύο ημιαξόνια καθένα από τα οποία έχει δύο αρθρωτούς συνδέσμους και τηλεσκοπικό συνήθως σύνδεσμο.

Ο κάθε υστερών βραχίονας είναι ένας διαμήκης βραχίονας και είναι παράλληλος προς τον διαμήκη άξονα του αυτοκινήτου. Έχει ένα σημείο άρθρωσης με το αμάξωμα, ενώ συνδέεται συνήθως με το ένα άκρο της ράβδου στέψης, της οποίας το άλλο άκρο στερεώνεται σταθερά σε ενισχυμένο σημείο του αμαξώματος. Με αυτό τον τρόπο, 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 και η απόσταση μεταξύ των τροχών παραμένει σταθερή.

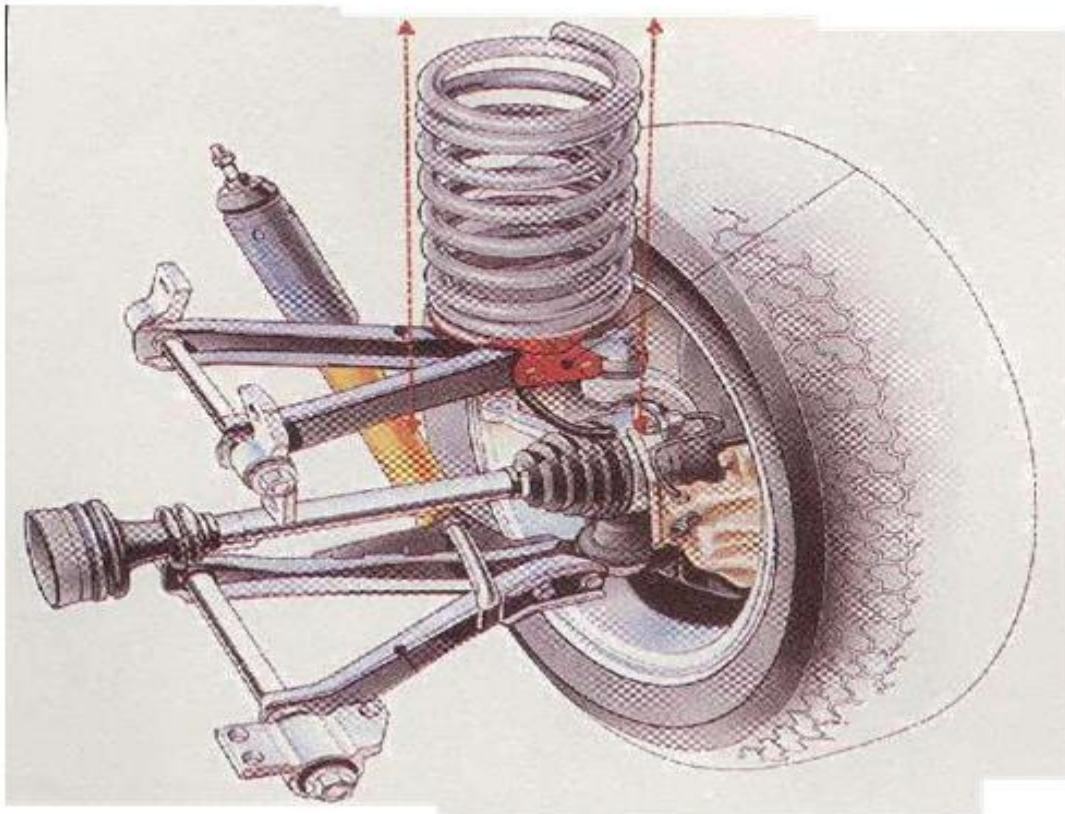


Εικόνα 3.19: Σύστημα ανάρτησης με υστερούντες βραχίονες

### 3. 8. 2 Σύστημα αναρτήσεων με υστερούντες βραχίονες με ελικοειδή ελατήρια

Κάθε υστερών βραχίονας είναι διαμήκης βραχίονας, ο οποίος στηρίζεται σε έναν ή περισσότερους τριβείς σε ένα ενισχυμένο σημείο του αμαξώματος με παράλληλη χρήση της αντιστρεπτικής ράβδου, ενώ σε περίπτωση ελαφριάς στήριξης του βραχίονα υπάρχει παράλληλα και μια ενισχυτική συγκρατητική ράβδος. Εάν η κίνηση είναι στους πίσω τροχούς, τότε το διαφορικό στηρίζεται στο αμάξωμα και η κίνηση φθάνει στους τροχούς με δύο ημιαξόνια καθένα από τα οποία έχει δύο αρθρωτούς συνδέσμους και έναν τηλεσκοπικό σύνδεσμο. Και στις δύο περιπτώσεις πάντως το ελατήριο και ο αποσβεστήρας τοποθετούνται μεταξύ του διαμήκους βραχίονα και του αμαξώματος.

Ο υστερούντας βραχίονας βρίσκεται αρθρωμένος στο σασί σε ένα σημείο που βρίσκεται στο ενδιάμεσο των άκρων του, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Αυτού του είδους η άρθρωση επιτρέπει στον βραχίονα να κινηθεί προς οποιαδήποτε κατεύθυνση και εκεί ακριβώς βρίσκεται το πλεονέκτημα της λειτουργίας αυτής της πολύπλοκης ανάρτησης.

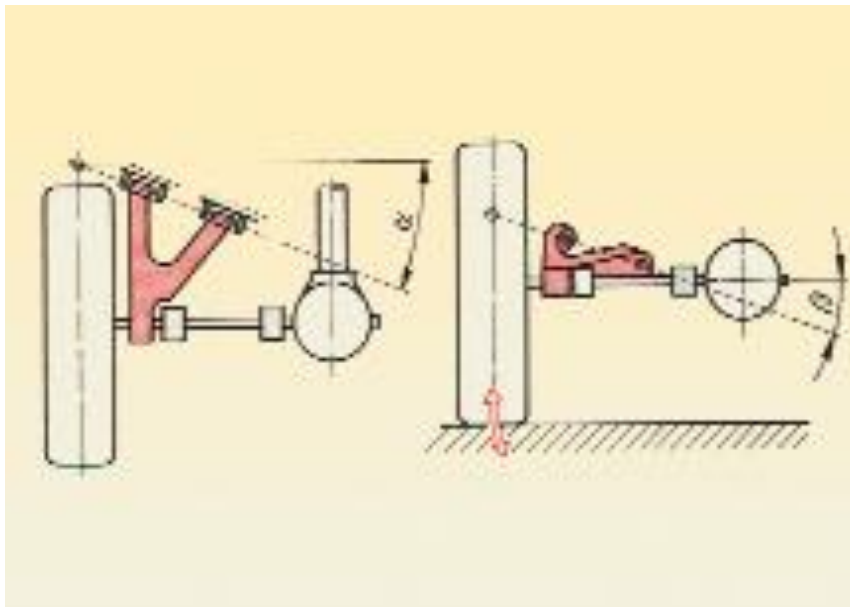


Εικόνα 3.20: Ανάρτηση με υστερούντες βραχίονες

### 3. 8. 3 Σύστημα αναρτήσεων με ημι- υστερούντες βραχίονες με ελικοειδή ελατήρια

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

Σε περίπτωση που ένα αυτοκίνητο έχει κίνηση στους πίσω τροχούς 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 και τηλεσκοπικό σύνδεσμο. Κάθε τροχός στηρίζεται σε ένα τριγωνικό ψαλίδι, το οποίο έχει δύο σημεία στήριξης στο αμάξωμα, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.21.



Εικόνα 3.21: Στήριξη τροχού

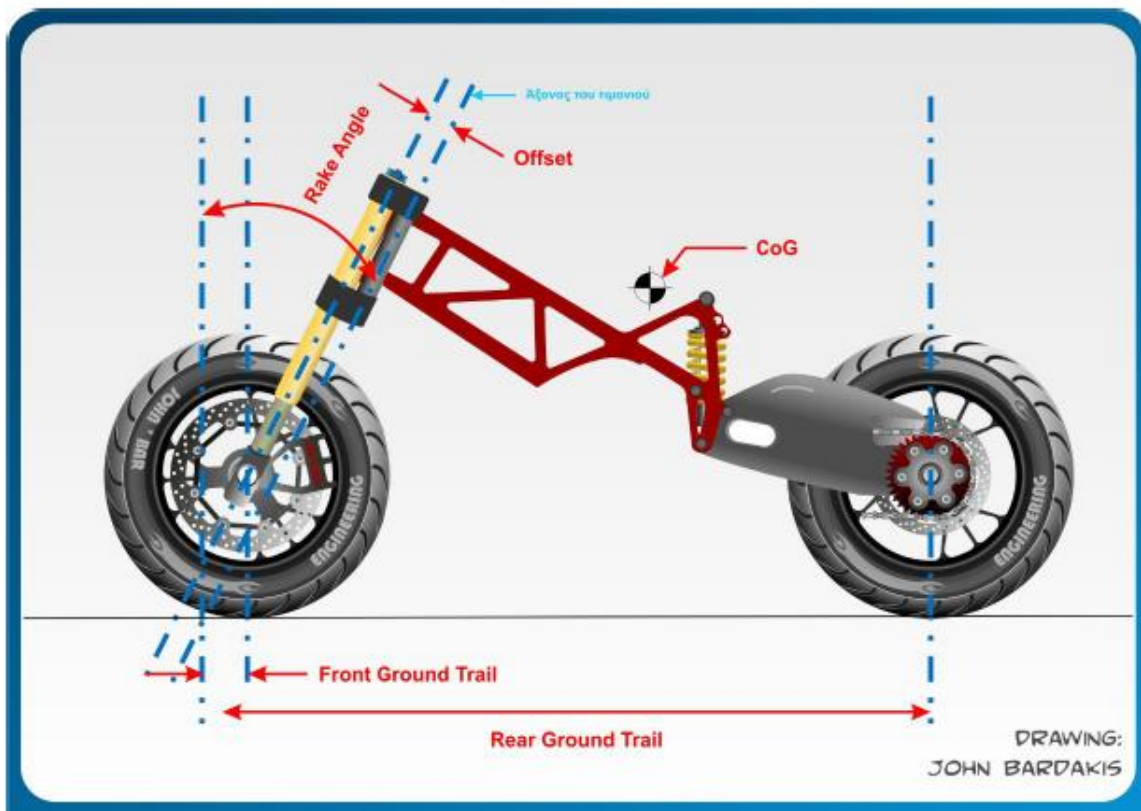
Σε περίπτωση που το αυτοκίνητο έχει την κίνηση στους μπροστά τροχούς η θέση του ψαλιδιού παραμένει σχεδόν ίδια. Και στις δύο περιπτώσεις τόσο το ελατήριο όσο και το αμορτισέρ τοποθετούνται μεταξύ του ημιαιωρούμενου βραχίονα και του αμαξώματος. Η διάταξη αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την καλύτερη ευστάθεια του αυτοκινήτου.

## Κεφάλαιο 4ο – Συστήματα αναρτήσεων σε μοτοσυκλέτες και βαρέα οχήματα

### 4.1 Συστήματα αναρτήσεων μοτοσυκλετών

Στις μοτοσυκλέτες υπάρχουν λίγο πολύ τα ίδια συστήματα αναρτήσεων που υπάρχουν και στα αυτοκίνητα με την σημαντικότερη διαφορά ότι εδώ έχουμε δύο τροχούς και όχι τέσσερις. Το πιο συνηθισμένο σύστημα ανάρτησης των μοτοσυκλετών είναι αυτό με τα διπλά ψαλίδια. Στον μπροστά τροχό έχει επικρατήσει να υπάρχει ένα διπλό τηλεσκοπικό ψαλίδι και ο τροχός είναι αξονικός και συνδεδεμένος με το πλαίσιο της μοτοσυκλέτας.

Οι σπορ μοτοσυκλέτες έχουν μικρότερη επιφάνεια στους τροχούς πράγμα που σημαίνει και λιγότερη ευστάθεια κατά την οδήγηση. Βέβαια αυτό συμβαίνει όταν η οδήγηση γίνεται σε μια ευθεία διότι κατά τις στροφές αυτού του είδους οι μοτοσυκλέτες έχουν καλύτερη ευστάθεια.

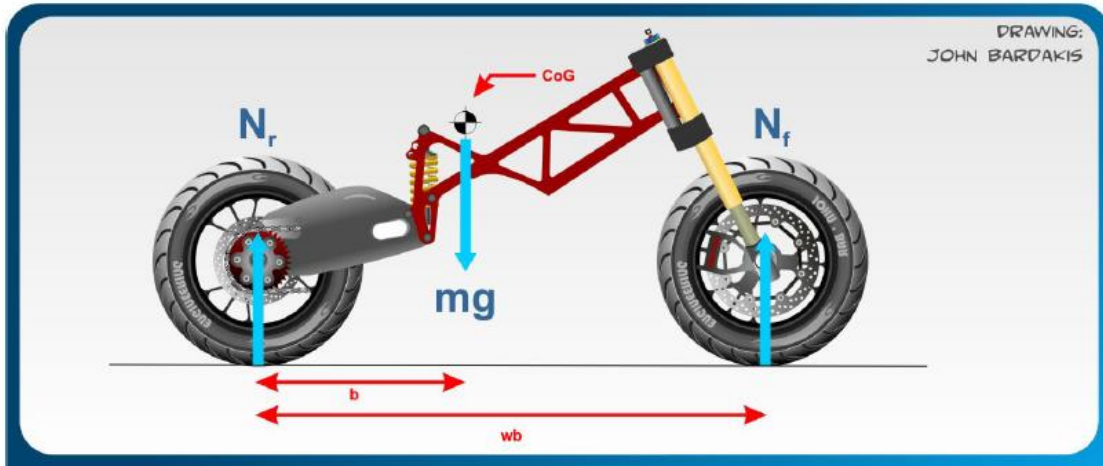


Εικόνα 4.1: Γεωμετρία της ανάρτησης σε μοτοσυκλέτα

Ένα από τα μειονεκτήματα του τηλεσκοπικού ψαλιδιού είναι ότι κατά το φρενάρισμα αυτό τείνει να συμπιέζεται με αποτέλεσμα η μοτοσυκλέτα να πραγματοποιεί μια «βουτιά» προς τα εμπρός πράγμα αρκετά επικίνδυνο.



Η τοποθέτηση των τηλεσκοπικών ψαλιδιών γίνεται υπό γωνία ως προς το πλαίσιο της μηχανής και κατά συνέπεια υπό γωνία προς την δύναμη πέδησης, με αποτέλεσμα η δύναμη της πέδησης να παραλαμβάνεται απευθείας από τα ψαλίδια. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε πως λειτουργεί η δύναμη αυτή.



Εικόνα 4.2: Δύναμη που ωθεί σε βύθιση το σύστημα αναρτήσεων

Η εταιρία Honda λάνσαρε για πρώτη φορά το σύστημα αναρτήσεων που δεν βυθίζονται κατά το φρενάρισμα το οποίο ονομαζόταν TRAC (Torque Reactive Anti-Dive Control). Το TRAC συνδεόταν στο υδραυλικό σύστημα φρένων της μοτοσυκλέτας, κατά το οποίο ένας κύλινδρος τοποθετούνταν στο εμπρός μέρος του ψαλιδιού και το υγρό φρένων διαχεόταν και στα τηλεσκοπικά ψαλίδια των αναρτήσεων.

Η κεντρική ιδέα ήταν πως όταν πατάμε το φρένο, η πίεση που ασκείται από το έμβολο στην βαλβίδα θα περιορίζε την βύθιση του ψαλιδιού και θα έκανε την ανάρτηση πιο σκληρή. Και σκληρότερη ανάρτηση σημαίνει λιγότερη βύθιση κατά το φρενάρισμα. Βέβαια πολλοί οδηγοί παραπονιόντουσαν διότι όταν οδηγούσαν σε άσχημους δρόμους ή επαρχιακούς δρόμους με αυτό το σύστημα αυξάνονταν πάρα πολλοί οι κραδασμοί με αποτέλεσμα την ταλαιπωρία του αναβάτη πάνω στην μοτοσυκλέτα.



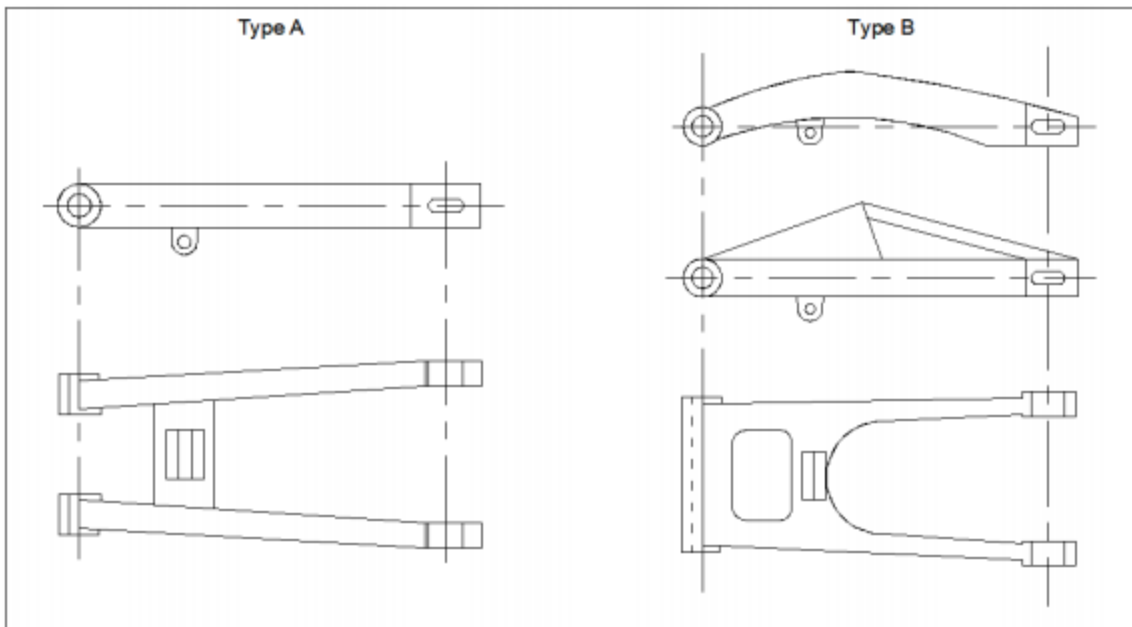
Εικόνα 4.3: Ανάρτηση με υδραυλικό έμβολο

Επίσης όταν μια μοτοσυκλέτα συναντήσει ένα μεγάλο εμπόδιο ( μια λακκούβα) η ανάρτηση συμπιέζεται και το μεταξόνιο της μοτοσυκλέτας γίνεται μικρότερο με αποτέλεσμα να υπάρχει πρόβλημα στην ευστάθεια και στην οδήγηση της μοτοσυκλέτας.

Το πρόβλημα αυτό έχει αντιμετωπιστεί με τα γραμμικά και περιστροφικά αμορτισέρ του συστήματος ανάρτησης, όπου ένας κύλινδρος με ένα υδραυλικό έμβολο εφαρμόζεται πάνω στα ψαλίδια και ελαχιστοποιεί τους κραδασμούς μετά από κάποια «συνάντηση» με μεγάλη λακκούβα.

Στις μοτοσυκλέτες σήμερα εφαρμόζονται τα σύγχρονα τηλεσκοπικά ψαλίδια τα οποία ελέγχουν τον μπροστινό τροχό. Το μειονέκτημα τους είναι ότι ο τροχός κινείται επάνω και πίσω σε σχέση με το πλαίσιο της μοτοσυκλέτας και το μεταξόνιο μικραίνει πράγμα που αφαιρεί την σταθερότητα της μοτοσυκλέτας στις στροφές.

4. 1. 1 Είδη αναρτήσεων σε μοτοσυκλέτες Δίδυμα Ψαλίδια Είναι το κλασικό σύστημα ανάρτησης μια μοτοσυκλέτας καθώς τα ψαλίδια σχηματίζουν το γράμμα Η. Επικράτησαν κατά την δεκαετία του 1980 όταν άρχισαν να εμφανίζονται οι πρώτες επιφυλάξεις σχετικά με το βάρος τους ενώ δεν ήταν και ιδιαίτερα ανθεκτικά. Ο μόνος τρόπος για να ισχυροποιηθεί αυτή η ανάρτηση ήταν να προστεθεί και άλλο μέταλλο με αποτέλεσμα να προστίθεται περισσότερο το μη αναρτώμενο βάρος, το οποίο μειώνει την αποτελεσματικότητα της ανάρτησης.

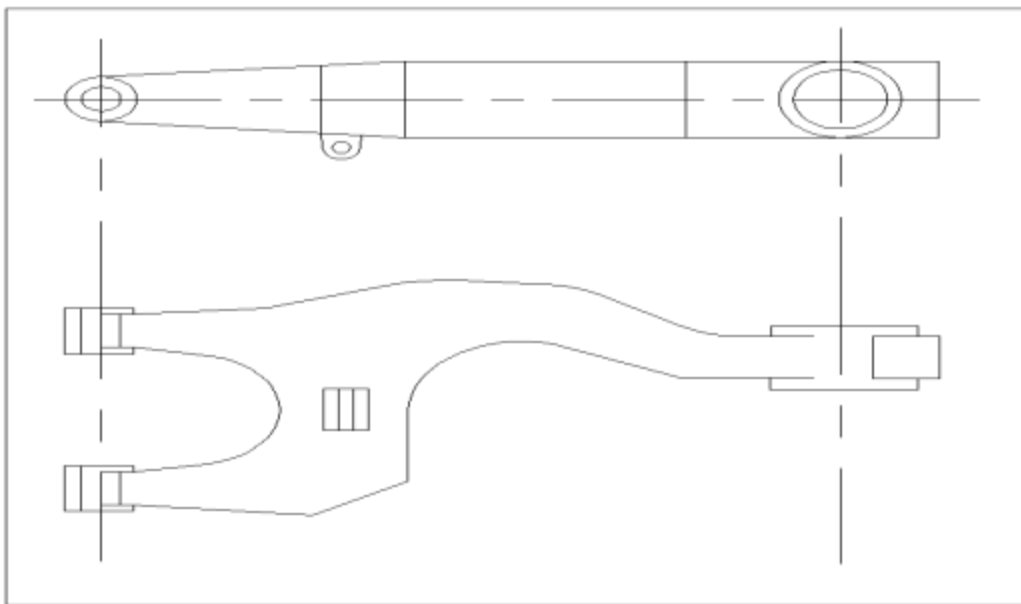


Εικόνα 4.4: Ανάρτηση με δίδυμα ψαλίδια τύπου Η.

## Μονό ψαλίδι

Αποτελεί την σύγχρονη σχεδίαση για αναρτήσεις μοτοσυκλετών καθώς το κάτω άκρο του ψαλιδιού ενώνεται με το ελατήριο και θα πρέπει να υπάρχει η κατάλληλη λίπανση σε εκείνα τα σημεία.

Είναι εκτεθειμένο στις καιρικές συνθήκες σε συνθήκες οδήγησης, ενώ η ανάγκη για λιγότερο βάρος στην ανάρτηση οδήγησε τους μηχανικούς στην αφαίρεση του «καλαθιού» του ψαλιδιού και στο να επιστρέψουν στην παραδοσιακή Η μορφή ανάρτησης με λιγότερα και ελαφρύτερα υλικά, αλλά κατά πολύ ισχυρότερα.



Εικόνα 4.5: Μονό ψαλίδι σε μοτοσυκλέτα

## Αναρτήσεις Hossack

Από τον Άγγλο μηχανικό Hossack κατασκευάστηκε η παρακάτω ανάρτηση για μοτοσυκλέτες η οποία είναι με διπλά ψαλίδια αλλά δεν έχει το μειονέκτημα της βύθισης της μοτοσυκλέτας κατά το φρενάρισμα.

Το σύστημα Hossack περιλαμβάνει διπλά ψαλίδια τα οποία είναι εγκατεστημένα όπως αυτά των αγωνιστικών μηχανών, αλλά διαφέρουν ως προς την γεωμετρία τους. Ο άξονας περιστρέφεται κατά 90 μοίρες γύρω από τα ψαλίδια. Το υλικό κατασκευής γίνεται από φύλλα χάλυβα, τα οποία συμπιέζονται αποκτώντας μια πολύ ισχυρή και ελαφριά δομή. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την ανάρτηση Hossack η οποία αποτελείται από διπλά ψαλίδια.





Εικόνα 4.6: Ανάρτηση Hossack για μοτοσυκλέτες

#### 4. 2 Συστήματα αναρτήσεων για βαρέα οχήματα

Για να παραμένει ένα όχημα κατά τη διάρκεια της κινήσεώς του σταθερό, πρέπει οι τροχοί να έχουν καλή πρόσφυση στο δρόμο και να ακολουθούν πιστά την τροχιά που έχει δοθεί από τον οδηγό, όπως συμβαίνει και στα επιβατικά αυτοκίνητα.

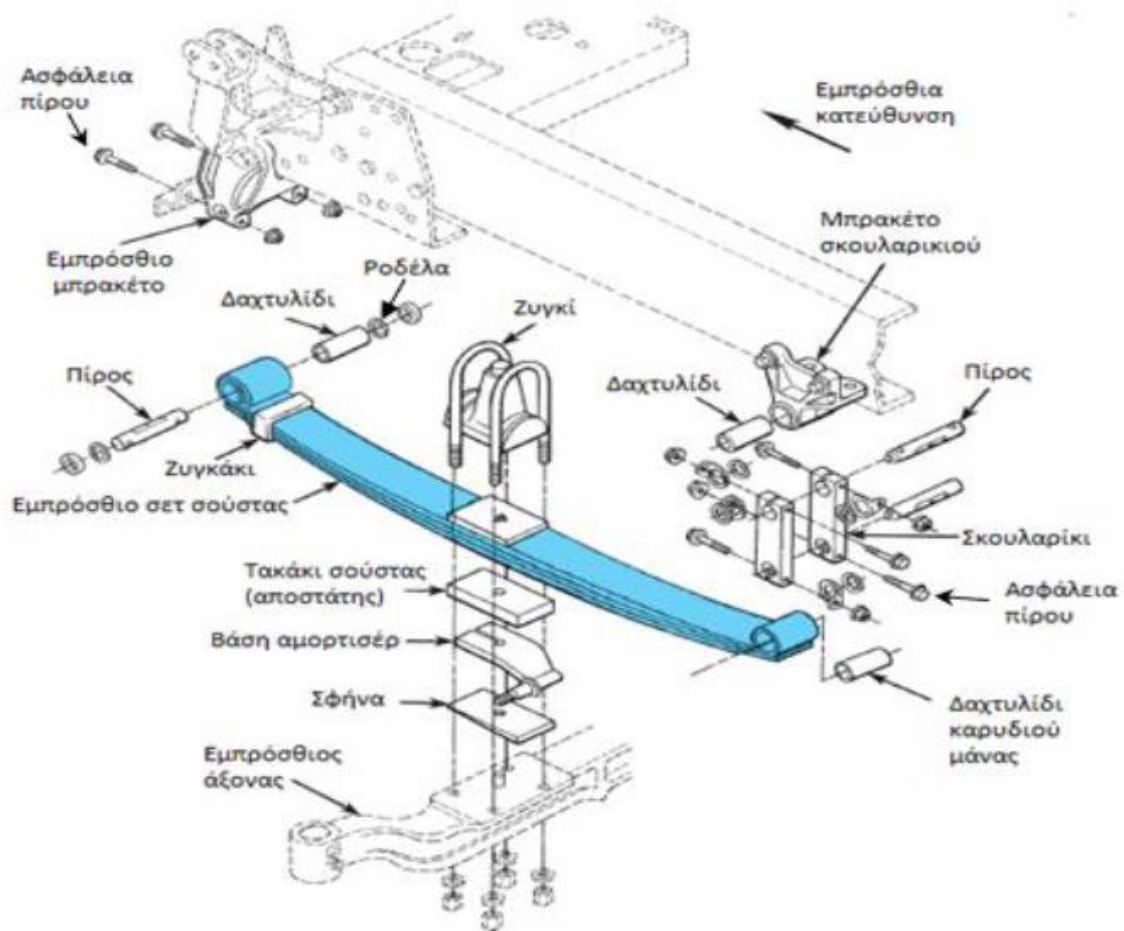
Επίσης, το όχημα πρέπει να διατηρεί την κατεύθυνσή του χωρίς επικίνδυνες μετατοπίσεις, τόσο των μεταφερόμενων επιβατών, όσο και των αποσκευών, όσον αφορά τα λεωφορεία. Όλα αυτά προϋποθέτουν μία καλή ανάρτηση.

Στα βαρέα οχήματα διαφόρων χρήσεων χρησιμοποιούνται τα πεπλατυσμένα ελατήρια (ημιελλειπτικά) σαν χαλύβδινα ελατήρια και σπανίως χρησιμοποιούνται χαλύβδινα ελικοειδή ελατήρια. Στα λεωφορεία ευρεία χρήση παρουσιάζουν τα ελατήρια αέρα (αερόσουστες).

Η πλέον διαδεδομένη μορφή αναρτήσεως στα σύγχρονα λεωφορεία και φορτηγά είναι η υδροπνευματική ανάρτηση.

Για τα ημιελλειπτικά ελατήρια έγινε εκτενής αναφορά στο 2ο κεφάλαιο. Σε αυτό το σημείο θα αναλύσουμε τον τρόπο λειτουργίας των ημιελλειπτικών ελατηρίων στα βαρέα οχήματα και στα φορτηγά.

Μεταξύ των ελασμάτων αναπτύσσεται μία τριβή, η οποία αποτελεί απόσβεση του ελατηρίου. Εξαιτίας αυτού όμως η συντήρηση του ελατηρίου απαιτείται να είναι συχνότερη και με μεγαλύτερη επιμέλεια. Η σκουριά μεταξύ των ελασμάτων πρέπει να αποφεύγεται. Γι' αυτό πρέπει να υπάρχει στρώση λιπαντικού μεταξύ τους. Οι δυνάμεις κίνησης και πέδησης μεταφέρονται από τους τροχούς μέσω των ελατηρίων στο πλαίσιο.

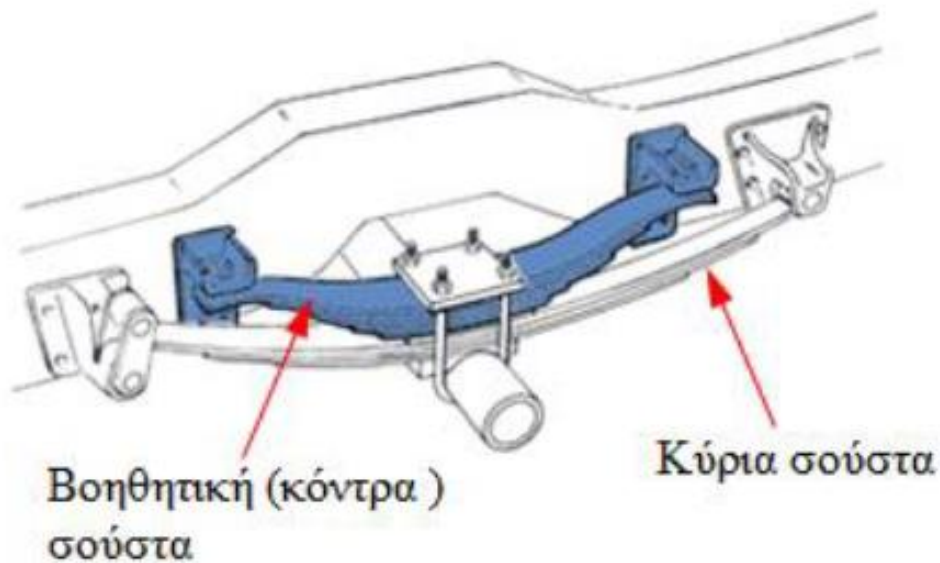


Εικόνα 4.7: Τοποθέτηση ημιελλειπτικού ελατηρίου στο πλαίσιο φορτηγού

Το ελατήριο στηρίζεται στον άξονα με κατάλληλο σύνδεσμο σχήματος U (ζυγκιά). Στο πλαίσιο το ελατήριο στερεώνεται με αρθρώσεις (αναρτήρες). Στο ένα άκρο του ελατηρίου (μπροστινό) η άρθρωση είναι σταθερή επιτρέποντας μόνο την περιστροφή του ελατηρίου γύρω από τον άξονα του πύρου που φέρει η άρθρωση.

Στο άλλο άκρο του ελατηρίου (οπίσθιο) υπάρχει ειδική άρθρωση - διπλή άρθρωση. Η άρθρωση αυτή φέρει μικρό βραχίονα, ο οποίος κατά την παραμόρφωση του ελατηρίου εξαιτίας της φόρτισης του, περιστρέφεται και αντισταθμίζει την επιμήκυνση του ελατηρίου. Όταν το ελατήριο αποφορτίζεται και επιστρέφει στην αρχική του μορφή (χωρίς φορτίο), ο βραχίονας περιστρέφεται και αντισταθμίζει την μείωση του μήκους του ελατηρίου.

Χρησιμοποιούνται διπλά ή και τριπλά (μονάδες) ημιελλειπτικά ελατήρια. Όταν ένα όχημα είναι κενό και χρησιμοποιεί και δεύτερη μονάδα - πακέτο ελατηρίων, τότε το ελατήριο δεν είναι πολύ σκληρό, αφού η πρώτη μόνο μονάδα ελατηρίων αναλαμβάνει την ανάρτηση του κενού οχήματος. Από ένα φορτίο και μετά επενεργεί και η δεύτερη μονάδα ελατηρίων με αποτέλεσμα το συγκρότημα της ανάρτησης να έχει προοδευτική χαρακτηριστική.



Εικόνα 4.9: Διπλό ημιελλειπτικό ελατήριο

#### 4. 2. 1 Παραβολικά ελατήρια

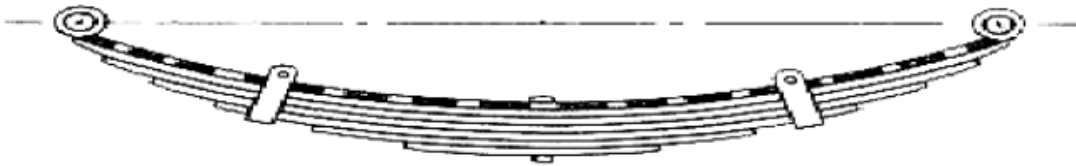
Τα παραβολικά ελατήρια είναι κατεξοχήν τα ελατήρια τα οποία χρησιμοποιούνται στα βαρέα οχήματα.

Σ' αυτό τον τύπο ανάρτησης τα ελάσματα των ελατηρίων γίνονται λεπτότερα από το μέσο προς τα άκρα κατά μία καμπύλη παραβολής. Το ελατήριο αυτό αποτελείται από λίγα στιβαρά ελάσματα.

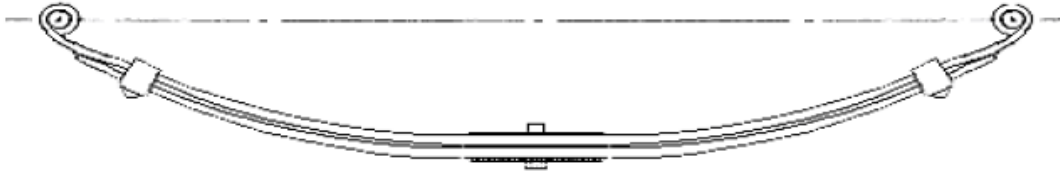
Μεταξύ τους υπάρχουν στρώσεις από πλαστικό φύλλο για την αποφυγή τριβής των ελασμάτων μεταξύ τους. Κατά τη φόρτιση τους εκτελούν μεγαλύτερη διαδρομή και παρουσιάζουν μικρότερη εσωτερική τριβή καθιστώντας τη λειτουργία τους σαν αυτή ενός μαλακού ελατηρίου και προσφέροντας περισσότερη άνεση. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα παραβολικά ελατήρια είναι μαλακά ελατήρια. Όσο λιγότερα είναι τα ελάσματα και όσο λεπτότερα και μεγαλύτερου μήκους τόσο πιο άνετα γίνονται.

### Σύγκριση συμβατικής με παραβολική σούστα

Συμβατική σούστα με πολλά φύλλα



Παραβολική σούστα με δύο φύλλα



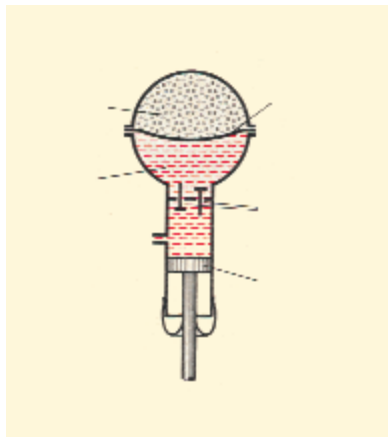
Εικόνα 4.10: Παραβολικό ελατήριο

Η επάνω πλευρά του ελάσματος καταπονείται σε εφελκυσμό. Γι' αυτό τα ελάσματα υφίστανται ειδική κατεργασία στην επάνω τους πλευρά για την αύξηση της διάρκειας ζωής τους. Η κατεργασία συνίσταται σε ένα είδος αμμοβολής κατά την οποία μικρά χαλύβδινα σφαιρίδια εκτοξεύονται με μεγάλη δύναμη στην επιφάνεια του ελάσματος.

#### 4. 3 Υδροπνευματικές αναρτήσεις

Οι αναρτήσεις των βαρέων οχημάτων και κυρίως των φορτηγών βασίζονται στις υδροπνευματικές αναρτήσεις. Στις υδροπνευματικές αναρτήσεις οι τροχοί συγκρατούνται ανεξάρτητα με εγκάρσια ψαλίδια ή με υστερούντες βραχίονες. Ο βραχίονας του κάθε τροχού κινείται μέσα σε κύλινδρο και κινείται ανάλογα με τις κατακόρυφες κινήσεις του τροχού.

Το επάνω μέρος του κυλίνδρου χωρίζεται σε δύο θαλάμους από μια ενισχυμένη μεμβράνη. Στον επάνω θάλαμο υπάρχει μια σταθερή ποσότητα αζώτου, ενώ ο κάτω θάλαμος είναι γεμάτος με ειδικό λάδι. Η πίεση, τόσο του αερίου όσο και του λαδιού κυμαίνεται από 100 έως 200 bar. Σε κάθε τροχό ενός φορτηγού υπάρχει μια διάταξη σαν και αυτή που περιγράψαμε και τροφοδοτεί με λάδι κάθε τροχό του φορτηγού από κοινή παροχή που συνδέεται με βαλβίδα ελέγχου. (Αλεξάνδρου,2001)



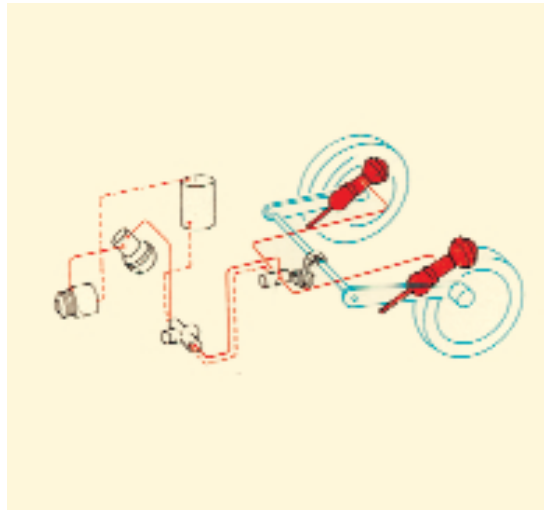
Εικόνα 4.11: Συγκρότημα εμβόλου-σφαίρας σε υδροπνευματική ανάρτηση

Μόλις λοιπόν ο τροχός του φορτηγού συναντήσει κάποιο εμπόδιο και υπερυψωθεί, ο διαμήκης βραχίονας πιέζει το έμβολο προς τα επάνω και έτσι το έμβολο όπως είναι ανερχόμενο συμπιέζει το λάδι το οποίο μέσω ειδικής βαλβίδας πιέζεται η διαχωριστική μεμβράνη και με αυτό τον τρόπο μειώνεται ο όγκος του αζώτου στην επάνω πλευρά, το οποίο άζωτο όμως πιέζει με την σειρά του τον κάτω θάλαμο με το λάδι έτσι ώστε να εξισωθεί η πίεση του λαδιού με αυτή του αζώτου.

Με την εξίσωση των δύο πιέσεων σταθεροποιείται ο βραχίονας του τροχού στην συγκεκριμένη θέση. Μόλις ο τροχός απομακρυνθεί από το εμπόδιο και σταματήσει να ενεργεί η εξωτερική πίεση προς το έμβολο, το άζωτο σταματάει να διαστέλλεται με αποτέλεσμα η μεμβράνη να συμπιέζει το λάδι που βρίσκεται στον κάτω θάλαμο και το λάδι διαμέσου μιας βαλβίδας περνάει σε αντίθετη κατεύθυνση ροής πιέζοντας το έμβολο που με την σειρά του ωθεί τον βραχίονα του τροχού, οπότε και ο τροχός κατεβαίνει.

Στα φορτηγά αυτοκίνητα είναι σύνηθες να φορτώνεται το όχημα με φορτία. Όταν συμβαίνει αυτό, μετατοπίζεται ο βραχίονας του τροχού με αποτέλεσμα να μεταδίδεται η κίνηση σε μια ράβδο που ονομάζεται ράβδος εξισορρόπησης στην οποία επάνω είναι στερεωμένος ένας μοχλός ελέγχου. Αυτός ο μοχλός ελέγχου ενεργοποιεί μια βαλβίδα.

Οπότε αυτόματα μια αντλία λαδιού υψηλής πίεσης ρυθμίζει το ύψος του αυτοκινήτου με ταυτόχρονη αύξηση του όγκου του λαδιού στον κάτω θάλαμο με αποτέλεσμα την εξισορρόπηση του ύψους του αυτοκινήτου. Η αντίστροφη διαδικασία ακολουθείται όταν ξεφορτώνεται το φορτηγό.



Εικόνα 4.12: Διάταξη υδροπνευματικής ανάρτησης σε πίσω άξονα

Η ύπαρξη των δύο βαλβίδων στο άκρο του κυλίνδρου χρησιμεύει και σαν αμορτισέρ αφού η αντίσταση που δημιουργείται στην ροή του λαδιού από τον χώρο του κυλίνδρου προς τον κάτω θάλαμο και αντίστροφα δημιουργούν απόσβεση των ταλαντώσεων του αμαξώματος.

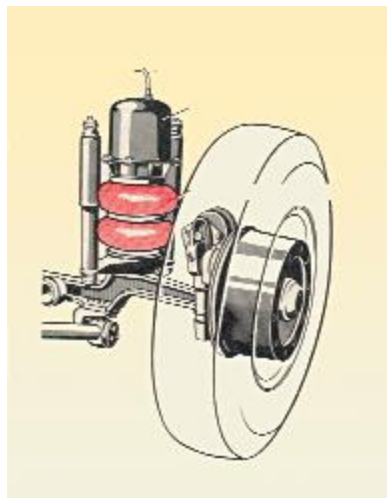
Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε πως τα αέρια είναι συμπιεσμένα και τα υγρά είναι ασυμπίεστα, οπότε η οδική συμπεριφορά και ο βαθμός της άνεσης του συστήματος καθορίζεται από την ρευστότητα του υγρού και τις βαλβίδες που ελέγχουν την διέλευση του καθώς και από την πίεση και την πυκνότητα του αερίου.(Ανδρινός,2001)

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε πως η υδροπνευματική ανάρτηση είναι πολύ μαλακή και ελαστική στα μικρά φορτία και σκληραίνει προοδευτικά όταν μεγαλώσει το φορτίο. Με την υδροπνευματική ανάρτηση εκτός από την διατήρηση ενός σταθερού ύψους από το έδαφος του αμαξώματος παρέχεται και η δυνατότητα της ρύθμισης του επιθυμητού ύψους του οχήματος ανάλογα με τους δρόμους που έχει να διανύσει το όχημα (δύσβατος ή μη) ενώ χρησιμοποιείται και στα επιβατικά αυτοκίνητα εκτός από τα φορτηγά αυτοκίνητα.

#### 4. 4. Αναρτήσεις με αερόσουστες

Οι αναρτήσεις με αερόσουστες είναι αναρτήσεις στις οποίες τα ελατήρια έχουν αντικατασταθεί με αεροελατήρια. Τα αεροελατήρια χρησιμοποιούνται συνήθως στα βαρέα οχήματα όπως στα λεωφορεία και στα φορτηγά.

Τα αεροελατήρια είναι ένας ελαστικός σάκος (αεροθάλαμος) που περιέχει πεπιεσμένο αέρα ή άζωτο και σχεδιασμός του στηρίζεται στην ελαστική συμπεριφορά που έχει ο πεπιεσμένος αέρας μέσα στον αεροθάλαμο. Στην εικόνα 40 φαίνεται μια ανάρτηση με αεροελατήριο.



Εικόνα 4.13: Ανάρτηση με αερόσουστα

Το αέριο βρίσκεται υπό πίεση μέσα στον θύλακα με πίεση που φτάνει τα 20 bar. Οι αερόσουστες παρουσιάζουν μια προοδευτική συμπεριφορά και προσαρμόζουν την διαδρομή τους ανάλογα με την φόρτιση τους μεταβάλλοντας την πίεση του αέρα. Ο συμπιεστής του αέρα ενεργοποιείται μέσω ενός αισθητήρα και όταν αυξάνει το φορτίο του οχήματος αυτό χαμηλώνει. Το ύψος του οχήματος μπορεί να ρυθμιστεί και να παραμένει σταθερό ενώ δεν μεταφέρονται δυνάμεις στους τροχούς.

Οι αερόσουστες έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

Δεν έχουν ίδια απόσβεση

Δίνουν στο όχημα σταθερό ύψος ανεξαρτήτως φορτίου

Προσφέρουν μεγαλύτερη άνεση στο ταξίδι και μεγαλύτερη προστασία στα εμπορεύματα, λόγω μεγαλύτερης διαδρομής και χαμηλότερης ιδιοσυχνότητας.

Δεν μεταφέρουν πλευρικές δυνάμεις



Μια πνευματική ανάρτηση περιλαμβάνει:

Μια δεξαμενή με πεπιεσμένο αέρα που τροφοδοτείται από έναν αεροσυμπιεστή

Έναν ηλεκτροπνευματικό διανομέα που επιτρέπει την ανύψωση του οχήματος ή την χαμήλωση της στάθμης αυτού.

Τους αεροθαλάμους

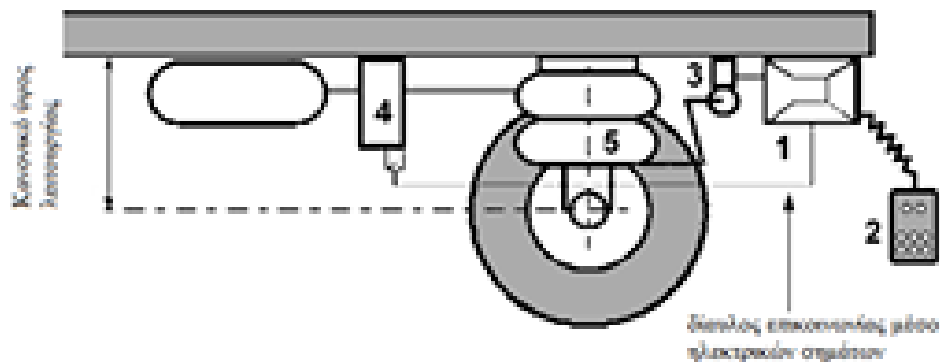
Τους αποσβεστήρες και τις οριζόντιες και εγκάρσιες αντιστρεπτικές ράβδους

Τις βαλβίδες εξισορροπήσεων, οι οποίες ρυθμίζουν την πίεση του αέρα στο εσωτερικό των θαλάμων

Οι αερόσουστες χρησιμοποιούν θύλακες από ελαστικό τύπου φυσούνας ή κύλισης. Οι θύλακες είναι ενισχυμένοι με λινά. Η οδήγηση των τροχών αναλαμβάνεται από ψαλίδια, διαμήκεις βραχίονες. Όσο για την απόσβεση των ταλαντώσεων αυτή πραγματοποιείται με αμορτισέρ.

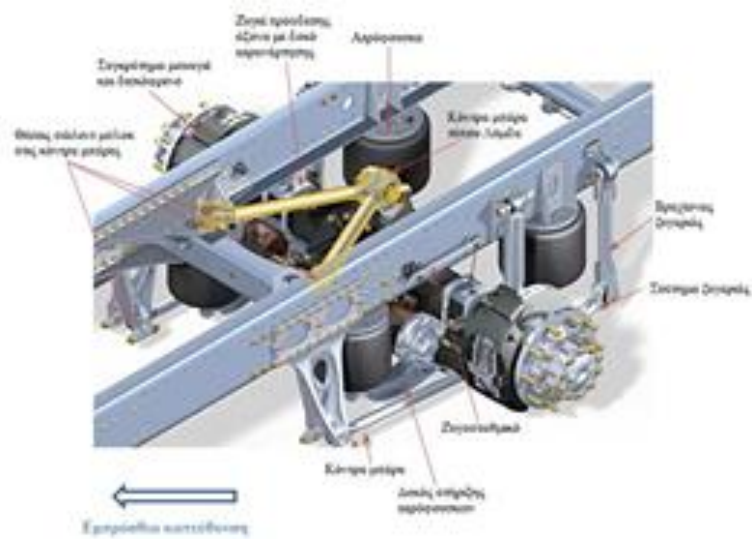
Η ρύθμιση του επιθυμητού ύψους του οχήματος πραγματοποιείται ηλεκτρονικά και ελέγχεται μέσω αισθητήρων οι οποίοι συνδέονται στο πλαίσιο του οχήματος. Εάν προκύψει διαφορά στο ύψος του οχήματος τότε δίνεται εντολή στις μαγνητικές βαλβίδες του μπροστινού και του πίσω άξονα και προστίθεται αέρας στους ελαστικούς θύλακες. Αυτό που χρησιμοποιείται συχνότερα είναι η ρύθμιση τριών σημείων όπου χρησιμοποιούνται τρεις αισθητήρες.

Οι δύο αισθητήρες είναι αισθητήρες διαδρομής για τον άξονα διεύθυνσης και ένας για τον κινητήριο άξονα.



Εικόνα 4.14: Ρύθμιση επιθυμητής στάθμης με αερόσουστες.

Ο αέρας που έχει πίεση 20 bar, όπως προαναφέραμε, μεταφέρεται μέσω σωληνώσεων τροφοδοσίας στους αεροθαλάμους. Το αεροελατήριο συμπεριφέρεται σαν ένα ελικοειδές ελατήριο με προοδευτική χαρακτηριστική καμπύλη προσφέροντας το πλεονέκτημα της ρύθμισης της διαδρομής ανάλογα με την αύξηση της πίεσης του αέρα. Παράλληλα, είναι απαραίτητη η χρήση αμορτισέρ διότι ο αέρας δημιουργεί από μόνος του την ελάχιστη απόσβεση των ταλαντώσεων.



Εικόνα 4.15: Ανάρτηση πίσω άξονα με 4 αερόσουστες και με αμορτισέρ

## Κεφάλαιο 5ο – Βλάβες και Συντήρηση αναρτήσεων

Στα συστήματα αναρτήσεων είναι πολύ σημαντική η συντήρηση τους, προκειμένου να διατηρούνται σε καλή κατάσταση. Παρ' όλα αυτά, βλάβες συμβαίνουν στα συστήματα αναρτήσεων. Τις πιο συνηθισμένες βλάβες και τους τρόπους αντιμετώπισης αυτών θα παρουσιάσουμε σε αυτό το κεφάλαιο.

### 5. 1 Βλάβες των συστημάτων ανάρτησης

#### 5. 1. 1 Φθορά ελαστικών χιτωνίων και πείρων

Πρόκειται για την πιο συνηθισμένη βλάβη στις αναρτήσεις με ημιελλειπτικά ελατήρια και αυτή είναι η φθορά των ελαστικών χιτωνίων και πείρων. Σε αυτή την περίπτωση, το ελατήριο αποσυνδέεται από την άρθρωση του και αφαιρείται το φθαρμένο χιτώνιο και αντικαθίσταται με καινούριο.

#### 5. 1. 2 Σπάσιμο ή κάμψη φύλλου ημιελλειπτικού ελατηρίου

Αυτή η βλάβη συμβαίνει, όταν υπερφορτώνεται το όχημα ή κινείται σε ανώμαλο δρόμο. Εάν συμβεί αυτό για μεγάλο διάστημα, το φύλλο παραμορφώνεται μόνιμα ή ακόμα χειρότερα, αυτό σπάει. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να αντικατασταθεί το παραμορφωμένο ελατήριο.

#### 5. 1. 3 Σπάσιμο ελικοειδούς ελατηρίου

Τα σπασίματα και η μόνιμη συσπίρωση των ελικοειδών ελατηρίων είναι η συνηθέστερη βλάβη που συμβαίνει σε αυτά. Επιβάλλεται η αντικατάσταση του με καινούριο. Η αντικατάσταση του ελικοειδούς ελατηρίου είναι λεπτή εργασία και πρέπει να χρησιμοποιούνται τα ειδικά εργαλεία που θα συσπειρώσουν το ελατήριο. Με αυτό τον τρόπο απελευθερώνονται τα ψαλίδια από το φορτίο τους και μπορούν να αποσυναρμολογηθούν και να ελευθερωθεί ταυτόχρονα και το σπασμένο ελατήριο.

#### 5. 1. 4 Φθορές των σφαιρικών συνδέσμων

Η πιο διαδεδομένη βλάβη στους σφαιρικούς συνδέσμους είναι η απώλεια της ανοχής τους. Αυτό μπορεί να ελεγχθεί, αφού απελευθερωθούν οι σφαιρικοί σύνδεσμοι. Ελέγχεται η ελεύθερη κίνηση τους (τζόγος), τόσο αξονικά όσο και πλευρικά, και γίνεται σύγκριση με τις τιμές του κατασκευαστή. Εάν οι ανοχές είναι μεγάλες οι φθαρμένοι σύνδεσμοι πρέπει να αντικατασταθούν.

### 5. 1. 5 Βλάβες στα αμορτισέρ

Τα αμορτισέρ συνήθως παρουσιάζουν ίχνη διαρροών λαδιού από την φθορά των τσιμουχών του εμβόλου. Σε μια τέτοια περίπτωση θα πρέπει να αντικατασταθεί το προβληματικό αμορτισέρ καθώς επίσης και αυτός που παρουσιάζει φθορά στο εσωτερικό του, γιατί δεν επιτρέπεται καμία επέμβαση στο εσωτερικό του. Ελέγχονται επίσης και οι δύο δακτύλιοι του πείρου και, εάν βρεθούν φθαρμένοι, θα πρέπει να αντικατασταθούν. Για τον έλεγχο της καλής λειτουργίας των αμορτισέρ ένας πολύ πρόχειρος έλεγχος είναι να πιεστεί το εμπρός και το πίσω μέρος του αυτοκινήτου με δύναμη και να αφηθεί ελεύθερο να επανέλθει. Εάν το αυτοκίνητο κάνει μια παλινδρομική κίνηση μέχρι να επανέλθει σε κατάσταση ηρεμίας τότε τα αμορτισέρ λειτουργούν κανονικά. (Ανδρινός κ.α,2001)

### 5. 2 Συντήρηση του συστήματος αναρτήσεων

#### 5. 2. 1 Συντήρηση ανάρτησης με ημιελλειπτικά ελατήρια

Η συντήρηση της ανάρτησης με ημιελλειπτικά ελατήρια συνίσταται στην τακτική επιθεώρηση των φύλλων σούστας για τυχόν παραμορφώσεις και σπασίματα αλλά και στην περιοδική λίπανση των αναρτήσεων με γρασαδόρο.

Τα ελαστικά χιτώνια που χρησιμοποιούνται σήμερα στους πείρους, γενικά δεν χρειάζονται λίπανση. Η λίπανση των φύλλων του ελατηρίου γενικά δεν είναι αναγκαία, διότι υπάρχουν αντιτριβικά παρεμβύσματα στο άκρο του κάθε φύλλου. Επίσης, θα πρέπει να γίνεται σύσφιξη των περικόχλιων και γενικά όλων των κοχλίων του συστήματος.

#### 5. 2. 2 Συντήρηση ανάρτησης με ψαλίδια

Στην συντήρηση της ανάρτησης με ψαλίδια θα πρέπει να πραγματοποιείται αλλαγή λαδιών κάθε 20.000 χιλιόμετρα και καλό θα ήταν μαζί με τα λάδια να αλλάζονται και οι τσιμούχες για να μην υπάρξει θέμα διαρροής αργότερα.

## Συμπεράσματα

Το σύστημα ανάρτησης είναι ένα είδος ελαστικού συνδέσμου, το οποίο συνδέει με ασφάλεια τις αναρτημένες μάζες ( αμάξωμα, κινητήρας, κτλ) όσο και τις μη αναρτημένες μάζες, όπως είναι οι τροχοί.

Κάθε σύστημα ανάρτησης αποτελείται από ένα σύνολο μηχανικών αρθρώσεων και συναρμογών, που συνεργάζονται με ελατήρια και αμορτισέρ και λειτουργούν για να ελέγξουν την κατακόρυφη ταλάντωση των τροχών και τη συνεπαγόμενη αυξομείωση της απόστασής τους από το (αναρτημένο) κυρίως σώμα του αυτοκινήτου. Η καθ' ύψος ταλάντωση του κάθε τροχού (και του άξονά του) και η διακύμανση της πίεσης που ασκεί στην άσφαλτο, έχουν ως αποτέλεσμα την αντίστοιχη διακύμανση της ικανότητας πρόσφυσης αυτού του τροχού, δηλαδή της ικανότητάς του να μεταφέρει ροπές για επιτάχυνση, επιβράδυνση ή αλλαγή διεύθυνσης του αυτοκινήτου.

Το σύστημα ανάρτησης μεταδίδει από τις μη αναρτημένες μάζες στις αναρτημένες μάζες, αλλά και αντίστροφα, όλες τις δυνάμεις που δημιουργούνται κατά την κίνηση του οχήματος και γενικά την στατική και δυναμική κατάσταση του οχήματος.

Επιπλέον, εξασφαλίζεται η άνεση στους επιβάτες και η ασφάλεια των εμπορευμάτων περιορίζοντας την καταπόνηση του οχήματος από τους κραδασμούς και εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα την επαφή των τροχών με τον δρόμο εξασφαλίζοντας ισορροπία και ευστάθεια κατά την κίνηση του οχήματος.

Κατά την επιτάχυνση, κάθε αυτοκίνητο τείνει να περιστραφεί γύρω από έναν εγκάρσιο άξονα, καθώς τα ελατήρια των μπροστινών αναρτήσεων ανοίγουν, ενώ τα πίσω συμπιέζονται. Κατά την επιβράδυνση συμβαίνει το αντίθετο, και το αυτοκίνητο χαμηλώνει στο μπροστά μέρος. Η διαγραφή μιας καμπύλης, από την άλλη, προκαλεί ρολάρισμα προς το εξωτερικό της στροφής και τείνει να συμπιέσει τις αναρτήσεις της μιας πλευράς περισσότερο από της άλλης. Ο σχεδιαστής κάθε συστήματος αναρτήσεων, εκτός από την απλή σύνδεση των τροχών με το αυτοκίνητο, έχει τρεις βασικές επιδιώξεις:

Να διατηρηθούν οι τροχοί όσο πιο κατακόρυφοι γίνεται, άσχετα με τις κινήσεις του αυτοκινήτου.

Να μπορούν να κινούνται πάνω κάτω και να απορροφούν τους κραδασμούς από τις λακκούβες και σαμαράκια

Να τα κάνουν όλα αυτά με τέτοιο τρόπο ώστε να βελτιώνουν τη σταθερότητα και την ευστάθεια του αυτοκινήτου.

Τα κύρια μέρη του συστήματος ανάρτησης είναι τα εξής:

Τα ελατήρια

Τα αμορτισέρ

Οι σφαιρικοί σύνδεσμοι

Τα ελαστικά μέρη των αναρτήσεων

Τα ελατήρια που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο είναι τεσσάρων ειδών:

Ημιελλειπτικά-πεπλατυσμένα (φύλλα σούστας)

Ελικοειδή

Σκληρά και μαλακά

Στρεπτικές ράβδοι

Τα ελατήρια έχουν σαν σκοπό την ανάληψη των στατικών φορτίων του αυτοκινήτου και ταυτόχρονα την απορρόφηση των κραδασμών από τις ανωμαλίες του εδάφους.

Ο

## Βιβλιογραφία

### Βιβλία

1. Jazar R. N. (2008) *Vehicle Dynamics: Theory and Application*. New York: Springer.
2. Milliken W.F., Milliken D.L. (1995)*Race car vehicle dynamics*. Warendale: Society of Automotive engineers
3. Κωστόπουλος, Θ. Ν. (2009) *Υδραυλικά και πνευματικά συστήματα*. 2η έκδοση. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμεών.
4. Demic M., Σπέντζας Κ. Ν. (2004) *Θεωρία κινήσεως τροχοφόρων οχημάτων*. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
5. Robinson R. W. (2009) *OPTIMAL PASSIVE NONLINEAR DAMPER DESIGN METHODOLOGY FOR ROAD RACE APPLICATION*. Albuquerque: Αυτοέκδοση.
6. Gündoğdu, Ö. (2007), “Optimal seat and suspension design for a quarter car with driver model using genetic algorithms”,
7. Özcan, D., Sönmez, Ü., & Güvenç, L. (2013), “Optimization of the Nonlinear Suspension Characteristics of a Light Commercial Vehicle”
8. Sun, L., Cai, X., & Yang, J. (2007), “Genetic algorithm-based optimum vehicle suspension design using minimum dynamic pavement load as a design criterion”,
9. Le, T. D., & Ahn, K. K. (2013), “Experimental investigation of a vibration isolation system using negative stiffness structure”,
10. Georgiou, G., Verros, G., & Natsiavas, S. (2007), “Multi-objective optimization of quarter-car models with a passive or semi-active suspension system”,
11. Yu, H., & Yu, N. (2003), “Application of Genetic Algorithms to Vehicle Suspension Design”,
12. Imine, H., Delanne, Y., & M'sirdi, N. K. (2005), “Road profile inputs for evaluation of the loads on the wheels”



## Ιστοσελίδες

1. [http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%AC%CF%81%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7\\_%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%A E%CF%84%CE%BF%CF%85](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%AC%CF%81%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7_%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%A E%CF%84%CE%BF%CF%85)
2. <http://iceal.wikidot.com/anartiseis-genika> (C&D 22, 9/1991)
3. <http://iceal.wikidot.com/anartiseis-piso-trochon> (C&D 2, 1/1990)
4. <http://iceal.wikidot.com/geometria-anartiseon> (4T 125, 2/1981)
5. <http://www.caroto.gr/2009/02/13/%CE%B7%CE%BC%CE%B9%CF%85%CF%83%CF%8%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%8D%CE%BD%CF%84%CE%B5%CF%82-%CE%B2%CF%81%CE%B1%CF%87%CE%AF%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CF%82/>
6. <http://www.caroto.gr/2009/03/18/%CE%BD%CF%84%CE%B5-%CE%BD%CF%84%CE%B9%CF%8C%CE%BD-%CE%AC%CE%BE%CE%BF%CE%BD%CE%B1%CF%82/>
7. <http://www.caroto.gr/2009/02/13/%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CE%B3%CF%87%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CF%81%CF%84%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/>