

ΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ F1

Παπουτσάκης Εφραίμ-Παναγιώτης

Φελεμέγκας Γεώργιος





ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ- ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΕΞΑΜΗΝΟ 1^ο

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΙΓΑΡΙΔΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ: ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ FORMULA 1

- Το 1947 η Διεθνής Ομοσπονδία Αυτοκινήτου (FIA) αποφάσισε να δημιουργήσει το πρώτο Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Οδηγών.
- Το 1950 ο πρώτος αγώνας πραγματοποιήθηκε στην πίστα του Silverstone στην Αγγλία. Τότε τα αυτοκίνητα εστίαζαν μόνο στη δυναμικότητα του κινητήρα. Οι μηχανικοί δεν λάμβαναν υπόψη ορισμένες από τις αρχές της Φυσικής οι οποίες στη σημερινή εποχή είναι άκρως σημαντικές για την απόδοση των αυτοκινήτων.



ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

- Η αεροδυναμική είναι ο κλάδος της επιστήμης της μηχανικής ρευστών που μελετά τη ροή του αέρα γύρω από σώματα των οποίων η επιφάνεια δεν παρουσιάζουν ακμές και οι δύο διαστάσεις τους είναι μικρές, σχετικά με την τρίτη διάστασή τους κατά την κατεύθυνση της κίνησης του αέρα.
- Οι εταιρείες της F1 την αξιοποιούν για να σχεδιάσουν κατάλληλα το εκάστοτε όχημά τους ώστε να βελτιστοποιήσουν ορισμένα μεγέθη (επίτευξη συγκεκριμένων ορίων αρνητικής άντωσης ή οπισθέλκουσας).



ΟΠΙΣΘΕΛΚΟΥΣΑ (DRAG)

➤ Η οπισθέλκουσα αναπτύσσεται όταν ένα αντικείμενο κινείται και μετατοπίζει το ρευστό (στην προκειμένη περίπτωση αέρας πάνω σε cockpit οχήματος F1) που συναντά. Γίνεται αντιληπτό πως η αντίσταση του αέρα είναι αντίθετη της φοράς της κίνησης του αυτοκινήτου.

➤ Η κατασκευή του εκάστοτε μονοθεσίου είναι σχεδιασμένη έτσι, ώστε να μειώνει την οπισθέλκουσα. Γι' αυτόν τον λόγο εφαρμόζεται το Drag Reduction System (DRS) το οποίο ισχύει από το 2011 στους αγώνες και επιτρέπει στα μονοθέσια να αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες στις μεγάλες ευθείες.

➤ Η οπισθέλκουσα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$D = \frac{1}{2} C_d \rho A V^2, \text{ όπου:}$$

- C_d : η αεροδυναμική αντίσταση
- ρ : η πυκνότητα του ρευστού
- A : η μετωπική επιφάνεια του οχήματος
- V : η ταχύτητα του οχήματος

Είναι προφανές από την εξίσωση αυτή πως η συνολική αεροδυναμική αντίσταση αυξάνει γεωμετρικά σε σχέση με την ταχύτητα.



ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΑΝΤΩΣΗ (DOWNFORCE)

➤ Η αρνητική άντωση είναι το κάθετο αεροδυναμικό φορτίο που αναπτύσσεται και προσκολλά ένα όχημα στο έδαφος. Ανάλογα με το φορτίο της αρνητικής άντωσης η συμπεριφορά ενός οχήματος βελτιώνεται στις υψηλές ταχύτητες (άνω των 100 χλμ./ώρα). Οι αεροτομές και οι πτέρυγες είναι τέτοιου είδους αεροδυναμικά βοηθήματα ενώ αρνητική άντωση μπορεί να δημιουργηθεί από την σχεδίαση του κάτω μέρους του οχήματος καθώς και από την κατάληξη στο πίσω μέρος (αεροδυναμικός διαχύτης).

$$➤ D = \frac{1}{2} W H F \rho v^2$$

- D: η αρνητική άντωση (downforce)
- W: μήκος εμπρόσθιας πτέρυγας
- H: πάχος πτέρυγας
- F: συντελεστής ανύψωσης
- ρ: πυκνότητα του αέρα
- v: ταχύτητα



DOWNFORCE (2)

- Για τα αγωνιστικά της F1 η αρνητική άντωση είναι ίσως η πιο σημαντική δύναμη. Οι μηχανικοί των ομάδων πειραματίζονται πάρα πολύ πάνω σε αυτήν, με αποτέλεσμα τα αυτοκίνητα να αποκτούν περίεργους και πολύπλοκους σχεδιασμούς με την προσθήκη πτερύγων και φτερών. Επομένως, στη F1 δεν έχει σημασία μόνο η ισχύς του κινητήρα αλλά και ο τρόπος με τον οποίο το μονοθέσιο θα έχει τη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα σε στροφές χωρίς να χάνει την επαφή του με το έδαφος.

ΕΞΙΣΩΣΗ BERNOULLI



➤ $P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{σταθερό}$

- Το αξίωμα Bernoulli αναφέρεται στα ρευστά (υγρά ή αέρια) και μιλάει τόσο για την πίεση όσο και για την ταχύτητά τους. Τα αυτοκίνητα της F1 είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να υπακούουν στην εξίσωση Bernoulli. Είναι σχεδιασμένα ώστε να φτάνουν τις μέγιστες ταχύτητες στις μεγάλες ευθείες και στις στροφές να επικρατεί τόσο ασφάλεια όσο και αρκετά υψηλές ταχύτητες χωρίς όμως να αποσταθεροποιούνται.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COANDA

- Μία κινούμενη μάζα ρευστού που κινείται μέσα σε μία φλέβα σε επαφή με κυρτή επιφάνεια τείνει να ακολουθήσει την καμπυλότητα της επιφάνειας αντί να συνεχίσει σε μια ευθεία γραμμή.
- Το φαινόμενο Coanda αξιοποιείται παντού στα αυτοκίνητα της F1, κάποιες φορές για να παραγάγει downforce και άλλες φορές για να καθοδηγεί τη ροή του αέρα σε ένα μέρος με σκοπό τη μεγιστοποίηση του downforce σε ένα άλλο.
- Για παράδειγμα, το σώμα του μοντέρνου αυτοκινήτου της F1 είναι στενευμένο ανάμεσα στις δύο πίσω ρόδες. Με αυτόν τον τρόπο, σε αυτή την περιοχή αυξάνεται η ροή του αέρα με αποτέλεσμα τη μείωση της πίεσης. Στον αντίποδα, αυξάνει τον αέρα ο οποίος εξέρχεται από τον διαχύτη. Επίσης, η φυγή αυτή του αέρα από τα πίσω ελαστικά μειώνει και την οπισθέλκουσα.



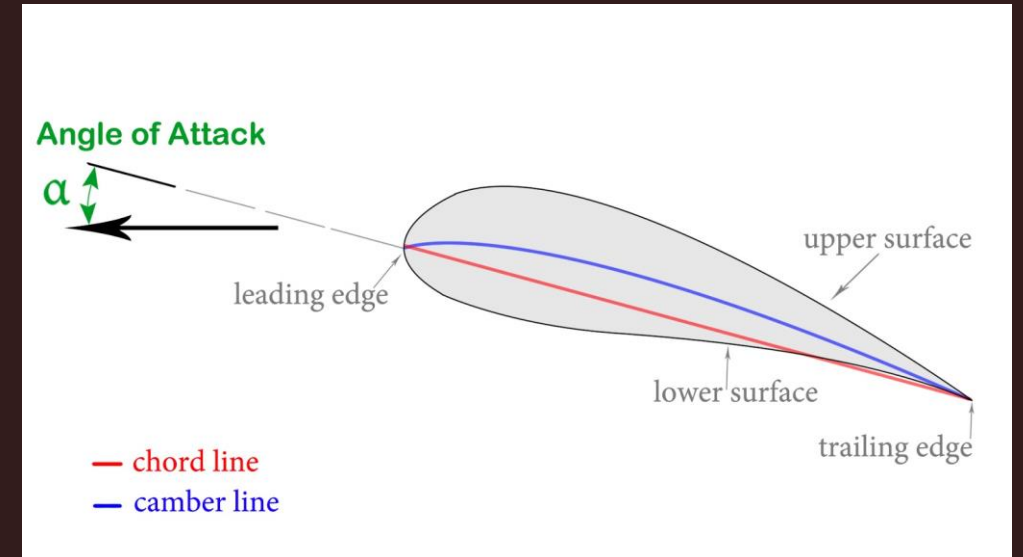
ΑΕΡΟΤΟΜΗ (AIRFOIL)

- Η αεροτομή είναι το επίμηκες ιχθυοειδές επίπεδο σχήμα του οποίου το εμπρόσθιο μέρος είναι στρογγυλεμένο και καταλήγει σε οξεία ακμή. Από την επανάληψη του σχήματος αυτού στον χώρο προκύπτει η πτέρυγα.
- Η κίνηση της αεροτομής μέσα στον αέρα προκαλεί την εμφάνιση άντωσης κάθετης προς το ρεύμα του αέρα και οπισθέλκουσας αντίθετης προς αυτό.



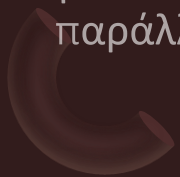
ΓΩΝΙΑ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ (ANGLE OF ATTACK)

- Είναι η γωνία υπό την οποία το ρεύμα του αέρα διέρχεται από την αεροτομή. Αυτή μετριέται μεταξύ της χορδής που σχηματίζει η αεροτομή και τη σχετική κίνηση του ανέμου.
- Όσο περισσότερο αυξάνεται η γωνία προσβολής, τόσο περισσότερο «μπλοκάρεται» το ρεύμα αέρα (airstream) που διέρχεται μέσα από την αεροτομή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την άσκηση πίεσης είτε στην πάνω είτε στην κάτω πλευρά της αεροτομής, κάτι το οποίο εξαρτάται από το πού βρίσκεται η μεγαλύτερη επιφάνειά της. Επιπλέον αυξάνεται η ταχύτητα ροής του αέρα στη μεγαλύτερη πλευρά της αεροτομής. Αυτό στη συνέχεια προκαλεί τη μείωση της πίεσης που ασκείται στο επάνω μέρος του φτερού.
- Ο συνδυασμός αυξανόμενης πίεσης στο κάτω μέρος και μειούμενης πίεσης στο επάνω μέρος της αεροτομής, προκαλούν εν τέλει μεγαλύτερη αντίστροφη ανυψωτική δύναμη (downforce), που είναι και ο σκοπός της σχεδίασης του αγωνιστικού.



ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

- Η σχεδίαση γίνεται μέσω του προγράμματος CATIA (σχεδίαση μέσω Η/Υ και CAD). Κάθε μονοθέσιο αποτελείται από περίπου 3,500 ξεχωριστά εξαρτήματα. Οι ομάδες πρέπει να λάβουν υπόψη τόσο τον κινητήρα όσο και το κιβώτιο ταχυτήτων ενώ η ανάρτηση και η αεροδυναμική του αυτοκινήτου πρέπει να συνδυαστούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο με απώτερο σκοπό την αύξηση της τελικής ταχύτητας.
- Ο κινητήρας, ο οποίος αποτελεί και το πιο σημαντικό μέρος του αυτοκινήτου, μπορεί να σχεδιάζεται μέσω CATIA, αλλά η κυρίως κατασκευή διεξάγεται από ανθρώπινο δυναμικό, έτσι ώστε να παρατηρούνται και να αποφεύγονται τυχόν λανθασμένες προσεγγίσεις ή ελαττωματικά υλικά.
- Για αυτόν τον λόγο γίνονται προσομοιώσεις πάνω σε πραγματικά δεδομένα αγώνα και ρεαλιστικές συνθήκες για την λειτουργία του κινητήρα.
- Το αμάξωμα (cockpit) κατασκευάζεται από ανθρακονήματα. Αυτό συμβαίνει καθώς οι ίνες άνθρακα είναι αρκετά σκληρό για το βάρος τους (5 φορές ελαφρύτερο και πέντε φορές σκληρότερο από τον χάλυβα!). Οι ίνες χάλυβα πρέπει να είναι παράλληλα ευθυγραμμισμένες με τις δυνάμεις που τους ασκούνται, ώστε να μπορούν να τις διαχειριστούν.





ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ



- Imola 1994: Ο Ayrton Senna έχασε τον έλεγχο του μονοθεσίου του, το οποίο αποσταθεροποιήθηκε και χτύπησε με μεγάλη ταχύτητα στις μπαριέρες. Το αυτοκίνητο κόπηκε στη μέση και ο Βραζιλιάνος έχασε τη ζωή του. Το δυστύχημα συσχετίζεται με το φαινόμενο Bernoulli καθώς ο οδηγός είχε μεγάλη ταχύτητα σε διεξαγωγή στροφής.
- Monza 2018: Το μονοθέσιο του Marcus Eriksson ανατράπηκε και στη συνέχεια διαλύθηκε εξαιτίας αποτυχίας του DRS (βλ. Οπισθέλκουσα). Ο Σουηδός πιλότος δεν έπαθε τίποτα, ενώ το αυτοκίνητο αναποδογυριζόταν στον αέρα για μερικά δευτερόλεπτα.
- Σε αυτά τα δύο παραδείγματα, φαίνεται πώς ασφάλεια έχει αναβαθμιστεί σημαντικά με το πέρασμα των χρόνων στη F1.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<http://www.formula1-dictionary.net/>

<https://www.autosport.com/>

<https://autogrip.gr/>

<http://www.motornews.gr/>

en.wikipedia.org

Πάπυρος Larousse

<https://www.caroto.gr/>