

РІШЕННЯ
разової спеціалізованої вченої ради про присудження ступеня доктора
філософії

Здобувач ступеня доктора філософії Іван Дубровський, 1997 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2020 році Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, виконав акредитовану освітньо-наукову програму «Авіаційна та ракетно-космічна техніка».

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, м. Дніпро від «01» квітня 2024 року № 323с у складі:

Голова разової ради - Сергій Давидов, доктор технічних наук, професор, професор кафедри ракетно-космічних та інноваційних технологій, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара.

Рецензенти - Володимир Ліповський, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри ракетно-космічних та інноваційних технологій, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара;

Олександр Золотько, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри двигунобудування, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара.

Офіційні опоненти - Геннадій Стрельников, доктор технічних наук, професор, в.о. завідувача відділу термогазодинаміки енергетичних установок Інституту технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України;

Сергій Алексеєнко, доктор технічних наук, професор, професор кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».

На засіданні «13» червня 2024 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія Івану Дубровському на підставі публічного захисту дисертації «Розробка економічної методики проектування надзвукової частини камери рідинного ракетного двигуна методами обчислювального моделювання» за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Дисертацію виконано у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, м. Дніпро.

Науковий керівник – Валерій Бучарський, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри двигунобудування Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису.

Здобувач має 10 наукових публікацій за темою дисертації, з них 2 статті у науковому журналі, що входить до наукометричної бази даних Scopus, 3 – у наукових фахових виданнях України категорії «Б», 4 – тез доповідей міжнародних наукових конференцій, 1 – тез доповідей Всеукраїнської конференції, зокрема:

1. Dubrovskiy I., Bucharskiy, V. Development of a method of extended cells for the formulation of boundary conditions in numerical integration of gas dynamics equations in the domains of a curvilinear shape. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 5, no. 7(107). P. 74–82. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.213795>.
2. Dubrovskiy I., Bucharskiy V. Devising a method to design supersonic nozzles of rocket engines by using numerical analysis methods. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 6, no. 1(126). P. 61–67. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290583>
3. Дубровский И. Д., Бучарский В. Л. Метод постановки граничных условий при численном решении задач газодинамики в областях сложной формы. *System Design and Analysis of Aerospace Technique Characteristics*. 2022. Т. 27, № 2. С. 27–34. URL: <https://doi.org/10.15421/471920>
4. Dubrovskiy I., Bucharskiy V. The application of the extended cells method to simulate the flow of combustion gases in the lpre chamber. *Journal of Rocket-Space Technology*. 2023. Vol. 31, no. 4. P. 32–39. URL: <https://doi.org/10.15421/452305>
5. Дубровський І. Д. Результати проектування надзвукового сопла з подвійним розширенням для рідинного ракетного двигуна першого ступеня методами обчислювального аналізу. *Aerospace Technic and Technology*. 2023. № 6. С. 14–21. URL: <https://doi.org/10.32620/aktt.2023.6.02>
6. Дубровский И. Д., Бучарский В. Л. Метод постановки граничных условий при численном решении задач газодинамики в областях сложной формы. XXI Міжнародна молодіжна науково-практична конференція «Людина і Космос»: Збірник тез., м. Дніпро, 10–12 квітня 2019 р. / Нац. центр аерокосмічної освіти молоді ім. О. М. Макарова. Дніпро, 2019. С. 130.
7. Дубровський І. Д., Бучарський В. Л. Моделирование процессов в камере ракетного двигателя на жидком топливе в невязкой постановке. 6-а Міжнародна науково-практична конференція «International forum: Problems and scientific solutions», м. Мельбурн, 6–8 листопада 2020 р. / CSIRO Publishing House. Мельбурн, 2020. С. 708–712.
8. Дубровський І. Д., Бучарський В. Л. Вплив граничних умов на виході з розрахункової області на результати чисельного моделювання течії продуктів згоряння у

камері РРД. XXIV Міжнародна молодіжна науково-практична конференція «Людина і Космос»: Збірка тез., м. Дніпро, 25–27 травня 2022 р. / Нац. центр аерокосмічної освіти молоді ім. О. М. Макарова. Дніпро, 2022. С. 98.

9. Дубровський І. Д., Бучарський В. Л. Використання методу розширених об'ємів для чисельного моделювання надзвукової течії газу в областях з різною геометрією. XXV Міжнародна молодіжна науково-практична конференція «Людина і Космос»: Збірник тез., м. Дніпро, 12–14 квітня 2023 р. / Нац. центр аерокосмічної освіти молоді ім. О. М. Макарова. Дніпро, 2023. С. 144–145.

10. Dubrovskiy I., Bucharskiy V. Statement of the problem of designing a liquid rocket engine dual bell nozzle of the maximum thrust using the direct method of the calculus of variations. Challenges and issues of modern science: All-Ukrainian Scientific and Practical Conference materials. Dnipro, 31 May 2023 / Oles Honchar Dnipro National University. Dnipro, 2023. P. 22–28.

У дискусії взяли участь голова, рецензенти, офіційні опоненти, інші присутні) та висловили зауваження:

Давидов С. О., доктор технічних наук, професор (Дніпровський національний університет імені Олеса Гончара, професор кафедри ракетно-космічних та інноваційних технологій). Зауважень немає.

Стрельников Г. О., доктор технічних наук, професор (в.о. завідувача відділу термогазодинаміки енергетичних установок Інституту технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України). У роботі виявлено деякі недоліки:

1. Використана модель нев'язкого газу справді знижує обчислювальні труднощі для опису газодинамічних процесів у надзвуковому соплі. Однак, облік в'язкості важливий для розрахунку течії в багатосекційному соплі, що працює в умовах змінного тиску навколишнього середовища. Це пов'язано з явищем можливого відриву прикордонного шару за кутовою точкою на вході до наступної секції сопла при тиску доквілля, більшому ніж тиск на розрахунковому режимі течії у попередній секції. Зазначене змінює імпульс сопла і повинно враховуватися у методичних розробках автора. Мабуть вказане явище можна врахувати завданням певних значень (відмінними від нуля) коефіцієнтами у виразі (3.4 на сторінці 82).
2. При розв'язанні задачі визначення оптимального контуру надзвукової частини сопла на мою думку слід вирішувати задачу мінімізації для цільової функції (3.7 на сторінці 83), яка включала б два параметри – імпульс і масу сопла. В такому випадку при виборі оптимального сопла із імпульсом враховується також площа і маса сопла.

3. Відповідно до мети та змісту роботи видається, що назва дисертації має бути сформульована таким чином: «Розробка метода чисельного моделювання щодо проектування нових форм круглих надзвукових сопел».

4. За текстом дисертації присутні окремі неточності формулювань та помилки:

- Так на сторінці 3 (3 рядок знизу) у реченні «...розробці ефективної обчислювальної моделі, яка може бути використана для чисельного моделювання процесу течії продуктів згоряння всередині камери рідинного ракетного двигуна» більш коректною (за змістом роботи) було б формулювання «...розробці ефективної обчислювальної моделі, яка може бути використана для чисельного моделювання процесу течії продуктів згоряння у надзвуковому круглому соплі рідинного ракетного двигуна».
- На сторінці 3 (7 рядок знизу) у тексті «...необхідність розробки більш ефективного методу інтегрування скінченних об'ємів на границі розрахункової області» мабуть мається на увазі «інтегрування рівнянь у скінченних об'ємах».
- Найчастіше відсутність позначень чи розмірності шкал на графіках ускладнює роботу із ними. Іноді у таблицях (наприклад, таб. 2.1, 2.2, 2.3) та шкалах графіків (наприклад, рис. 2.7, 2.12 – 2.14, 3.4, 4.6) відсутні розмірності параметрів.
- У формулі (2.3) відсутні s (ентропія) та H (ентальпія), наведені в позначеннях.
- У формулі (3.3) межі інтеграла r_0 і r_N у розшифровках (позначеннях) представлені як r_1 та r_2 .
- У підрисунковому підписі малюнку 1.4 (ст. 33) посилання (а) та (б) треба поміняти місцями.
- По всій видимості, у таблиці 2.5 параметр $l = 0.2380$ має бути $l = 2.380$.
- До ключових слів роботи доцільно додати «багатосекційні сопла».

Алексєєнко С. В., доктор технічних наук, професор (Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», професор кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства). Щодо виявлених недоліків і запропонованих побажань:

1. Нажаль, в тексті дисертаційної роботи присутні деякі друкарські помилки та неточності при оформленні.
2. При формулюванні практичного значення одержаних результатів автор недостатньо точно дотримувався прийнятих правил, а саме – недостатньо чітко сформулював рекомендації щодо практичного використання результатів роботи, недостатньо висвітлив їх практичну цінність та ступінь готовності до використання.

3. Твердження, що «багатосекційне сопло у будь-який момент часу працює на розрахунковому режимі» (стор. 81) не є правильним, більш коректним було б використати формулювання «працює в режимі, наближеному до розрахункового».
4. На мій погляд, в четвертому розділі для більш переконливої демонстрації ефективності потенційного використання в рідинних ракетних двигунах багатосекційних сопел, слід було обрати приклад із більшою кількістю секцій, ніж дві.

Ліповський В. І., кандидат фізико-математичних наук, доцент (Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, доцент кафедри ракетно-космічних та інноваційних технологій). Дисертаційна робота Дубровського І.Д. представляє собою комплексне ґрунтовне науково-практичне дослідження, проте, в ході уважного ознайомлення з роботою, були виявлені певні недоліки і виникли деякі зауваження:

1. Слід зазначити, для верифікації запропонованого автором методу для двовірних задач більш доцільнішим було б використання експериментального відомо дослідження, а не інший чисельний метод реалізований в пакеті Ansys Fluent. Такі роботи є, наприклад, експериментальне дослідження приведене в звіті NASA: Goodwin G., Creager M. O., Wincler E. L. Investigation of Local Heat-Transfer and Pressure Drag Characteristics of a Yawed Circular Cylinder at Supersonic Speeds // NACA RM A55H31, 1956. – 45 p.
2. Для вирішення оптимізаційної задачі не зрозуміло з чим пов'язано використання для задання профілю камери кусочну поліноміальну апроксимацію з точками розриву першої похідної на межах апроксимацій без прив'язки до значення цього скачка на межі секцій. Якщо кожна секція створює максимально можливе значення тяги, то такий скачок залежить від більш ефективного розширення газу на секції профіля, тому використання цього параметра є доцільним.
3. При верифікації запропонованого методу проектування багатосекційного сопла на базі контуру сопла двигуна прототипу – РД-107 не зрозуміло як в безрозмірній формі визначалася верхня та нижня межа параметрів оптимізації, а саме «з яких конструктивних міркувань та специфіки умов роботи двигуна вони вибиралися».

Золотько О. Є., кандидат технічних наук, доцент (Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, доцент кафедри двигунобудування). Дисертаційна робота написана грамотно, стиль викладання науковий, думки автора висловлені чітко і послідовно. Разом з тим до роботи можна висловити окремі зауваження та запитання:

1. Точність визначення величини тяги за наявністю стрибка ущільнення у соплі може виявитися недостатньою. У такому випадку необхідно застосовувати інші методики оцінки сили тяги за більш точними моделями або емпіричні співвідношення.
2. З аналізу рис. 4.5 витікає, що при визначенні максимальної тяги використання у якості конструктивного обмеження тільки довжини сопла є недостатнім. Доцільним є застосування додаткових параметрів, таких, як габаритні розміри, маса сопла і т. ін.
3. Вибір координати точки зламу двоконтурного сопла є недостатньо обґрунтованим.

Усі члени разової спеціалізованої ради погоджуються, що зазначені ними зауваження не впливають на загальне гарне враження від дисертаційної роботи і не знижують її високої оцінки.

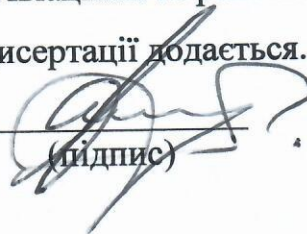
Результати відкритого голосування:

"За" 5 членів ради,
"Проти" 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Івану Дубровському ступінь доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої
вченої ради


(підпис)

Сергій ДАВИДОВ

