

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19

ΡΕΥΣΤΟΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγικές παρατηρήσεις και παραδοχές

19.1	ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΥΠΕΡΥΠΕΡΗΧΗΤΙΚΗ ΠΤΗΣΗ	19.3
19.1.1	Αεροθερμική καταπόνηση αεροδιαστημοχημάτων κατά την ατμοσφαιρική είσοδο.	19.3
19.1.2	Υπερταχύτητες, υπερυπερηχητική ροή και υπερθερμοκρασίες.	19.3
19.1.3	Η προτυποποιημένη γήινη ατμόσφαιρα "Standard Atmosphere 1976" (SA 76).	19.5
19.1.4	Υπερυπερηχητική πτήση και Νευτώνεια ροή σε ροϊκά πεδία	19.8
19.2	ΟΙ ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΕ ΡΟΪΚΑ ΠΕΔΙΑ	19.10
19.2.1	Οι συνθήκες πτήσης των αεροδιαστημοχημάτων στη γήινη και σε πλανητικές ατμόσφαιρες.	19.10
19.2.2	Μεγέθη μεταφοράς κατά την είσοδο διαστημοχημάτων στην ατμόσφαιρα.	19.14
19.2.3	Ιξώδες, θερμική αγωγιμότητα και αριθμός Prandtl του αέρα σε υψηλές θερμοκρασίες.	19.19
19.2.4	Υπερθερμοκρασίες σε ροϊκά πεδία διαστημοχημάτων: διέγερση, αφετεροίωση, ιοντισμός, θερμική ισορροπία αερίων και χρόνος χαλάρωσης	19.22
19.2.5	Υπερυπερηχητική πτήση αεροχημάτων και διαστημοχημάτων: Κρουστικά κύματα και θερμικά φαινόμενα.	19.26
19.2.6	Η κατάσταση του αέρα σε υψηλές θερμοκρασίες κατά την πτήση με υπεταχύτητες – Διάγραμμα Mollier για τον αέρα.	19.30
19.2.7	Τυπικά χαρακτηριστικά της υπερυπερηχητικής πτήσης	19.36
19.3	ΑΕΡΟΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΣΕ ΥΠΕΡΥΠΕΡΗΧΗΤΙΚΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ	19.43
19.3.1	Τριβή και μεταφορά θερμότητας στην επιφάνεια του Δ/Ο.	19.43
19.3.2	Συνολική, τοπική και ολοκληρωτική θερμική φόρτιση Δ/Ο.	19.46
19.3.3	Υπολογισμός της μεταφοράς θερμότητας κατά την υπερυπερηχητική κίνηση σωμάτων και πτήση των διαστημοχημάτων.	19.47
19.3.4	Μεταφορά θερμότητας σε ατμόσφαιρα χαμηλής πυκνότητας.	19.52
19.3.5	Γιατί αμβλύ στρογγυλεμένο ρύγχος στα Δ/Ο;	19.52
19.3.6	Αεροθερμικά φορτία στην πτήση καθόδου.	19.53
19.3.7	Θερμική καταπόνηση σώματος σε βαλλιστική πτήση.	19.55

19.3.8	Μέγιστη σημειακή θερμική καταπόνηση σε βαλλιστική πτήση.....	19.56
19.4	ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΙΣ, ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΒΑΛΛΙΣΤΙΚΗ, ΚΑΤΟΛΙΣΘΑΙΝΟΥΣΑ ΚΑΙ ΕΞΟΛΙΣΘΑΙΝΟΥΣΑ ΠΤΗΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΑΕΡΟΔΙΑΣΤΗΜΟΠΛΑΝΩΝ: ΣΥΓΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	19.60
19.4.1	Τυπικές περιπτώσεις αεροθερμικού σχεδιασμού κατά την πτήση και σχετικά μεγέθη.....	19.60
19.4.2	Βασικοί τύποι υπολογισμού αεροθερμικών φορτίων σε αεροδιαστημοχήματα.....	19.62
19.4.3	Ολοκληρωτική μεταφορά θερμότητας από τη ροή στο αεροδιαστημικό όχημα	19.65
19.5	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΥΠΕΡΥΠΕΡΗΧΗΤΙΚΗ ΠΤΗΣΗ	19.67
19.5.1	Θερμότητα ακτινοβολίας σε υπέρθερμα ροϊκά πεδία.....	19.67
19.5.2	Ταχύτητα και θερμοκρασία υπό την επίδραση ακτινοβολίας επάνω στο τοίχωμα του Δ/Ο.....	19.70
19.6	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΟΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΠΤΗΣΗΣ ΑΕΡΟΔΙΑΣΤΗΜΟΠΛΑΝΩΝ ΣΤΟ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΙΧΝΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΕ ΠΛΑΝΗΤΙΚΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΕΣ.....	19.77

Εισαγωγικές παρατηρήσεις και παραδοχές

Η διαστημική επιστήμη και τεχνολογία ως αποτέλεσμα της εξερεύνησης του διαστήματος είχε ως συνακόλουθο την ανάπτυξη της Αεροθερμοδυναμικής, η οποία περιλαμβάνει τις ακραίες ροϊκές συνθήκες με υψηλές ταχύτητες, χαμηλές πυκνότητες και υψηλές θερμοκρασίες, που φθάνουν κατά περίπτωση μέχρι και τους 15.000°C. Η σύγχρονη εξέλιξη των διαστημικών μεταφορών, της υπερυπερηχητικής ροής και της αεροθερμοδυναμικής άρχισε το 1949 με την εκκίνηση ενός διβάθμιδου πυραύλου τύπου V-2 στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, γνωστού από τον ίδιο τύπο πυραύλων που εκτοξεύονταν από τη Γερμανία στο 2^ο παγκόσμιο πόλεμο και ειδικότερα στο βομβαρδισμό του Λονδίνου (1942-45). Κατά την επιστροφή αυτού του V-2 στην ατμόσφαιρα από ύψος 390 km επιτεύχθηκε για πρώτη φορά στην ιστορία της Αεροδυναμικής ταχύτητα με αριθμό Mach μεγαλύτερο του 5, σηματοδοτώντας έτσι την εποχή των υπερυπερηχητικών πτήσεων.

Επίσης πολλά διαστημικά συστήματα (δορυφόροι, διαστημικοί σταθμοί) μετά την απαξίωσή τους δεν περισώνονται με επαναφορά στη Γη αλλά αφήνονται κατά προσχεδιασμένο τρόπο να εισέλθουν και να κινηθούν στην ατμόσφαιρά της σε προκαθορισμένη περιοχή και με υπερυπερηχητικές ταχύτητες να αυτοκαταστραφούν από τις παραγόμενες θερμοκρασίες εισόδου των αεροθερμικών φορτίων.

Με τη βαθμιαία ωρίμαση της διαστημικής μεταφοράς με επαναχρησιμοποιούμενα διαστημοχήματα (Δ/Ο) ή αεροδιαστημοχήματα (ΑΔ/Ο), τα οποία ακόμη εκτοξεύονται στο διάστημα με τη βοήθεια πυραύλων αλλά επανέρχονται στη Γη με κατολισθαίνουσα προσγείωση, η ανάλυση της υπερυπερηχητικής ροής, των θερμικών φορτίων και οι μέθοδοι θερμοθωράκισης των Δ/Ο αναπτύσσονται με αμείωτη ένταση. Στις επόμενες δεκαετίες (σίγουρα μέχρι το 2050) πολλές διατμοσφαιρικές αποστολές και πτήσεις θα γίνουν με "αεροδιαστημοπλάνα" προσγείωσης και απογείωσης παρόμοιας με τα αεροπλάνα ή με ακόμη πιο εξελιγμένα συστήματα προσεδάφισης, τα οποία πρόκειται να κινούνται κατά την είσοδό τους στη γήινη και σε πλανητικές ατμόσφαιρες με αριθμούς Mach μέχρι και 30.

Κύριος στόχος των τεχνικών υπολογισμών της Αεροθερμοδυναμικής είναι να προβλέψουν τη θερμική καταπόνηση στα τοιχώματα του αεροδιαστημοπλάνου και τη συνολική υπερθέρμανσή του και να διαστασιολογήσουν το προστατευτικό θερμοθώρακά του. Οι πλέον επιβαρυνόμενες περιοχές είναι, όπου υπάρχουν επιφάνειες κάθετες ή έχουν μεγάλη κλίση σε σχέση με τη διεύθυνση πτήσης και σχηματίζουν σημεία ή περιοχές ανακοπής, όπως το πρωαίο μέρος της ατράκτου ή οι εμπρόσθιες ακμές πτερύγων, πηδαλίων και άλλων τμημάτων. Η πλήρης ανάλυση προϋποθέτει πολύπλοκους υπολογισμούς και επιβάλλεται στον τελικό σχεδιασμό του Δ/Ο και της αποστολής του. Όμως για τους προκαταρκτικούς