# ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್: ಗಗನಯಾನದ ವೆಚ್ಚಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲು ಇಸ್ರೋದ ಭವಿಷ್ಯತ್ತಿನ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ

ಟಿ. ವಿ. ವೆಂಕಟೇಶ್ವರನ್

ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಎಂಜಿನ್ನುಗಳು ಎಂದರೇನು? ಅವು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾದ, ಒಮ್ಮೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಎಸೆಯುವ ರಾಕೆಟ್ ಉಡಾವಣೆ ವಾಹನಗಳಿಗಿಂತ ಹೇಗೆ ಭಿನ್ನವಾಗಿವೆ? ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಭೂಮಿಯ ಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚದ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಉಡಾವಣೆಯ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಈ ಹೊಸ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಉಪಯೋಗವೇನೆಂದು ಅನ್ವೇಷಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಓದುಗರಿಗೆ ಲೇಖನವು ಪರಿಚಯಿಸುತ್ತದೆ.

ವರ್ಷ 2016ರ ಆಗಸ್ಟ್ ತಿಂಗಳ 28ನೇ ದಿನಾಂಕದಂದು ಭಾರತೀಯ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಸಂಶೋಧನಾ ಸಂಸ್ಥೆ (Indian Space Research Organization, ISRO), ತಾನು ಸ್ಥಳೀಯವಾಗಿ ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿದ್ದ ದ್ವಿವಿಧ ರ್‍ಯಾಂ ಜೆಟ್ (Dual Mode Ram Jet, DMRJ), ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ (Scram Jet) ಇಂಜಿನ್ನುಗಳನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಹಾರಿಸಿ ತೋರಿಸಿತು. ಈಗ ಭಾರತವು ಅಮೆರಿಕಾ, ರಷ್ಯಾ ಮತ್ತು ಯುರೋಪ್ ನ ಮುಂತಾದ ಪ್ರತಿಷ್ಠಿತ ದೇಶಗಳ ಒಕ್ಕೂಟದ (ಕ್ಲಬ್‌ನ) ಸದಸ್ಯತ್ವ ಪಡೆದು ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹ, ಸುರಕ್ಷಿತ, ಕಡಿಮೆ ವೆಚ್ಚದ ಮತ್ತು ಪುನರ್ ಬಳಸಬಹುದಾದ ಉಡಾವಣೆ ವಾಹನಗಳನ್ನು, ಅಂತರಿಕ್ಷದ ಆಸ್ತಿಗಳಾದ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಭೂಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಇರಿಸಲು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಮುಂಚೂಣಿಯಲ್ಲಿದೆ.

**ಬಾಕ್ಸ್ 1. ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಭೂಕಕ್ಷೆ ಎಂದರೇನು?**

ಬಹಳಷ್ಟು ಸಂಪರ್ಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು (satellite) ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ 36,000 ಕಿ.ಮೀ.ಗಳಾಚೆ ಭೂ–ಸಮಕಾಲಿಕ ಕಕ್ಷೆ (Geo- Synchronous Orbit, GSO) ಎಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಒಂದು ಸಲ ಪರಿಕ್ರಮಿಸಲು ಸುಮಾರು 23 ಗಂಟೆಗಳು, 50 ನಿಮಿಷಗಳು ಮತ್ತು 4 ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ಸಮಯವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿಕ್ರಮಣ ಭೂಮಿಯ ನಾಕ್ಷತ್ರಿಕ ಆವರ್ತನೆಯ ಅವಧಿಗೆ (Siderial Rotation Period) ಹೊಂದಿಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ವಿಶ್ವ ಸ್ಥಿತಿ ನಿರ್ಧಾರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (Global Positioning System- GPS), ರಷ್ಯಾದ ಗ್ಲೋನಾಸ್ (Glonass) ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಅಂತರಿಕ್ಷ ಪರಿಸರ ಸಂಶೋಧನಾ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಸುಮಾರು 1200–35790 ಕಿ.ಮೀ.ಗಳ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಮಧ್ಯಮ ಭೂಕಕ್ಷೆ (Medium Earth Orbit, MEO) ಯಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಮಧ್ಯಮ ಭೂಕಕ್ಷೆ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಕಕ್ಷೀಯ ಅವಧಿ ಸುಮಾರು 2 ರಿಂದ 24 ಗಂಟೆಗಳಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ, ನೀವು ಒಂದು ಅಂತರಿಕ್ಷ ಕೇಂದ್ರವನ್ನು (Space Station) ನಿರ್ಮಿಸಿ ಜನರನ್ನು ಇಲ್ಲಿಂದಲ್ಲಿಗೆ ಅಲ್ಲಿಂದಿಲ್ಲಿಗೆ ಸಾಗಿಸಲು ಬಯಸುವಿರಾದರೆ, ಅಂತಹ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಕೇಂದ್ರವು ಭೂಮಿಗೆ ಬಹಳ ಹತ್ತಿರ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈನ ನಿಕಟ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ತೆಗೆಯುವ ಸಲುವಾಗಿ ನೀವು ದೂರ ಸಂವೇದಿ ಉಪಗ್ರಹವೊಂದನ್ನು (Remote Sensing Satellite) ಬಳಸಲು ಯೋಚಿಸುತ್ತಿರುವಿರಾದರೆ, ಅದೂ ಕೂಡ ಹೀಗೆಯೇ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಇಂತಹ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈನಿಂದ 200 ರಿಂದ 1200 ಕಿ.ಮೀ. ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುವ ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಭೂಕಕ್ಷೆ (Low Earth Orbit, LEO) ಯಲ್ಲಿ ಇರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತ ಒಮ್ಮೆ ಸುತ್ತಿ ಬರಲು ಸುಮಾರು 80–130 ನಿಮಿಷಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

## ಪ್ರಸ್ತುತ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಇತಿಮಿತಿಗಳು

ಪ್ರಸ್ತುತದಲ್ಲಿರುವ ಉಡಾವಣೆ ವಾಹನಗಳು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಬಹುಹಂತವುಳ್ಳವು, ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ನಂತರ ತ್ಯಜಿಸುವಂಥವು ಮತ್ತು ಆಕ್ಸಿಡೀಕಾರಕಗಳನ್ನು(ಉತ್ಕರ್ಷಣಕಾರಿ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು) ಒಯ್ಯುವಂಥವು. ಈ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಅವು ಹೆಚ್ಚು ಖರ್ಚು ತರುವಂಥವು, ಅಪಾಯಕಾರಿವಾದುವು ಮತ್ತು ಭಾರವಾದುವೂ ಆಗಿವೆ.

ಉಡಾವಣೆಗೆ ಮೊದಲು ರಾಕೆಟ್‌ನ ಸುಮಾರು ಶೇಕಡಾ 85 ರಿಂದ 90 ರಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ನೋದಕ (Propellent) ಸಾಮಗ್ರಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಶೇಕಡಾ ಒಂದರಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮಾತ್ರ ಉಪಗ್ರಹವಾಗಿದ್ದು (ಸೆಟಲೈಟ್)ಅದು ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತದೆ. ಇನ್ನುಳಿದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಪೋಷಕ ಸಂರಚನೆಗಳು, ಟ್ಯಾಂಕುಗಳು, ಪಂಪ್‌ಗಳು, ಇಂಜಿನ್ನುಗಳು ಮುಂತಾದುವುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇಂಧನ ಸಾಮಗ್ರಿಯನ್ನು ಉರಿಸಿ ಮುಗಿಸಿದ ನಂತರ ಇವೆಲ್ಲಾ ನಿರುಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ.ಈ ರೀತಿಯಾದ ಹೆಚ್ಚಿನ ತೂಕವನ್ನು ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ಹೊತ್ತುಕೊಂಡು ಹೋಗುವುದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಅನೇಕ ವೇಳೆ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳು ಬಹುಹಂತಗಳನ್ನು ಅಥವಾ ವಿಭಾಗಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಭಾಗವು ಅದರ ಉಪಯೋಗವಾದ ನಂತರ ಬಿದ್ದುಹೋಗುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ಹಂತದ/ವಿಭಾಗದ ಇಂಧನ ಉಪಯೋಗವಾದ ನಂತರ ರಾಕೆಟ್‌ನ ಆ ಹಂತ/ವಿಭಾಗ, ಅದರ ಕೋಶ ಮತ್ತು ಮೋಟಾರುಗಳು ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ಎಸೆಯಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

ರಾಕೆಟ್‌ನ ಪ್ರತಿಹಂತದ ಇಂಧನ ಉರಿದು ಹೋದ ನಂತರ ಅದನ್ನು ಪ್ರಕ್ಷೇಪಣಾ ವಾಹನದಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಮುಂದಿನ ಹಂತದ ಇಂಧನವನ್ನು ಉರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಪ್ರತಿಹಂತದಲ್ಲೂ ಕ್ರಮಾಗತವಾಗಿ, ಸ್ವಲ್ಪವೂ ತಪ್ಪಿಲ್ಲದೆ, ವಿಳಂಬವಾಗದೆ ನಡೆಯಬೇಕು. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಪ್ರಸಕ್ತ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನ ಖರ್ಚಿನದನ್ನಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಅಪಾಯಕಾರಿಯನ್ನಾಗಿಯೂ ಮಾಡಿದೆ. ಇಂಥ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಹಂತಗಳು ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟೂ ಅವು ವಿಫಲಗೊಳ್ಳುವ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಅನುಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಅಲ್ಪ ವಿಳಂಬವಾದರೂ ಅಥವಾ ತಪ್ಪು ಘಟನೆಯಾದರೂ ಅದು ಬಹು ದೊಡ್ಡ ಅಪಾಯವನ್ನು ತರಬಹುದು. ನಾಸಾದ (NASA) ಅಂತರಿಕ್ಷ ನೌಕೆ ಛಾಲೆಂಜರ್‌ಗೆ 1986ರ ಜನವರಿಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾದ ಅಪಘಾತದಲ್ಲಿ ಏಳು ಮಂದಿ ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳು ಮರಣ ಹೊಂದಿದ ಘಟನೆ ಪ್ರಪಂಚವನ್ನು ಆಘಾತಗೊಳಿಸಿತ್ತು. ಎರಡು ಹಂತಗಳ ನಡುವಿನ ರಬ್ಬರ್ ಮತ್ತು ಉಂಗುರಗಳು (ರಿಂಗ್ಸ್) ಸರಿಯಾಗಿ ಸೀಲಾಗದೇ ಇದ್ದುದು ಈ ಅಪಘಾತಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗಿತ್ತು.

ಅಂತಿಮ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಹೊರತುಪಡಿಸಿ, ರಾಕೆಟ್ ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣದ ಅಂಚಿಗೆ ಹೋದಾಗ ಅದು ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದ ಆಮ್ಲಜನಕದಿಂದ ಸುತ್ತುವರಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಅನೇಕ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳು ತಮ್ಮೊಡನೆ ತಮ್ಮದೇ ಆದ ಇಂಧನವನ್ನು ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಉರಿಸಲು ಆಕ್ಸಿಡೀಕಾರಕವನ್ನು (Oxidiser) ಕೊಂಡೊಯ್ಯುತ್ತವೆ. ಇದು ಅದರ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಭಾರವುಳ್ಳದ್ದನ್ನಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಕಡಿಮೆ ದಕ್ಷತೆಯುಳ್ಳದ್ದನ್ನಾಗಿಯೂ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ರಾಕೆಟ್ ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ನೋದನ (ತಳ್ಳುವ) ಶಕ್ತಿಯ ಅರ್ಧಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಭಾಗ ಆಕ್ಸಿಡೈಸರ್ ಅನ್ನು ಎತ್ತಿಕೊಂಡು ಹಾರುವುದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಭೂಮಿಯ ದಟ್ಟ ವಾತಾವರಣದ ತನ್ನ ಬಹುತೇಕ ಹಾರಾಟದಲ್ಲಿ ಹೇಗಾದರೂ ವಾತಾವರಣದ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನೇ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ, ಪುನಃ ಬಳಸಬಲ್ಲ ಇಂಜಿನ್ ಇರುವ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲು ನಮಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ ಆಗ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಪ್ರಯಾಣದ ವೆಚ್ಚವು ಗಣನೀಯವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರಪಂಚದ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಯಾನವನ್ನು ಮಾಡುವ ಬಯಕೆಯುಳ್ಳ ದೇಶಗಳು ಅಂಥ ಒಂದು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿರುವುದರಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನಿಲ್ಲ.

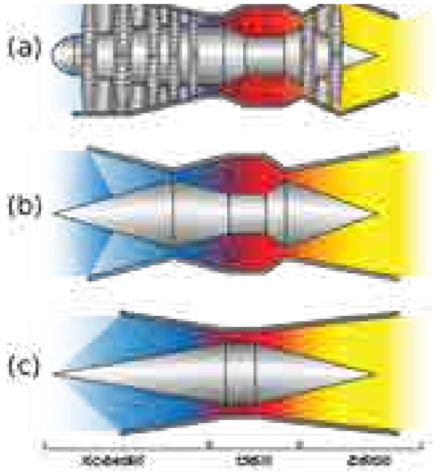
## ದ್ವಿ-ವಿಧ ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್-ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ ಎಂದರೇನು?

ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ ಒಂದು ರಾಕೆಟ್ಟು ಕೆಲಸ ಮಾಡುವ ನಿಯಮಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆಯೇ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಪವಾದಗಳಿವೆ. ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು ಪುನರ್ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದು ಮತ್ತು ಅವು ಇಂಧನವನ್ನು ಉರಿಸಲು ವಾತಾವರಣದ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನಿನ ರಚನಾ ವಿನ್ಯಾಸ ಸಾಕಷ್ಟು ಸರಳವಾಗಿರುತ್ತದೆ.ಆಮ್ಲಜನಕ ವಿಫುಲವಾಗಿರುವ ವಾತಾವರಣದ ಗಾಳಿಯನ್ನು ತಿರುಗುವ ಬ್ಲೇಡುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸಂಪೀಡನಗೊಳಿಸಿ, ಅಂತರ್ದಹನ ಕೋಶಕ್ಕೆ ತರಲಾಗುತ್ತದೆ.

**ಚಿತ್ರ 1. ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ನ ಉಡಾವಣೆ**

ಕೃಪೆ: ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ ಗ್ಯಾಲರಿ, ಇಸ್ರೋ http://www.isro.gov.in/launchers/scramjet-engine-td-gallery. License: Public Domain




**ಚಿತ್ರ 2: ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನುಗಳು ಅಂತರಿಕ್ಷ ಪ್ರಯಾಣಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದ ಮಾದರಿಗಳಾಗಿವೆ.** ಒಂದು ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನುಗಳು ಚಲಿಸುವ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ ಹೀಗಾಗಿ ಸುರಕ್ಷಿತವಾಗಿವೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಮೂರೂ ಬಗೆಯ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನುಗಳು ವಾತಾವರಣದ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ದಹನಕ್ಕೆ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

Credits: GreyTrafalgar, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbo_ram_scramjet_comparative_diagram.svg. License: Public Domain.

ಈ ಸಂಪೀಡನಗೊಳಿಸಿದ ಬಿಸಿ ಗಾಳಿಯು ಉರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಅದರೊಳಕ್ಕೆ ಇಂಧನವನ್ನು ಇನ್ಜೆಕ್ಟ್ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಇಡೀ ಮಿಶ್ರಣವು ಗಣನೀಯವಾಗಿ ಹಿಗ್ಗುತ್ತದೆ.ಈ ಅನಿಲವು ನಿಷ್ಕಾಸದ (ಹೊರಬಿಡುವ ನಾಳದ) ಚೂಪಾದ ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ಅಧಿಕ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಹೊರಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಆ ಅನಿಲದ ವೇಗ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವ ದೂಡುವಿಕೆಯು (ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೇ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ) ಜೆಟ್‌ಅನ್ನು ಮೇಲ್ಮುಖವಾಗಿ ತಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನುಗಳು ಅಂತರಿಕ್ಷ ಪ್ರಯಾಣಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ, ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದ ಮಾದರಿಗಳಾಗಿವೆ.ಅತ್ಯಂತ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಜೆಟ್ ವಿಮಾನ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಸುಮಾರು 0.8 ಕಿ.ಮೀ. ವೇಗದಲ್ಲ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ.ಆದರೆ, ಅಂತರಿಕ್ಷ ಯಾನಕ್ಕೆ ಜೆಟ್ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಎಂಟು ಕಿಲೊಮೀಟರ್. ವೇಗದಲ್ಲ ಚಲಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಆವೇಗ(Impulse) ವನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನುಗಳನ್ನು ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಬೇರೆ ಶಬ್ದಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ರ್ಯಾಂಜೆಟ್‌ಗಳು ಅಂತರ್ದಹನ ಕೋಶದ ಒಳಕ್ಕೆ ಸಂಪೀಡಿತಗೊಳಿಸಿದ ಗಾಳಿಯು ಪ್ರವೇಶಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು ತಿರುಗುವ ಬ್ಲೇಡುಗಳ ಅಗತ್ಯವಿಲ್ಲದ, ಹೆಚ್ಚು ಮುಂದುವರೆದಿರುವ, ಗಾಳಿ ಉಸಿರಾಡುವ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳಾಗಿವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಅವು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿದ ಪ್ರವೇಶದ್ವಾರಗಳ ಮೂಲಕ ವಾಹನವು ಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಾಗಲೂ ಸಂಪೀಡನಗೊಳಿಸಿದ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ಅಥವಾ “ಸೂಪರ್‌ಸಾನಿಕ್ ಕಂಬಶ್ಚನ್ ರ್ಯಾಂ ಜೆಟ್” ಎನ್ನುವ ಇಂಜಿನ್ ರ್ಯಾಂಜೆಟ್‌ನ ಒಂದು ವಿನೂತನ ಮಾದರಿಯಾಗಿದೆ. ಇದು ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ನಿಯಮವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇದು ಅತಿಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗದಲ್ಲಿಯೂ ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

## ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಂ ಜೆಟ್‌ನ ಸವಾಲು!

ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಂಜೆಟ್‌ನ ವಿನ್ಯಾಸ ಬಹಳ ಸರಳ ಎನಿಸಿದರೂ ಅದನ್ನು ಕಾರ್ಯಾತ್ಮಕಗೊಳಿಸುವುದು ಕಷ್ಟಕರವಾದುದು ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಸವಾಲನ್ನು ಒಡ್ಡುವಂಥದ್ದಾಗಿದೆ. ಗಾಳಿಯನ್ನು ಸಂಪೀಡಿತಗೊಳಿಸಲು ತಿರುಗುವ ಬ್ಲೇಡುಗಳು ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಂ ಜೆಟ್- ಈ ಎರಡು ವಿಧಗಳ ಇಂಜಿನ್ನುಗಳು ತಮ್ಮ ಪ್ರವೇಶದ್ವಾರಗಳಿಂದ ಪ್ರವೇಶಿಸುವ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಸಂಪೀಡನಗೊಳಿಸಲು ತಮ್ಮ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೇಗವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ಇದ್ದಾಗ ಪ್ರವೇಶದ್ವಾರದ ಒಳಕ್ಕೆ ಹೋಗುವ ಗಾಳಿಗೆ ಯಾವುದೇ ಗಮನಾರ್ಹ ಸಾಪೇಕ್ಷವೇಗವು ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಕಾರಿನ ಬ್ಯಾಟರಿ ಡೌನ್ ಆಗಿದ್ದಾಗ ನಾವು ಕಾರನ್ನು ತಳ್ಳಿ ಸ್ಟಾರ್ಟ್ ಮಾಡುವಂತೆಯೇ ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ವಾಹನಗಳನ್ನು (ಕ್ರ್ಯಾಫ್ಟ್) ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ಕಳಿಸಲು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳು ಮ್ಯಾಕ್-4ಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕವಾದ ಆರಂಭಿಕ ವೇಗವನ್ನು ಕ್ಷಿಪ್ರವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಲು ವಾಹನಗಳಿಗೆ ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಒಮ್ಮೆ ಈ ಎಂಜಿನ್‌ಗಳು ಗಾಳಿಯನ್ನು ಸಂಪೀಡನಗೊಳಿಸಲು ಬೇಕಾದ ತಮ್ಮ ಸಾಪೇಕ್ಷವೇಗವನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡಾಗ ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳ ಇಂಧನಕ್ಕೆ ಉರಿ ತಗುಲಿಸಬಹುದು. ಈ ಉರಿ (ಇಗ್ನಿಷನ್) ತಗುಲಿಸುವ ಕ್ರಿಯೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಚಾಲಾಕಿತನದಿಂದ ಆಗಬೇಕಾಗಿದೆ. ಅದು ಮುಂದಿನ ಕೆಲವೇ ಸೆಕೆಂಡುಗಳಲ್ಲಿ ಆಗಬೇಕಾದ ಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.ಇಂಧನ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಹೊತ್ತಿಸಿದರೂ ಇಂಧನ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಉರಿಯುವ ತನಕ ಹೊತ್ತಿಸುವ ಜ್ವಾಲೆಯನ್ನು ಆರದಂತೆ ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಕಷ್ಟದ ಕೆಲಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಉರಿಯುವ ಮೇಣದ ಬತ್ತಿಯನ್ನು ನಿಮ್ಮ ಕೈಯಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದುಕೊಂಡು ಅತ್ಯಂತ ವೇಗವಾಗಿ ಓಡುವುದಕ್ಕೆ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಹೋಲಿಸಬಹುದು.

ಇದು ಇಲ್ಲಿಗೇ ಮುಗಿಯಲಿಲ್ಲ. ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ಅತಿಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ (ಹೈಪರ್‌ಸಾನಿಕ್) ವಾತಾವರಣದ ಮೂಲಕ ಚಲಿಸುವಾಗ, ಗಾಳಿಯು ಬೀಸುವ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೇಗವು ಗಾಳಿಯನ್ನು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಒಳಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಅದರ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡಿಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡುವಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಸ್‌ನ ಕಿಟಕಿಯಿಂದಾಚೆಗೆ ನಿಮ್ಮ ಮುಖ ಒಡ್ಡುವುದನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ನಿಮ್ಮ ಮುಖಕ್ಕೆ ಬೀಸುವ ಗಾಳಿಯ ರಭಸ ನಿಮ್ಮ ಉಸಿರು ಕಟ್ಟುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಅಂಥ ವೇಗಗಳ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿಯೂ ಇಂಜಿನ್ನಿನ ಪ್ರವೇಶದ್ವಾರಗಳು ಗಾಳಿ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವುದನ್ನು ಖಚಿತಪಡಿಸುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್‌ನ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ರೂಪಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ರ್ಯಾಂಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಹಂತಹಂತವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಮತ್ತು ಪರಿಪೂರ್ಣತೆ ಹೊಂದುವಂತೆ ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸಿ, ಈ ಸವಾಲುಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳಿಗೆ ಆರಂಭಿಕ ನೋದನವನ್ನು (ಪ್ರೊಪಲ್ಷನ್) ಕೊಡಲು ಇಸ್ರೋ ತಾನೇ ಸ್ಥಳೀಯವಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಿದ್ದ, ಆಗಾಗ್ಗೆ ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿದ್ದ, ಮೂರು ಟನ್ ತೂಕದ ರೋಹಿಣಿ ವರ್ಗದ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾದ RH-560 ರಾಕೆಟ್ಟನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿಕೊಂಡಿತು. ಮಾರ್ಚ್, 2010ರಲ್ಲಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಮತ್ತು ATV-D01 ಎಂದು ನಾಮಕರಣ ಮಾಡಿದ್ದ ಈ ರಾಕೆಟ್ ಕೇವಲ 7 ಸೆಕೆಂಡುಗಳಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್-6 ರಷ್ಟು ವೇಗವನ್ನು ಸಾಧಿಸಿ ಅದನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡಿತು. ರಾಕೆಟ್‌ನ ಮೇಲೆ ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್ ಮಾಡ್ಯೂಲುಗಳನ್ನು (ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು)

ಕಟ್ಟಿ ಈ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದಾಗ ಆ ಮಾಡ್ಯೂಲುಗಳನ್ನು ಜ್ವಲಿತಗೊಳಿಸಲಿಲ್ಲ. ರೋಹಿಣಿ ವರ್ಗದ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳು ರ್‍ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳ ಜ್ವಲಿತಗೊಳಿಸುವಿಕೆಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಸುಮಾರು 80 ಕಿಲೊಪ್ಯಾಸ್ಕಲ್‌ಗಳಷ್ಟು ಗತಿಶೀಲ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಒದಗಿಸಬಲ್ಲವು ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಪರೀಕ್ಷೆ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿತು. ಇದಾದ ನಂತರ, 28 ಆಗಸ್ಟ್ 2016ರ ಮುಂಜಾವಿನ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಳೀಯವಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಿದ್ದ ದ್ವಿವಿಧ ರ್‍ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್-ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು ರೋಹಿಣಿ ವರ್ಗದ, ಎರಡು ಹಂತವುಳ್ಳ RH-560 ರಾಕೆಟ್‌ಗೆ ಒಂದು ಘನಬೂಸ್ಟರ್‌ನೊಂದಿಗೆ ಬಿಗಿದು ಕಟ್ಟಲಾಯಿತು. ರಾಕೆಟ್ 20ಕಿ.ಮೀ. ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ತಲುಪಿದಾಗ ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು ಜ್ವಲಿತಗೊಳಿಸಲಾಯಿತು ಮತ್ತು ಹೀಗೆ ಹೊತ್ತಿಸಿದ ಉರಿ (ಜ್ವಾಲೆ) ಐದು ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ಕಾಲ ಉಳಿಯಿತು. ಈ ಪರೀಕ್ಷೆಯ ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ಪರಿಶೀಲನೆಯು ಈ ನೋದನ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಮ್ಯಾಕ್ ಸಂಖ್ಯೆ (6+0.5) ಮತ್ತು ಗತಿಶೀಲ ಒತ್ತಡ (80+35 ಕಿಲೊಪ್ಯಾಸ್ಕಲ್ಸ್)- ಈ ಎರಡೂ ಅಂಶಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಹಾರಾಟ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡಿತು ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿತು. ಇದಲ್ಲದೆ, ಯೋಜಿಸಿದಂತೆಯೇ, ಬೂಸ್ಟರ್ ರಾಕೆಟ್ ಹಂತ ಉರಿದು ಹೋಗಲು ಮತ್ತು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳು ಕ್ರಿಯಾಶೀಲವಾಗಲು 5 ಸೆಕೆಂಡುಗಳು ಬೇಕಾದವು. ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಹಾರಾಟದ 55- 60ನೇ ಸೆಕೆಂಡುಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು 20 ಕಿ.ಮೀ. ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾದವು.ಇದರ ನಂತರ, ಎರಡನೇ ಹಂತ ಉರಿದು ಬೀಳುವ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯಿತು. ಈ ಎರಡೂ ಘಟನೆಗಳು ಇಸ್ರೊವಿನ ದ್ವಿವಿಧ ರ್‍ಯಾಂಜೆಟ್-ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳು ತಮ್ಮ ಹಾರಾಟದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಬಲ್ಲವು ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ.

## ಮುಂದೇನು?

ಈ ಪರೀಕ್ಷೆ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿದೆಯಾದರೂ, ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು (ಪೇಲೋಡ್) ಹೊತ್ತುಕೊಂಡು ಹೋಗಲು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾದರೆ ನಾವು ಇನ್ನೂ ಬಹಳ ಮೈಲುಗಳ ದೂರವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

**ಬಾಕ್ಸ್ 2. ಮ್ಯಾಕ್ ಸಂಖ್ಯೆ**

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಚಲನೆಯ ವೇಗಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಸುತ್ತುವರಿದ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿರುವ ಶಬ್ದದ ವೇಗಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅನುಪಾತವನ್ನು ಮ್ಯಾಕ್ ಸಂಖ್ಯೆ ಎಂದು ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಇದನ್ನು ಒಂದು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಜೊತೆಗೆ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ- ಮ್ಯಾಕ್ 1, ಮ್ಯಾಕ್ 2 ಇತ್ಯಾದಿ. ಮ್ಯಾಕ್ 1 ಎಂದರೆ ಶಬ್ದದ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮನಾದಷ್ಟು, ಮ್ಯಾಕ್ 2 ಎಂದರೆ ಶಬ್ದದ ವೇಗದ ಎರಡರಷ್ಟು ಎಂದು ಸೂಚಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಶಬ್ದದ ವೇಗವನ್ನು (ಮ್ಯಾಕ್ 1ನ್ನು) ಮೀರಿ ಚಲಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ವೇಗವನ್ನು ಶಬ್ದಾತೀತ (ಸೂಪರ್ ಸಾನಿಕ್) ವೇಗ ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಅತಿಶಬ್ದಾತೀತ (ಹೈಪರ್‌ಸಾನಿಕ್) ವೇಗ ಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. 1970ರ ದಶಕದಿಂದ ಈ ಪದವನ್ನು ಮ್ಯಾಕ್-5 ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

ಇಸ್ರೋ ಎದುರಿಸಬೇಕಾದ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಸವಾಲುಗಳೆಂದರೆ, ಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗದ ದಾಹಕದ ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ವಿಕಾಸ, ಅತಿಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗದ ಹರಿವನ್ನು (ಫ್ಲೋ) ಅನುಕರಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದ ಸಾಧನಗಳು ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಟ್ಟದ ವೇಗದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಓಲಾಟಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅತ್ಯಧಿಕ ತಾಪಮಾನವನ್ನು ತಡೆದುಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ತಯಾರಿಕೆ. ಇವಲ್ಲದೆ ಅತಿಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಇಂಜಿನ್ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಒಳಕ್ಕೆ ಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳುವುದನ್ನು ಖಚಿತಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು, ಹಾರಾಟದ ವಿಸ್ತೃತ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಜಿನ್ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆ ಮತ್ತು ಚಲನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ, ತಾಪಮಾನದ ಸರಿಯಾದ ನಿರ್ವಹಣೆ ಮತ್ತು ಇಂಜಿನ್‌ಗಳ ಭೂ-ಪರೀಕ್ಷಣೆಗಳು ಸಹ ಸೇರುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಪ್ರಸ್ತುತದಲ್ಲಿ ಈ ಇಂಜಿನ್ನನ್ನು ಮ್ಯಾಕ್-6 ರ ವೇಗದ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿ ಫಲಿತಾಂಶಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಲಾಗಿದ್ದರೂ ಈ ಇಂಜಿನ್ನನ್ನು ಮ್ಯಾಕ್-2 ರಿಂದ ಮ್ಯಾಕ್ -12ರವರೆಗಿನ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವೇಗದ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಬೇಕಾದ ಅಗತ್ಯವಿದೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ದ್ರವದ ಗತಿಶೀಲತೆಯ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದ ಸಾಧನಗಳು (ಕಾಂಪ್ಯುಟೇಷನಲ್ ಫ್ಲೂಯಿಡ್ ಡೈನಮಿಕ್ ಟೂಲ್ಸ್) ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ತಾನೆ ಪರಿಪಕ್ವತೆಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡಿರುವುದರಿಂದ, ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್‌ಗಳ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಉತ್ತಮಪಡಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಕ್ಕೆ ಪ್ರಯತ್ನ-ದೋಷ (Trial and error) ವಿಧಾನವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಯತ್ನ ಸ್ವಲ್ಪ ಸಂಕೀರ್ಣವಾದುದೇ. ಏಕೆಂದರೆ, ಇತರ ದೇಶಗಳು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ತಾಂತ್ರಿಕಜ್ಞಾನವನ್ನು ಯುದ್ಧತಂತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ್ದು (ಸ್ಟ್ರೆಟಜಿಕ್) ಎಂದು ತಿಳಿಯುವುದರಿಂದ, ಅದನ್ನು ನಮ್ಮೊಂದಿಗೆ ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳಲು ಇಷ್ಟಪಡದೆಯಿರುವುದು ಈ ಸಂಕೀರ್ಣತೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ಇದರ ಅರ್ಥ ಇಸ್ರೋ ತನ್ನದೇ ಆದ, ಪುನಃ ಪುನಃ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ, ಉಡಾವಣಾ

**ಚಿತ್ರ 3. ರೋಹಿಣಿ ಕ್ಲಾಸ್ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳಿಗೆ ಎರಡು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು ಕಟ್ಟಿ ಆ ರಾಕೆಟ್ಟನ್ನು ಇಸ್ರೋ ಪರೀಕ್ಷಣೆಗಾಗಿ ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡಿತು.**

Credits: MarcRic, Wikimedia Commons. URL: https://te.wikipedia.org/wiki/%E0%B0%A6%E0%B0%B8%E0%B1%8D%E0%B0%A4%E0%B1%8D%E0%B0%B0%E0%B0%82:ISRO_Advanced_Technology_Vehicle_shape-01_(rotated).jpg. License: CC-BY-SA.http://www.isro.gov.in/launchers/scramjet-engine-td-gallery. License: Public Domain

ವಾಹನವನ್ನು ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸುವ ಸ್ಥಳೀಯ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಆರಂಭಿಸಲು ತೊಡಗಬೇಕು ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ.

“ಅವತಾರ್” (AVATAR) ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಇಸ್ರೊವಿನ ಯೋಜನೆಯು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನನ್ನು ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡಲು ಒಂದು ರಾಕೆಟ್ಟನ್ನು ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸುವ ಗುರಿ ಹೊಂದಿದೆ. ಈ ರಾಕೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನನ್ನು ಉಡಾವಣಾ ವೇದಿಕೆಯಿಂದ (ಲಾಂಚ್‌ಪ್ಯಾಡ್) (ಒಂದು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬೂಸ್ಟರ್ ರಾಕೆಟ್ ಸಹಾಯದಿಂದ) ಲಂಬವಾಗಿ ಮೇಲೇರಲು, ಶಬ್ದಾತೀತ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ಮೇಲೆ ಹಾರಲು, ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನನ್ನು ಜ್ವಲತಗೊಳಿಸಲು ಮತ್ತು ಅಂತರಿಕ್ಷ ಸಾಧನ-ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು ತಲುಪಿಸಲು ಅದನ್ನು ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಭೂಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ದೂಡಲು, ತದನಂತರ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ವಿಮಾನದಂತೆಯೇ ಓಡುಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ (ರನ್‌ವೇ) ಇಳಿಯಲು ಸಮರ್ಥವಾಗಿರಲೇಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಇಡೀ ಯೋಜನೆಗೆ ಅಂಥ ರಾಕೆಟ್ಟನ್ನು ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸಲು 35 ಕೋಟಿ ರೂಪಾಯಿಗಳನ್ನು ಖರ್ಚು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅಂದಾಜಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ವೆಚ್ಚದ ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಆಗಸ್ಟ್ 2016ರಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದ ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಮೂರು ಕೋಟಿ ರೂಪಾಯಿಗಳನ್ನು ಖರ್ಚು ಮಾಡಲಾಯಿತು.

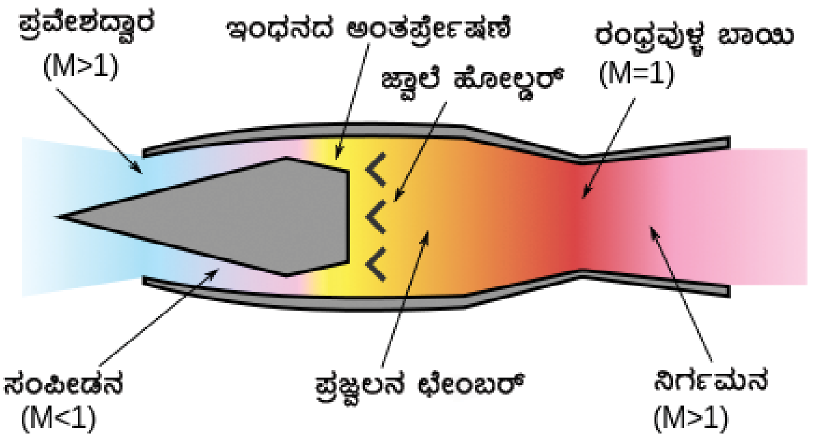
ಇಸ್ರೋ ಕಕ್ಷಾಪಥಕ್ಕೆ ಏಕ-ಹಂತ( SSTO-Single-Stage-To-orbit) ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಗುರಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೂ, ಈ ಮಧ್ಯೆ, ಗಾಳಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಮೊದಲನೇ ಹಂತದೊಂದಿಗೆ, ಕಕ್ಷೆಗೆ ಎರಡು ಹಂತಗಳ (TSTO-Two Stages To Orbit) ಉಡಾವಣಾ ಸಾಧನವನ್ನು ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸಲು ಸಿದ್ಧತೆ ನಡೆಸಿದೆ. ಎರಡನೇ ಹಂತದಲ್ಲಿ, ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಭೂಮಿಯ ಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಧನ-ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು (ಪೇಲೋಡ್) ಕೊಂಡೊಯ್ಯಲು ಶೈತ್ಯಜನಕ (ಕ್ರಯೊಜೆನಿಕ್) ಇಂಜಿನ್ನನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಇಸ್ರೋ TSTO ರಾಕೆಟ್‌ನ ಮೊದಲ ಹಂತವನ್ನು ಪುನರ್ಬಳಕೆಯಾಗುವಂತೆ ನಿರ್ಮಿಸುವ ಪ್ರಸ್ತಾಪ ಮಾಡಿದೆ. ಇದು ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಉಡಾವಣೆಗೆ ತಗುಲುವ ವೆಚ್ಚವನ್ನು ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಮೇ ತಿಂಗಳು, ದಿನಾಂಕ 23, 2016 ರಲ್ಲಿ ಇಸ್ರೋ ಅತಿಶಬ್ದಾತೀತ ಹಾರಾಟದ ಪ್ರಯೋಗ ಒಂದನ್ನು (HEX-1, ಹೈಪರ್‌ಸಾನಿಕ್ ಫ್ಲೈಟ್ ಎಕ್ಸ್‌ಪೆರಿಮೆಂಟ್) ನಡೆಸಿತು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ “ಸ್ವದೇಶಿ ಸ್ಪೇಸ್ ಷಟಲ್” ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಲಾದ, ಪುನಃ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ (RLV, Reusable Launch Vehicle) ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನದ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಹಾರಿಸಲಾಯಿತು, ಮತ್ತು ವಾಹನದಲ್ಲಿದ್ದ ಮಾರ್ಗದರ್ಶನ ಮಾಡುವ ಕಂಪ್ಯೂಟರ್‌ಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯನ್ನು ಹಾಗೂ RLV ವಾಹನಕ್ಕೆ ಅಂಟಿಸಿದ್ದ ಉಷ್ಣರೋಧಿ ಟೈಲ್ಸ್‌ಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಯಿತು. ಪರೀಕ್ಷಾ ಹಾರಾಟದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಜಹಜನ್ನು ಬಂಗಾಳ ಕೊಲ್ಲಿಗೆ ಬೀಳಿಸಲಾಯಿತು. ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಪ್ರಯೋಗ (ಲ್ಯಾಂಡಿಂಗ್ ಎಕ್ಸ್‌ಪೆರಿಮೆಂಟ್,LEX) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾದ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಶ್ರೀಹರಿಕೋಟಾದ ಉನ್ನತ ಎತ್ತರದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ (SHAR-Sriharikota High Altitude Range) ವಿಶಿಷ್ಟ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗುವ ಓಡುಪಥದಲ್ಲಿ (ರನ್‌ವೇ) RLV ಯನ್ನು ಇಳಿಸುವ ಅಥವಾ ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ಇಸ್ರೋ ಮಾಡಲಿದೆ. ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ RLV ಮತ್ತು ರೋಹಿಣಿ -ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್ ಮಾಡ್ಯೂಲುಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಅಭಿಯಾನದಲ್ಲಿ (ಮಿಷನ್‌ನಲ್ಲಿ) ವಿಲೀನಗೊಳಿಸಲಾಗುವುದು, ಮತ್ತು ಅವು ವಾಪಸಾಗುವ ಹಾರಾಟದ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕಾಗಿ (REX -Return Flight Experiment) ಅವುಗಳಿಗೆ ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಲಾಗುವುದು. ವಾತಾವರಣದ ಆಚೆಗಿನ ಹಾರಾಟಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ನೂದನಕ್ಕಾಗಿ(Propulsion) RLV ಗೆ ಐದು ಅರ್ಧ-ಶೈತ್ಯಜನಕ (Semi-Cryogenic) ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ಎಲ್ಲಾ ವಿವಿಧ ಹಂತಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಮತ್ತು ಸ್ವಲ್ಪವೂ ತಪ್ಪಿಲ್ಲದಂತೆ ವಿಲೀನಗೊಳಿಸಿದ ನಂತರವೇ ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ವಾಣಿಜ್ಯ ಉದ್ದೇಶಿತ ಉಡಾವಣೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ನೊಂದಿಗಿನ TSTO ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನವನ್ನು ಬಳಸಿ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಅಭಿಯಾನಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಲು ವರ್ಷ 2030ರ ವೇಳೆಗೆ ನಾವು ಸಿದ್ಧರಾಗುತ್ತೇವೆ ಎಂದು ಇಸ್ರೋವಿನ ಅಂದಾಜು ನಿರೀಕ್ಷೆ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್‌ಅನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದ RLV ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನ ಸುಮಾರು 10,000 ದಿಂದ 20,000 ಕೆ.ಜಿ. ಸಾಧನ-ಸಾಮಗ್ರಿಯನ್ನು ಅಥವಾ ಪೇಲೋಡನ್ನು ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಭೂಕಕ್ಷೆಗೆ

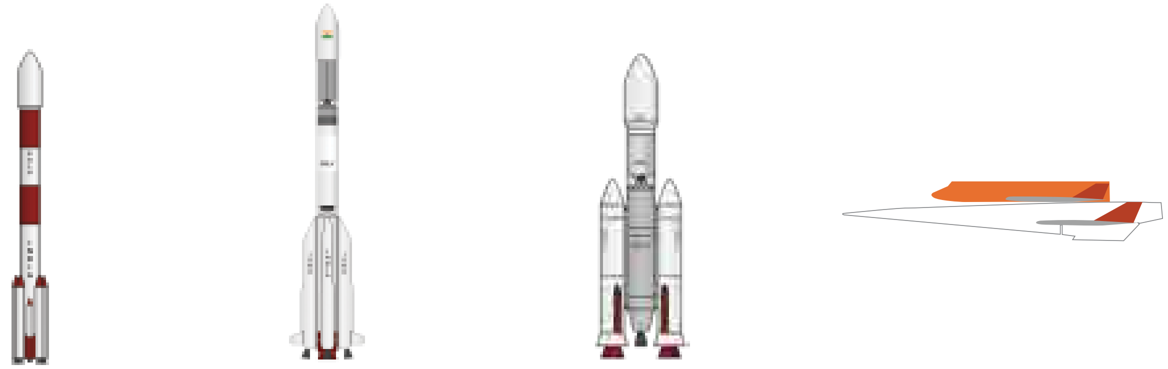
**ಬಾಕ್ಸ್ 3. ಶೈತ್ಯಜನಕ (Cryogenic) ರಾಕೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ನುಗಳು**

ಶೈತ್ಯಜನಕ ಅಥವಾ ಕ್ರೈಯೊಜೆನಿಕ್ ರಾಕೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ ಶೈತ್ಯಜನಕ ಇಂಧನವನ್ನು ಅಥವಾ ಉತ್ಕರ್ಷಣಕಾರಕಗಳನ್ನು (ಆಕ್ಸಿಡೈಸರ್) ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಅದರ ಇಂಧನ ಮತ್ತು / ಅಥವಾ ಉತ್ಕರ್ಷಣಕಾರಕಗಳು ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ತಾಪಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿಟ್ಟ ದ್ರವೀಕೃತ ಅನಿಲಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ.




**ಚಿತ್ರ 4. ಪ್ರಜ್ವಲನ, ಜ್ವಾಲೆಯನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಉಳಿಸುಕೊಳ್ಳುವಿಕೆ, ಮತ್ತು ಸಂಪೀಡಿತ ಗಾಳಿಯ ಒಳ-ಪ್ರವೇಶವನ್ನು ಖಚಿತಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಿಕೆ- ಇವು ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್ ಜೆಟ್‌ನ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಬಹುಮುಖ್ಯ ತಾಂತ್ರಿಕ ಸವಾಲುಗಳಾಗಿವೆ.**

Credits : Cyonic07,Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ramjet_operation.svg. License:CC-BY-SA



| PSLV | GSLV | GSLV MK3 | ABLV-TSTO (FULLY REUSABLE) |
|---|---|---|---|
| ಕಾಲಾವಧಿ | ಇಂದು | 10 ವರ್ಷಗಳು | 40–50 ವರ್ಷಗಳು |
| ಉಡಾವಣಾ ವೆಚ್ಚ | 20,000$/ಕೆಜಿ | 5000$/ಕೆಜಿ | 500$/ಕೆಜಿ |
| ಹಾರಾಟಗಳು/ವರ್ಷ | 4–6 | 20–30 | 300 |
| ಸಾಧನಾ ಕಾಲಾವದಿ | ಕೆಲವು ಮಾಸಗಳು | ಕೆಲವು ವಾರಗಳು | ಕೆಲವು ದಿನಗಳು |
| ………2010 + ವರೆಗೆ……… | | 2010+ | 2040/50 |

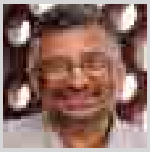
**ಚಿತ್ರ 5. ಸ್ಕ್ರ್ಯಾಮ್‌ಜೆಟ್ ಇಂಜಿನ್ ಇಸ್ರೋ ಈಗ ಹೊಮದಿರುವ ಪ್ರಕ್ಷೇಪಣಾ ವಾಹನಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಲು ಯೋಗ್ಯವಾಗಿದೆ.**

ಕೊಂಡೊಯ್ಯಬಲ್ಲದು; ಆದರೆ ಅತಿ ಮುಂದುವರೆದ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾದ ಇಸ್ರೋವಿನ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನವಾದ GSLV-Mk-III 8,000 ಕೆ.ಜಿ.ಗಳಷ್ಟು ಪೇಲೋಡನ್ನು (ಭಾರವನ್ನು) ಮಾತ್ರ ಒಯ್ಯಲು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಸಲಾಗಿದೆ, ಮತ್ತು ಸ್ಪೇಸ್– ಎಕ್ಸ್‌ನ (Space-X) ಪ್ರತಿಸ್ಪರ್ಧಿಯಾದ ಫಾಲ್ಕನ್–9 (Falcon–9) ರಾಕೆಟ್ 13,000 ಕೆ.ಜಿ. ಗಳಷ್ಟು ಭಾರವನ್ನು ಇಷ್ಟೇ ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಎತ್ತಬಲ್ಲದು ಎಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಈ ಭವಿಷ್ಯತ್ತಿನ, ಪುನಃ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನಗಳು ತಮ್ಮ ಗಾಳಿ–ಉಸಿರಾಟದ ತಳ್ಳುವಿಕೆಯಿಂದಾಗಿ ಕಡಿಮೆ ಖರ್ಚಿನ (ಕಾಸ್ಟ್ ಎಫಿಷಿಯಂಟ್) ಅಂತರಿಕ್ಷ ಉಡಾವಣೆಯನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಸುತ್ತವೆ. ಪ್ರಸ್ತುತದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕೆ.ಜಿ. ಸಾಧನ–ಸಾಮಗ್ರಿಯನ್ನು (ಪೇಲೋಡನ್ನು) ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡಲು ಸುಮಾರು 5000 ಅಮೆರಿಕನ್ ಡಾಲರ್‌ಗಳಷ್ಟು ಖರ್ಚಾದರೆ, ತನ್ನ RLV ಈ ವೆಚ್ಚವನ್ನು ಒಂದು ಕೆ.ಜಿ.ಗೆ 2000 ಅಮೆರಿಕನ್ ಡಾಲರ್‌ಗಳಿಗೆ ಇಳಿಸಬಹುದು ಎಂದು ಇಸ್ರೋ ಅಂದಾಜು ಮಾಡಿದೆ.

ಆದರೆ, ಕೆಲವು ತಜ್ಞರು ಇಸ್ರೋವಿನ ಈ ಉತ್ಸಾಹವನ್ನು ಪ್ರಶ್ನಿಸುತ್ತಾರಲ್ಲದೆ ಖರ್ಚು–ಲಾಭಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ ಅಷ್ಟೇನೂ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಲ್ಲ ಎಂದು ವಾದಿಸುತ್ತಾರೆ. 2006ರ ನಾಸಾದ ಒಂದು ತಾಂತ್ರಿಕ ದಾಖಲೆ ಹೀಗೆ ಎಚ್ಚರಿಸುತ್ತದೆ. –"ಪುನರ್ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ಮತ್ತು ಬಳಸಿ ಎಸೆಯಬಹುದಾದ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನಗಳ ನಡುವಣ ಆಯ್ಕೆ ಎಂದರೆ ಮೊದಲನೆಯ ವಿಧದ ವಾಹನದ ಅಲ್ಪ ಪುನರಾವರ್ತಿಸುವ ವೆಚ್ಚ ಮತ್ತು ಬಳಸಿ ಎಸೆಯಬಹುದಾದ ವಾಹನಗಳ ಅಲ್ಪ ಪುನರಾವರ್ತಿಸದ ವೆಚ್ಚಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದು ಲಾಭಕರ ಎಂಬುದೇ ಆಗಿದೆ. ಇದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುವ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಾಗಿದೆ". ಸರಾಸರಿ, ಬಳಸಿ ಎಸೆಯಬಹುದಾದ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನಗಳ ವಿಶ್ವಸನೀಯತೆ 95%. ಅಂದರೆ, 20 ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನಗಳಲ್ಲಿ 1 ವಾಹನ ವಿಫಲವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಪುನರ್ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನವನ್ನು ವಿಕಸನಗೊಳಿಸಿ ನಿರ್ಮಿಸಲು ಆಗುತ್ತಿರುವ ಅಧಿಕತರ ನಿವೇಶನವು ಅದು ಒಮ್ಮೆಯೂ ವಿಫಲವಾಗದಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಔಚಿತ್ಯಪೂರ್ಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ, RLV ಮೇಲಕ್ಕೆ ಹಾರಿ, ಅಂತರಿಕ್ಷವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಿ ಮತ್ತು ಪುನಃ ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಹಲವು ಬಾರಿ ಪುನರ್‌ಪ್ರವೇಶಿಸುವುದರಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ ಮುಂದುವರೆದ ಉಷ್ಣರೋಧಕಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಯೋಜನೆಯು ತಾಂತ್ರಿಕವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸವಾಲುಗಳನ್ನು ಒಡ್ಡುತ್ತದೆ. ನಾಸಾ ದಾಖಲೆ ಮುಂದುವರೆದು ಹೀಗೆ ಹೇಳುತ್ತದೆ–"ಪುನರ್ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನಗಳು (RLV ಗಳು) ಮತ್ತು ಬಳಸಿ ಎಸೆಯುವ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನಗಳು (ELV ಗಳು)– ಇವೆರಡರಲ್ಲಿ ಯಾವುದು ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯುಕ್ತ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಕುರಿತ ದಶಕಗಳಿಂದ ಜರುಗುತ್ತಿರುವ ಎಡೆಬಿಡದ ಚರ್ಚೆಯು ಅಷ್ಟೇನೂ ವಿವೇಚನಾಪೂರ್ಣ ಪರ್ಯಾಲೋಚನೆ ಆಗಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ರೂಢಿಯ, ಬಳಸಿ ಎಸೆಯಬಹುದಾದ ಉಡಾವಣಾ ವಾಹನಗಳ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಪುನರ್ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ವಾಹನಗಳ ನಿರ್ಮಾಣ ಸೂಕ್ತ ಎಂಬ ವಾದ ಹೆಚ್ಚು ವಿವೇಚನಾಪೂರ್ಣವಾಗಿದೆ."

ಬಲವರ್ಧಕಗಳನ್ನು (ಬೂಸ್ಟರ್) ಮತ್ತು ಪುನರ್‌ಬಳಕೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ವಾಹನಗಳನ್ನು ಆಧರಿಸಿದ, ಇಸ್ರೋ ಮಂಡಿಸಿರುವಂಥ, ಪುನರ್ಬಳಕೆಯ ಮಿಶ್ರತಳಿ ವಾಹನಗಳ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಯ ಆರ್ಥಿಕತೆ ಬೇರೆಯದೇ ಆಗಿದೆ. ಆಶಾವಾದಿಯಾಗಿರುವ ಇಸ್ರೋವಿನ ಅಧ್ಯಕ್ಷರಾದ ಎ.ಎಸ್. ಕಿರಣ್ ಹೀಗೆ ಹೇಳುತ್ತಾರೆ "ತತ್ವತಃ, ವೆಚ್ಚದಲ್ಲಿ 50%ನಷ್ಟು ಇಳಿಕೆಯಾದರೂ ಅದು ಲಾಭಕರವೇ. ಈ ವೆಚ್ಚವನ್ನು ಪುನಃ ಭರಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಜಾರಿವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿದ ನಂತರ ಇದು ವೆಚ್ಚವನ್ನು ಎಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿದರೂ, ಅದು ಲಾಭಕರವಾಗಿಯೇ ತೀರುತ್ತದೆ"

**ಸೂಚನೆ:** ಲೇಖನದ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗಿರುವ ಚಿತ್ರದ ಕೃಪೆ US Air Force, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_X-51#/media/File:X-51A_Waverider.jpg. License: Public Domain.



**ಡಾ. ಟಿವಿ. ವೆಂಕಟೇಶ್ವರನ್** ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಸಾರ್, ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಇಲಾಖೆ, ನವದೆಹಲಿ– ಇಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾಗಿದ್ದಾರೆ. 25ಕ್ಕಿಂತಲೂ ಮಿಗಿಲಾದ ಜನಪ್ರಿಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಮತ್ತು 300 ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಲೇಖನಗಳನ್ನು ತಮ್ಮ ತೆಕ್ಕೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡಿರುವ ಇವರು ಸಮೃದ್ಧ ಬರಹಗಾರರಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಅವರು ದೂರದರ್ಶನದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿಕೊಡುತ್ತಾರೆ. ತರಬೇತಿ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳಿಗೆ ಅವರು ಸಂಪನ್ಮೂಲ ವ್ಯಕ್ತಿ ಆಗಿದ್ದಾರಲ್ಲದೆ, ನಿಯತಕಾಲಿಕೆಗಳಿಗೆ ಲೇಖನಗಳನ್ನೂ ಬರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಅವರನ್ನು tvv123@gmail.com ಎಂಬಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು.

**ಅನುವಾದ:** ಬಿ.ಎಂ.ಚಂದ್ರಶೇಖರ್ **ಪರಿಶೀಲನೆ:** ಜೈಕುಮಾರ್ ಮರಿಯಪ್ಪ