

**ТЯГОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ УКОРОЧЕНОГО СОПЛА ЛАВАЛЯ З
ДЗВОНОПОДІБНИМ НАСАДКОМ**

Інститут технічної механіки Національної академії наук України
і Державного космічного агентства України,

вул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail: np-2006@ukr.net

Наведено результати дослідження тягових характеристик надзвукового сопла нетрадиційної форми у вигляді укороченого сопла Лаваля з насадком дзвоноподібної форми. Така форма сопла може застосовуватися під час створення щільних компоновок багатоступеневих ракет. Дослідження проводилося з використанням програмного комплексу «ANSYS» у тривимірній постановці. Верифікацію використаних методичних підходів до числового розрахунку складної відривної течії газу було проведено попереднім дослідженням картини течії у подібному соплі. Окремі результати точних розрахунків порівнювалися з результатами експериментальних досліджень, проведених в Інституті технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України під час продування холодним повітрям моделі подібного укороченого сопла з дзвоноподібним насадком.

У цьому дослідженні були деталізовані особливості відривної течії газу в насадку сферичної форми, який був приєднаний (на кутовій точці) до укороченого надзвукового сопла Лаваля конічної форми. Було встановлено, що характер відривної течії в насадку залежить від ступеня розширення потоку (тиску на вході в сопло) з укороченого сопла. При відносно низькому тиску на вході в сопло в насадку спостерігається розвинена відривна зона (між кордоном струменя і стінкою насадка) з дозвуковим потоком із зовнішнього середовища, що формує практично постійний статичний тиск від перерізу входу в насадок до його зрізу. При тиску на вході в сопло, коли вільна межа струменя, що витікає з укороченого сопла, примикає до стінки насадка, статичний тиск у насадці практично лінійно змінюється по довжині насадка від кутової точки з мінімальним тиском до зрізу сопла. Залежність тяги сопла з насадком від тиску на вході в сопло нелінійна. Зі збільшенням тиску перед соплом (або зменшенням зовнішнього тиску) вплив зовнішнього середовища на тягу сопла з насадком зменшується. Показано, що в «земних умовах» тяга сопла з насадком перевищує тягу профільованого сопла з тим самим геометричним ступенем розширення (внаслідок «входу» атмосфери в насадок). В умовах вакууму тяга укороченого сопла з насадком на 8 % менше тяги профільованого сопла Лаваля.

Ключові слова: укорочене надзвукове сопло, дзвоноподібний насадок, розподіл статичного тиску, тягова характеристика сопла, тиск зовнішнього середовища.

1. Ihnatiev O., Pryadko N., Strelnikov G., Ternova K. Gas flow in a short Laval nozzle with a bell-shaped nozzle. Technical mechanics. 2022. № 2. P. 39–46. <https://doi.org/10.15407/itm2022.02.039>
2. Стрельников Г.А. Регулируемые сверхзвуковые сопла малой длины. Днепропетровск, изд. ДГУ, 1993, 191 с.
3. N Lenin Rakesh Analysis of flow of nozzle by using ANSYS. Journal of mechanics of continua and mathematical sciences. 2019. Vol. 1. P. 1–8. <https://doi.org/10.26782/jmcms.spl.2019.08.00088>
4. Yashraj Asthana CFD Analysis of Different Types of Advanced Rocket Nozzles in Ansys. International Journal of Advancements in Technology. 2022. Vol. 13. Iss. 2. P. 1–6.
5. G. Susheel Narayan, Vikky Chobey, P. Mani Kiran, Mihir Baranwal A research paper on analysis of de-laval nozzle on Ansys Workbench. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2019. Vol.6. Iss. 11. P. 471–477.
6. Muhammad Waqas Khalid, Muhammad Ahsan Computational Fluid Dynamics Analysis of Compressible Flow Through a Converging-Diverging Nozzle using the k-ε Turbulence Model. Engineering, Technology & Applied Science Research. 2020. Vol. 10. №1. P. 5180–5185. <https://doi.org/10.48084/etasr.3140>
7. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика. Издание 5. М. «Наука». 1991.

Отримано 25.07.2022,
в остаточному варіанті 10.10.2022