

О. Д. ІГНАТЬЄВ, Н. С. ПРЯДКО, Г. О. СТРЕЛЬНИКОВ, К. В. ТЕРНОВА

ТЕЧІЯ ГАЗУ В УКОРОЧЕНОМУ СОПЛІ ЛАВАЛЮ З ДЗВОНОПОДІБНИМ НАСАДКОМ*Інститут технічної механіки**Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,
вул. Лешко-Попеля, 15, Дніпро, Україна, 49005; e-mail: pr-2006@ukr.net*

Досліджується потік у вкороченому надзвуковому соплі Лавалю з дзвоноподібним насадком («дзвоном»). Така конфігурація сопла може використовуватися при створенні щільних компоновок багатоступінчастих ракет малої довжини з підвищеними енергомасовими характеристиками. Подібні види сопел розроблені в Інституті технічної механіки НАН та НКА України (ІТМ) у 90-х роках минулого сторіччя. З використанням наближених методів було проведено розрахункові дослідження параметрів різних видів укорочених сопел, виготовлені моделі таких сопел. Проведено продування холодним повітрям деяких моделей з вимірюванням їх характеристик. Отримано тіньові картини течії газу за соплом, сажемасяні картини ліній струму на стінці сопла. Ці результати були використані під час постановки цієї роботи.

У представленій роботі проводиться чисельне дослідження з використанням пакета «ANSYS» течії газу в укороченому соплі Лавалю зі сферичним насадком. Для цієї конфігурації сопла було проведено продування моделі холодним повітрям. Результати розрахунків верифіковані шляхом порівняння розподілу швидкостей в газовому потоці за його зрізом з експериментальними тіньовими картинами. Додатковим підтвердженням коректності отриманих результатів було порівняння течії за профільованим лінією струму соплом Лавалю з докладно дослідженою структурою течії недорозширеного потоку за зрізом сопла в першій «бочці» (до диска Маха). При постановці завдання в обох випадках вибиралися однакові вихідні дані та початкові умови, що дають найкращі (в сенсі верифікування) результати.

Дослідження течії в укороченому надзвуковому соплі показали наступне. За кутовою вихідною точкою укороченої ділянки сопла Лавалю з переходом потоку газу у «дзвін» спостерігається відрив потоку. Відрив зберігається при збільшенні тиску перед соплом аж до деякої критичної (для даного типу насадка) величини ступеня нерозрахунковості, після якого з подальшим збільшенням ступеня нерозрахунковості потік приєднується до стінки насадка, залишаючись приєднаним з подальшим збільшенням тиску перед соплом. Імпульсна характеристика укороченого сопла з дзвоновим насадком нижче значення для сопла Лавалю, спрофільованого по лінії струму того ж геометричного ступеня розширення.

Ключові слова: *Сопло Лавалю, вкорочене сопло, дзвоноподібний насадок, структура потоку.*

1. США, НИР по интегрированной ступени ракеты ISC / Ракетная техника и космонавтика: Экспресс-информация. 1987, Сер. 1. № 19/20. С. 2–10.
2. Sergio Pérez-Roca, Julien Marzat, Hélène Piet Lahanier, Nicolas Langlois, François Farago A survey of automatic control methods for liquid-propellant rocket engines. Progress in Aerospace Sciences, 2019. Volume 107, May Pp. 63–84. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2019.03.002>
3. Коваленко Н. Д., Стрельников Г. А., Гора, Ю. В. Гребенюк Л. З. Газодинамика сверхзвуковых укороченных сопел. Изд «Наукова думка», 1993. 223 с.
4. Стрельников Г. А. Регулируемые сверхзвуковые сопла малой длины. Днепропетровск: изд. ДГУ, 1993. 191 с.
5. K. N. Volkov, V. N. Emel'yanov, and P. S. Chernyshov FLOW DYNAMICS AND ACOUSTICS OF THE GAS JET EMANATING FROM A CONICAL NOZZLE INTO AN IMMERSED SPACE / Journal of Engineering Physics and Thermophysics, Vol. 95, No. 2, March, 2022, Pp. 409–420 <https://doi.org/10.1007/s10891-022-02495-x>
6. Yu V Kaun, N A Brykov and M V Chernyshov Numerical simulation of gas flow in nozzle channels with a central body. APITECH III 2021 Journal of Physics: Conference Series, 2094 (2021) 042083, IOP Publishing, Pp. 1–6. doi:10.1088/1742-6596/2094/4/042083 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2094/4/042083>
7. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика. Издание 5. Издательство «Наука». М. 1991.

Отримано 31.05.2022,
в остаточному варіанті 27.06.2022