ePublishing

Open Schools Journal for Open Science

Τόμ. 6, Αρ. 2 (2023)

Open Schools Journal for Open Science - Special Issue -IDEA Conference Proceedings

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΩΣΗΣ ΠΥΡΑΥΛΩΝ

Αντώνης Μυλωνάς, Βασίλης Μπεκίρης , Ηρακλής Νιφόρας, Μιχάλης Μουστάκας , Αλέξης Παπακωνσταντίνου

doi: 10.12681/osj.34111

Copyright © 2023, Sofoklis Sotiriou

Άδεια χρήσης Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

Βιβλιογραφική αναφορά:

Μυλωνάς Α., Μπεκίρης Β., Νιφόρας Η., Μουστάκας Μ., & Παπακωνσταντίνου Α. (2023). ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΩΣΗΣ ΠΥΡΑΥΛΩΝ. *Open Schools Journal for Open Science*, *6*(2). https://doi.org/10.12681/osj.34111

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 04/07/2025 03:21:34

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΩΣΗΣ ΠΥΡΑΥΛΩΝ

Μυλωνάς Αντώνης, Μπεκίρης Βασίλης, Νιφόρας Ηρακλής, Μουστάκας Μιχάλης, Παπακωνσταντίνου Αλέξης

Επιβλέπων καθηγητής: Τσουμάκης Τάκης

Περίληψη

Στις 20 Ιουλίου 1969, το 14% του παγκόσμιου πληθυσμού στάθηκε μπροστά στους ελάχιστους για εκείνη την εποχή τηλεοπτικούς δέκτες για να παρακολουθήσει τον άνθρωπο να πατά στη Σελήνη για πρώτη φορά. Το ταξίδι αυτό, όπως και όλες οι διαστημικές αποστολές, θα ήταν αδύνατο χωρίς μια «μηχανή» που να μπορεί να «σπρώχνει» οχήματα στο κενό, μια μηχανή χωρίς ρόδες, χωρίς φτερά, χωρίς προπέλα. Η μηχανή αυτή ήταν ο πύραυλος.

Λέξεις κλειδιά: *πύραυλος, πρόωση, διάστημα, ταχύτητα διαφυγής*

Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται εν συντομία το παρελθόν και το παρόν της Πυραυλικής. Παρατίθεται μια ιστορική επισκόπηση της Διαστημικής, με στόχο να μελετηθούν τα διάφορα συστήματα πυραυλικής πρόωσης και η Φυσική πίσω από τις διαστημικές πτήσεις. Στόχος της εργασίας είναι, μέσω αυτής της ανάλυσης, να ανιχνευθούν αναδυόμενες τεχνολογίες πρόωσης και πιθανές κατευθύνσεις για το μέλλον.

Μεθοδολογία

Αρχικά γίνεται μια ιστορική αναδρομή, η οποία καταλήγει στις βασικές εξισώσεις που διέπουν την πυραυλική επιστήμη. Ακολούθως μελετάται η Φυσική της διαστημικής πτήσης και δίνονται οι βασικές αρχές που ισχύουν στην πρόωση πυραύλων και στα διαστημικά ταξίδια. Ακολούθως αναλύονται οι τύποι πυραυλικών προωθητήρων και διερευνάται το μέλλον της πρόωσης.

Αποτελέσματα

ΠΥΡΑΥΛΟΣ (ΟΡΙΣΜΟΣ)

Πύραυλος ονομάζεται η κατασκευή που κινείται στον χώρο με την εκτόξευση αερίων που παράγονται από την καύση στερεού ή υγρού καυσίμου. Η λειτουργία του πυραύλου στηρίζεται στην Αρχή Διατήρησης της Ορμής και στον Νόμο Δράσης - Αντίδρασης του Νεύτωνα. Η ταχύτητα του πυραύλου εξαρτάται από τη μάζα και την ταχύτητα με την οποία αποβάλλεται το αέριο. Η καύση γίνεται με το οξυγόνο το οποίο αποθηκεύεται στον πύραυλο σε υγρή μορφή μαζί με ουσίες που λειτουργούν ως οξειδωτικά.

ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΠΥΡΑΥΛΙΚΗΣ

Ο πύραυλος χρησιμοποιήθηκε από τους Κινέζους τον 13^{ο} αιώνα, κυρίως σε γιορτές. Το αρχικό καύσιμο ήταν η πυρίτιδα (κινεζική ανακάλυψη). Οι Βρετανοί χρησιμοποίησαν τον πύραυλο στις πολεμικές τους επιχειρήσεις εναντίον των Γάλλων όπως επίσης και εναντίον των αμερικανικών στρατευμάτων. Στη Μασαχουσέτη εκτοξεύτηκε ο πρώτος πύραυλος υγρού καυσίμου το 1928. Χρησιμοποιήθηκε υγρό οξυγόνο ώστε να μπορεί να κινείται πέραν της ατμόσφαιρας. Στον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο οι πύραυλοι χρησιμοποιήθηκαν από τους Γερμανούς για επιθέσεις στο Λονδίνο και σε άλλες πόλεις της Αγγλίας. Μετά

τη λήξη του πολέμου, τα κέντρα έρευνας και δοκιμών μεταφέρθηκαν στην Αμερική και την τότε Σοβιετική Ένωση, με αρκετούς Γερμανούς επιστήμονες να εργάζονται σε αυτά.

ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΣΤΡΟΝΑΥΤΙΚΗΣ

Ο Newton ήταν ο πρώτος που ασχολήθηκε με την αστροναυτική τον 17ο αιώνα διατυπώνοντας τους φυσικούς νόμους των διαστημικών ταξιδιών. Μετέπειτα μαθηματικοί όπως ο Euler τον 18ο αιώνα και ο Lagrange τον 19ο ανακάλυψαν τις εξισώσεις που εφαρμόζονται στην Αστροναυτική. Η πρόωση του πυραύλου στηρίζεται στη διατήρηση της ορμής. Ο πύραυλος καταναλώνει καύσιμα που βρίσκονται αποθηκευμένα σε αυτόν και εκτοξεύει τα καυσαέρια προς τα πίσω. Τα τελευταία δέχονται δύναμη από τον πύραυλο και με τη σειρά τους ασκούν μία αντίθετη δύναμη σε αυτόν, την προωστική δύναμη. Οι κανόνες της πρόωσης του πυραύλου στηρίζονται στις αρχές της Μηχανικής, της Θερμοδυναμικής και της Χημείας. Ο πατέρας της αστροναυτικής θεωρείται ευρέως ότι είναι ο Tsiolkovsky, ο οποίος το 1903 παρουσίασε σχέδιο πυραύλου με λειτουργία υγρών καυσίμων. Ο Tsiolkovsky ήταν εκείνος που εισήγαγε την εξίσωση της τελικής ταχύτητας ενός πυραύλου:

$$\Delta v = v_e \ln \frac{m_0}{m_f}$$

όπου:

Δυ: η μεταβολή της ταχύτητας του πυραύλου,

υ_e: η ταχύτητα εξώθησης των προωθητικών καυσίμων.

m_0: η αρχική μάζα του πυραύλου, μαζί με τα καύσιμά του,

m_f: η τελική μάζα του πυραύλου, χωρίς τα καύσιμα.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1920 ο Goddard κατασκεύασε τον πρώτο πύραυλο υγρών καυσίμων. Η τεχνολογία που εισήγαγε χρησιμοποιήθηκε σε διαστημικές πτήσεις και στην ανάπτυξη πυραύλων όπως ο αμερικανικός Κρόνος V. Η αστροναυτική όμως βρήκε εφαρμογή και κατά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Ο γερμανός επιστήμονας Wernher von Brawn εξέλιξε πυραύλους σε διάφορες στρατιωτικές επιχειρήσεις. Κατασκεύασε τον πύραυλο A4 (Aggregat 4) ο οποίος αποτέλεσε έναν από τους πυραύλους που χρησιμοποιήθηκαν από τους Ναζί στον πόλεμο εναντίον της Αγγλίας γνωστός και ως V2 (Vergeltungswaffe 2, «το όπλο της εκδίκησης»).

ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΗ ΠΤΗΣΗ

Η ταχύτητα εκτόξευσης που απαιτείται για να φύγει κάποιο σώμα από την βαρύτητα της Γης ονομάζεται ταχύτητα διαφυγής και μπορεί να βρεθεί από το Θεώρημα Έργου – Ενέργειας, υπολογίζοντας το έργο που απαιτείται για να ξεπεραστεί η βαρύτητα, αγνοώντας την περιστροφή της Γης και την έλξη άλλων ουράνιων σωμάτων:

$$E_{\alpha\rho\chi.} = E_{\tau\varepsilon\lambda.}$$
$$\frac{1}{2} m v_{\text{esc}}^2 - G\frac{Mm}{R} = 0$$
$$v_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

όπου:

R = 6.374 km: η μέση ακτίνα της Γης.

$G \approx 6.67\times10^{-11}\ \text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$: η σταθερά της Παγκόσμιας Έλξης.

$M = 6\times10^{24}$ kg: η μάζα της Γης.

Το αποτέλεσμα που εξάγεται είναι υ_{esc}=11,2 m/s, το οποίο ισούται με περίπου 34 Mach (θεωρώντας την ταχύτητα του ήχου 340 m/s). Ένας πύραυλος μπορεί κάλλιστα να διαφύγει από την έλξη της Γης με ταχύτητες πολύ μικρότερες από την ταχύτητα διαφυγής της Γης, δεδομένου ότι η καύση γίνεται με τρόπο συνεχή και με επαρκώς ταχύ ρυθμό ώστε ο πύραυλος ή το διαστημόπλοιο να υπερνικά συνεχώς την βαρυτική έλξη της Γης. Επειδή ο πύραυλος δέχεται αεροδυναμική θέρμανση και πιέσεις, πριν βγει στο διάστημα θα πρέπει να διασχίσει την ατμόσφαιρα με χαμηλές ταχύτητες και μετά να επιταχύνει με υψηλές όταν εξέλθει από αυτήν.

ΠΥΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΤΕΣ

ΒΑΛΛΙΣΤΙΚΟΙ ΠΥΡΑΥΛΟΙ

Οι περισσότεροι πύραυλοι που κατασκευάζονται σήμερα χρησιμοποιούνται στη στρατιωτική βιομηχανία ως βαλλιστικοί πύραυλοι. Υπάρχει πληθώρα πυραύλων αλλά και βλημάτων και ως εκ τούτου απαντώνται πολλά διαφορετικά συστήματα πρόωσης, όλα όμως χρησιμοποιούν χημικά προωθητικά (στερεά ή και υγρά). Οι πρώτοι βαλλιστικοί πύραυλοι χρησιμοποιούσαν υγρό προωθητικό ενώ στους σύγχρονους πυραύλους κυριαρχούν οι πύραυλοι στερεών προωθητικών. Και οι δύο τύποι φέρουν σύστημα ελέγχου αντίδρασης (Reaction Control System) για την δυναμική ρύθμιση της πορείας πτήσης.

ΚΑΤΕΥΘΥΝΟΜΕΝΟΙ ΠΥΡΑΥΛΟΙ

Στους κατευθυνόμενους πυραύλους η πτήση ελέγχεται και η κατεύθυνση αλλάζει από τα ειδικά πτερύγια τα οποία φέρουν. Ένας υπολογιστής καθορίζει την διαδρομή την οποία θα διανύσει ο πύραυλος και τον προβλεπόμενο στόχο που θα κτυπήσει και η κατεύθυνσή του μπορεί να αλλάζει έτσι ώστε να ακολουθεί πάντα την σωστή πτήση.

ΜΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΟΜΕΝΟΙ ΠΥΡΑΥΛΟΙ

Οι μη-κατευθυνόμενοι πύραυλοι είναι κυρίως στρατιωτικοί και παράγονται περισσότερο από οποιουσδήποτε άλλους. Σε αυτούς τους πυραύλους η στόχευση γίνεται με ευθυγράμμιση του αεροσκάφους-εκτοξευτή προς την κατεύθυνση του στόχου. Ένας σχετικά απλός πύραυλος στερεού προωθητικού είναι η πιο κοινή επιλογή.

ΧΗΜΙΚΟΙ ΠΡΟΩΘΗΤΕΣ

Οι χημικοί πυραυλοκινητήρες (στερεών, υγρών καυσίμων και υβριδικοί) έχουν σχετικά χαμηλή ειδική ώση, με μικρή αδρανή μάζα και ικανότητες πολύ υψηλής ώθησης, άρα μπορούν να προσφέρουν μεγάλη δύναμη και μεγάλη ολική ώση. Σήμερα τα χημικά συστήματα είναι τα πιο ανεπτυγμένα.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΠΡΟΩΘΗΤΕΣ

Οι ηλεκτρικοί προωθητές χρησιμοποιούν ηλεκτρικές και μαγνητικές δυνάμεις για να ωθήσουν το προωθητικό σε υψηλή ταχύτητα. Τροφοδοτούνται από τους ηλιακούς συλλέκτες διαστημικών σκαφών και χρησιμοποιούνται για την ώθηση οχημάτων στο διάστημα ή για την διόρθωση τροχιών, αφού αυτή η δύναμη αθροίζεται με τη μακροχρόνια λειτουργία τους και καταλήγει να προσφέρει σημαντική αύξηση της ταχύτητας. Οι ηλεκτροστατικοί και ηλεκτρομαγνητικοί προωθητές, έχουν πολύ μεγάλη ειδική ώση και χαμηλή δύναμη, και φέρουν πολύ βαρύ εξοπλισμό (αδρανή μάζα). Η λειτουργία τους για μακρύ χρονικό διάστημα τους κάνει κατάλληλους για ταξίδια στο βαθύ διάστημα.

ΠΥΡΗΝΙΚΟΙ ΠΡΟΩΘΗΤΕΣ

Οι πυρηνικοί προωθητές μελετήθηκαν την περίοδο του ψυχρού πολέμου αλλά δεν τέθηκαν ποτέ σε εφαρμογή. Οι πύραυλοι αυτοί θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μόνο στο διάστημα. Δεν θα μπορούσαν να παρέχουν ικανή ισχύ για να ωθήσουν ένα πύραυλο εκτός της ατμόσφαιρας της Γης. Ο πύραυλος

περιλαμβάνει έναν πυρηνικό αντιδραστήρα, ο οποίος με την ενεργοποίηση του θερμαίνεται στους 2000^0C – 3000°C. Η υψηλή θερμοκρασία αποτελεί ένα από τα βασικά του προβλήματα. Άλλα προβλήματα είναι η έκθεση των αστροναυτών στην ακτινοβολία του αντιδραστήρα. Στην περίπτωση έκρηξης πυραύλου με πυρηνικό αντιδραστήρα η ενέργεια η οποία θα ελευθερώνονταν θα ήταν καταστροφική τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον άνθρωπο.

Συμπεράσματα

Παρά τα μεγάλα τεχνολογικά άλματα στην πυραυλική επιστήμη και τις επιτυχίες που έχει να δείξει η ιστορία της Διαστημικής, παρατηρούμε πως τα διαθέσιμα συστήματα πυραυλικής πρόωσης είναι αριθμητικώς πεπερασμένα. Στο άμεσο μέλλον δεν παρατηρείται κάποια αναδυόμενη τεχνολογία που να συμβάλει στην αλλαγή παραδείγματος στο θέμα της πυραυλικής πρόωσης. Δοκιμασμένες τεχνολογίες όπως η πυρηνική πρόωση ενδεχομένως να αποκτήσουν μελλοντικά μεγαλύτερη σημασία, καθώς οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως τα χημικά καύσιμα σταδιακά αποσύρονται.

Βιβλιογραφία

1. Φυσική Β΄ και Γ΄ Γενικού Λυκείου, εκδόσεις ΙΤΥΕ (2021).

2. Η Αρχή της Κίνησης των Πυραύλων, ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο (http://physiclessons.blogspot.com/

2012/11/blog-post_7.html)

3. Θεοδοσίου, Σ., Δανέζης Μ., Το Χρονικό της Πυραυλικής. Το Σύμπαν που αγάπησα, Δίαυλος (1999).

4. Κατρής, Κ., Εφαρμογή Ακροφυσίων σε Πυραυλικά Προωστικά Συστήματα. Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου (2020).

5. Τσάμπας Ι., Ανάλυση Πυραυλικών Συστημάτων. Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου (2021).