

**ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΟ ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΟ ΟΧΗΜΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΓΗΙΝΗΣ ΤΡΟΧΙΑΣ
ΜΙΑ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ**

ΚΟΛΟΚΥΘΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ-1085144

ΕΚΤΕΝΗΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Σπουδαστική εργασία αφορά τον προκαταρκτικό σχεδιασμό ενός επαναχρησιμοποιήσιμου διαστημικού αεροσκάφους για πτήσεις σε χαμηλή γήινη τροχιά . Η πτήση σε χαμηλή γήινη τροχιά αναφέρεται σε τροχιά γύρω από την Γη σε υψόμετρο περίπου 160 έως 2000 χιλιόμετρα . Σε αυτή την περιοχή , τα διαστημικά αντικείμενα κινούνται με ταχύτητες περίπου 7,8 km/s για να διατηρούνται σε τροχιά .

Οι πτήσεις σε χαμηλή γήινη τροχιά χρησιμοποιούνται κυρίως για δορυφόρους τηλεπικοινωνιών παρακολούθησης της Γης , καθώς και για διαστημικούς σταθμούς όπως ο Διεθνής Διαστημικός Σταθμός . Χαρακτηρίζεται από σχετικά χαμηλή βαρύτητα και συνήθως επιλέγεται για αποστολές όπως σχεδιάστηκε το όχημα ‘Προμηθέας’ , δηλαδή για αποστολές που απαιτούν μικρότερες ενεργειακές δαπάνες για την τοποθέτηση σε τροχιά σε σύγκριση με άλλες τροχιές .

Η επιλογή του Διεθνή Διαστημικού Σταθμού έγινε γιατί αυτός λειτουργεί ως πλατφόρμα για πειράματα σε συνθήκες μικροβαρύτητας στην επιστήμη των υλικών, τη βιολογία , την ιατρική και την αστρονομία . Είναι επίσης ένα σημαντικό βήμα για την προετοιμασία αποστολών μακράς διάρκειας στο φεγγάρι και τον Άρη . Η μονάδα φιλοξενεί συνήθως 6 με 7 άτομα , όποτε η επιλογή 7 ατόμων για την αποστολή του ‘ Προμηθέα’ προς τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό είναι αποδεκτή . Γενικά τα άτομα εργάζονται σε βάρδιες , ενώ οι αποστολές πληρωμάτων εναλλάσσονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα .

Στόχος της αποστολής είναι η εκτέλεση του προκαταρκτικού σχεδιασμού ενός επαναχρησιμοποιήσιμου επανδρωμένου διαστημικού σκάφους πολλαπλών χρήσεων , με κύριο στόχο την ικανότητα εξυπηρέτησης δύο ξεχωριστών διαστημικών σταθμών σε χαμηλή γήινη τροχιά , κατά την ίδια αποστολή.

Αρχικά η εργασία περιλαμβάνει μία έρευνα πάνω στις υπάρχουσες και μελλοντικές δραστηριότητες στον τομέα των επανδρωμένων διαστημικών αποστολών σε χαμηλή γήινη τροχιά , με παράδειγμα τα αεροσκάφη Crew Dragon της SpaceX και Starliner της Boeing ενώ στην συνέχεια προτείνεται βελτιώσεις για την αύξηση της

ευελιξίας και της αυτονομίας στις αποστολές . Αξίζει να σημειωθεί πως τα επανδρωμένα οχήματα περιλαμβάνουν διαφόρους τύπους , από διαστημικά λεωφορεία μέχρι σύγχρονες κάψουλες καθώς χρησιμοποιούνται σε διάφορες τροχιές . Είναι σημαντική η αναφορά στις κάψουλες , καθώς αυτές αν και είναι ένας τύπος επανδρωμένου διαστημικού οχήματος με χαρακτηριστικό σχήμα που επιτρέπει την ασφαλή είσοδο και επιστροφή στη Γη από το διάστημα , περιγράφεται σχεδόν με τις ίδιες εξισώσεις ,όσο αφορά τουλάχιστον στην μελέτη των υποσυστημάτων του , με αυτές του οχήματος 'Προμηθέας'. Το σχήμα αυτών είναι αεροδυναμικό και προσφέρει αποτελεσματική θερμική προστασία κατά την επανείσοδο στην ατμόσφαιρα , όπου οι θερμοκρασίες είναι εξαιρετικά υψηλές λόγω τριβής .

Ο 'Προμηθέας' σχεδιάζεται ώστε να μπορεί να εκτελεί αποστολές που περιλαμβάνουν τη σύνδεση με δύο διαστημικούς σταθμούς , τη μεταφορά πληρώματος μέχρι 7 ατόμων και την επιστροφή τους στη Γη . Σημαντική είναι η διαδικασία εκτίμησης της μάζας των υποσυστημάτων , η οποία γίνεται μέσω μιας επαναληπτικής διαδικασίας υπολογισμών μέχρι την επίτευξη σύγκλισης στα αποτελέσματα . Προαπαιτούμενο για την συγκεκριμένη διαδικασία ήταν η γνώση όλων των συστημάτων και υποσυστημάτων που θα διέθετε το επανδρωμένο όχημα που σχεδιάζεται για ένα τέτοιο ταξίδι .

Τα βασικά υποσυστήματα στα οποία έγινε η εκτίμηση μάζας είναι τα εξής:

- **Σύστημα Προσγείωσης:** Το σύστημα προσγείωσης είναι κρίσιμο για την ασφαλή επιστροφή των αστροναυτών από το διάστημα στην Γη . Περιλαμβάνει πτυσσόμενους τροχούς και διάφορους μηχανισμούς για την ασφαλή προσγείωση του διαστημικού σκάφους .
- **Σύστημα Θερμικής Προστασίας :** Με το συγκεκριμένο σύστημα εξετάζεται ο έλεγχος της ροής θερμότητας που εισέρχεται αλλά και εξέρχεται από το διαστημικό σκάφος .Ακόμα προστατεύει το σκάφος κατά την είσοδο του στην ατμόσφαιρα , μέσω ειδικών υλικών που αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες .
- **Σύστημα Διάσωσης :** Ομοίως κρίσιμο για την ασφάλεια των αστροναυτών είναι το συγκεκριμένο σύστημα . Σχεδιάζεται ώστε να ενεργοποιηθεί σε περίπτωση σοβαρού προβλήματος κατά την απογείωση , εξασφαλίζοντας ότι το πλήρωμα θα απομακρυνθεί γρήγορα και με ασφάλεια από το όχημα .
- **Σύστημα Πρόωσης :** Το συγκεκριμένο σύστημα είναι υπεύθυνο για την παροχή της απαιτούμενης ώθησης ώστε το όχημα να φτάσει στο διάστημα και να εκτελέσει ελιγμούς σε τροχιά . Μέρος αυτού είναι κινητήρες , καύσιμα , δεξαμενές καυσίμου και σύστημα ελέγχου. Στόχος του συστήματος είναι να εξασφαλίζει αρκετή ώθηση για να πετύχει ταχύτητα της τάξης των 7,8 km/sec , που απαιτείται για να παραμείνει σε τροχιά . Συνήθως χρησιμοποιούνται υγροί κινητήρες καυσίμου για την αρχική εκτόξευση . Σε αυτή την τροχιά , η πρόωση χρησιμοποιείται κυρίως για μικρές διορθώσεις πορείας , σταθεροποίηση καθώς και για την ασφαλή επιστροφή του οχήματος στην ατμόσφαιρα , μέσω καύσης επανείσοδου.

- Ηλεκτρικό Σύστημα :** Το ηλεκτρικό σύστημα του διαστημικού οχήματος ‘Προμηθέας’ είναι ένα από τα πιο κρίσιμα υποσυστήματα , καθώς είναι υπεύθυνο για την παροχή ενέργειας σε όλα τα υπόλοιπα συστήματα του οχήματος . Στην εργασία αναλύεται τόσο η παραγωγή όσο και η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας , με βάση τις ενεργειακές ανάγκες του σκάφους κατά την διάρκεια της αποστολής . Η κύρια πηγή ενέργειας για τον διαστημικό όχημα είναι οι ηλιακοί συλλέκτες , οι οποίοι συλλέγουν ηλιακή ακτινοβολία και την μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω φωτοβολταϊκών κυψελών . Αυτή η μέθοδος παραγωγής ενέργειας είναι ιδιαίτερα αποδοτική σε τροχιακές αποστολές , καθώς το σκάφος εκτίθεται σε άμεσο ηλιακό φως για μεγάλες χρονικές περιόδους . Όμως , όταν το σκάφος βρίσκεται στη σκιά της Γης ή έχει αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις , ενεργοποιείται η αποθήκευση ενέργειας μέσω μπαταριών . Οι μπαταρίες ουσιαστικά είναι χρήσιμες ως αποθηκευτικός μηχανισμός για την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τους ηλιακούς συλλέκτες . Οι συγκεκριμένες μπαταρίες είναι σχεδιασμένες για να μπορούν να αντέχουν πολλαπλούς κύκλους φόρτισης και αποφόρτισης , προσφέροντας έτσι σταθερή παροχή ενέργειας ακόμα και όταν το όχημα δεν είναι εκτεθειμένο σε ηλιακό φως . Στην συγκεκριμένη αποστολή διάρκειας 7 ημερών , το ηλεκτρικό σύστημα υποστηρίζει πλήρως όλα τα συστήματα του οχήματος λαμβάνοντας υπόψη και τα 7 άτομα . Επειδή οι αποστολές στο διάστημα δεν επιτρέπουν επισκευές η αξιοπιστία του ηλεκτρικού συστήματος είναι εξαιρετικά σημαντική . Επιπρόσθετα το ηλεκτρικό σύστημα είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με τα αεροηλεκτρονικά συστήματα και το υποσύστημα ελέγχου και δεδομένων καθώς αυτά τα συστήματα εξαρτώνται από την ενέργεια για τη λειτουργία τους . Ο σωστός συντονισμός μεταξύ αυτών των συστημάτων είναι κρίσιμος για την επιτυχία της αποστολής , καθώς επιτρέπουν την ομαλή λειτουργία της πτήσης , την επικοινωνία και την παρακολούθηση των δεδομένων . Συνολικά το ηλεκτρικό σύστημα διασφαλίζει την αυτονομία το οχήματος καθιστώντας το ένα από τα πιο βασικά υποσυστήματα που εγγυώνται την επιτυχία του ‘Προμηθέα’
- Σύστημα υποστήριξης Ζωής και Περιβαλλοντικού Ελέγχου:** Περιλαμβάνει τα συστήματα για τη ρύθμιση των συνθηκών εντός του σκάφους , όπως η πίεση , η θερμοκρασία και τα επίπεδα οξυγόνου , ώστε να υποστηρίζεται η ζωή του πληρώματος . Απαραίτητο για τους αστροναύτες είναι εκτός από την τροφή και η εξασφάλιση του νερού . Στις περισσότερες διαστημικές αποστολές , το νερό ανακυκλώνεται και φιλτράρεται για να διασφαλιστεί η επάρκεια του κατά τη διάρκεια της αποστολής . Η σωστή παροχή νερού είναι απαραίτητη για την επιβίωση των αστροναυτών , καθώς και για τη διατήρηση της υγείας τους κατά τη διάρκεια μακρινών και μακροχρόνιων αποστολών , όπου η αποθήκευση επαρκούς ποσότητας νερού μπορεί να είναι πρόκληση .

Όπως έγινε αναφορά στην αρχή η εργασία περιγράφει τη διαδικασία εκτίμησης της συνολικής μάζας του επανδρωμένου οχήματος , όπου κάθε μάζα των υποσυστημάτων υπολογίζεται και επανεκτιμάται μέχρι να επιτευχθεί συνολική

ισορροπία . Αυτό διασφαλίζει την κατανομή της μάζας με τέτοιο τρόπο που να ενισχύεται η ακεραιότητα της δομής και η επιτυχία της αποστολής .

Παρακάτω περιλαμβάνεται ένας πίνακας με βασικούς όρους και ορισμούς που χρησιμοποιούνται στην εργασία :

m_{ENG} : Μάζα κινητήρα
m_{PROP} : Μάζα προωθητικού υλικού
m_{CREW} : Μάζα πληρώματος
$m_{STR/TPS}$: Μάζα δομής και θερμικής προστασίας
m_{POWER} : Μάζα ηλεκτρικού συστήματος
m_{CAR} : Μάζα φορτίου
m_{AV} : Μάζα αεροηλεκτρονικών συστημάτων
m_{ECLSS} : Μάζα συστήματος περιβαλλοντικού ελέγχου και υποστήριξης ζωής
m_{SEC} : Μάζα δευτερεύοντος εξοπλισμού
C_{other} :Παράμετρος που περιλαμβάνει άλλες βοηθητικές μάζες ή εξαρτήματα εκτός υποσυστημάτων
A_{wet} : Επιφάνεια του διαστημικού σκάφους που εκτίθεται στον αέρα
m_{LG} : Μάζα συστήματος προσγείωσης
l : Μήκος διαστημικού οχήματος
d :Μέγιστη διάμετρος καμπίνας του διαστημικού οχήματος
N_{crw} : Αριθμός πληρώματος
D_{SM} :Μέρες πτήσης του διαστημικού οχήματος
m_{dry} : Ξηρή μάζα του διαστημικού οχήματος
M_{system} : Μάζα συστήματος με βάση το Lunar Lander
M_{TOTAL} : Τελική μάζα του διαστημικού οχήματος

Με βάση αυτά τα συστήματα διαμορφώθηκε σε μορφή CAD το διαστημικό όχημα ‘Προμηθέας’. Μέσω σχεδιαστικού προγράμματος δημιουργήθηκαν τρισδιάστατα μοντέλα τα οποία βοήθησαν στην ακριβή απεικόνιση και ανάλυση της γεωμετρίας και των υποσυστημάτων του σκάφους . Σχεδιάστηκε με ακρίβεια το διαστημικό σκάφος , οπτικοποιώντας με αυτό τον τρόπο την κατανομή μάζας και διασφαλίζοντας πώς όλα τα υποσυστήματα είναι σωστά τόσο στην τοποθέτηση όσο και στην λειτουργία . Επίσης το σχέδιο βοήθησε αρκετά καθώς διευκόλυνε την ανάλυση , καθώς και την ενσωμάτωση κρίσιμων , όπως το σύστημα θερμικής προστασίας και το σύστημα προσγείωσης .

Κλείνοντας ο σχεδιασμός του διαστημικού οχήματος ‘Προμηθέας’ με συνολική μάζα 25 τόνων ,επικεντρώνεται στη βελτιστοποίηση των υποσυστημάτων ώστε να επιτευχθεί ισορροπία ανάμεσα στην αποδοτικότητα και την ασφάλεια . Ο υπολογισμός

της μάζας των υποσυστημάτων πραγματοποιείται όπως ήδη έχει προαναφερθεί μέσω μίας επαναληπτικής διαδικασίας λαμβάνοντας υπόψη κρίσιμα συστήματα όπως το σύστημα προσγείωσης , το σύστημα πρόωσης , το ηλεκτρικό σύστημα και το σύστημα θερμικής προστασίας . Η ξηρή μάζα του οχήματος εκτιμάται στους 15 τόνους και αυτή περιλαμβάνει τη δομή , το σύστημα θερμικής προστασίας , με υπολογιζόμενη μάζα περίπου 7,349 kg , καθώς και το σύστημα προσγείωσης με μάζα 580kg., ενώ το φορτίο ανέρχεται στα 1,816kg. Το σύστημα πρόωσης υπολογίζεται να έχει μάζα περίπου 8,685kg όσο αφορά τα καύσιμα . Το ηλεκτρικό σύστημα και το σύστημα αεροηλεκτρονικών έχουν μάζες 1,407kg και 1,035kg αντίστοιχα διασφαλίζοντας την ενεργειακή υποστήριξη και την επικοινωνία του διαστημικού οχήματος. Τέλος , το σύστημα υποστήριξης ζωής και περιβαλλοντικού ελέγχου εκτιμάται στα 2,388kg , ενώ ο δευτερεύον εξοπλισμός φτάνει στα 750 kg. Συνολικά , οι υπολογισμοί των μαζών υποσυστημάτων επιτρέπουν την ακριβή κατανομή βάρους , διασφαλίζοντας ότι το σκάφος θα μπορέσει να εκτελέσει επιτυχώς τις αποστολές του , παρέχοντας ταυτόχρονα αξιοπιστία και ασφάλεια στο πλήρωμα .