УДК 656.2.013: [504.6:519.87]
DOI:10.62717/3083-7057-2026-1-013

Семененко П.В.,
ДП "Конструкторське бюро "Південне" ім. М.К. Янгеля"
ORCID ID: 0000-0003-0447-5591
E-mail: semenenkopv1981@gmail.com

Біляєв М.М.,
Український державний університет науки і технологій
ORCID ID: 0000-0002-1531-7882
E -mail: biliaiev.m@gmail.com

Заверуха В.В.,
ДП "Конструкторське бюро "Південне" ім. М.К. Янгеля"
ORCID ID: 0009-0007-9805-2405
E-mail: Vladzaver75@gmail.com

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ У ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ЗА НАЯВНОСТІ СПЕЦІАЛЬНИХ КОЖУХІВ

Анотація. На стаціонарному етапі експлуатації транспортного засобу виникає нагальна необхідність дотримуватися суворих умов щодо корисного вантажа. Надзвичайно важливо прогнозувати температурне поле в всередині повітряного відсіку транспортному засобу під час його примусової вентиляції. Запропоновано використання спеціального кожуха в повітряному відсіку для забезпечення необхідного теплового режиму поблизу корисного вантажа.
Ключові слова: повітряний відсік, температурне поле, стаціонарний режим, теплові поля.

P. Semenenko,
Yuzhnoye State Design Office
ORCID ID: 0000-0003-0447-5591
E-mail:semenenkopv1981@gmail.com

M. Biliaiev,
Ukrainian State University of Science and technologies
ORCID ID: 0000-0002-1531-7882
E -mail:biliaiev.m@gmail.com

V. Zaverukha,
Yuzhnoye State Design Office
ORCID ID: 0009-0007-9805-2405
E-mail:Vladzaver75@gmail.com

MATHEMATICAL MODELING OF THERMAL PROCESSES IN THE AIRSPACE OF A TRANSPORT VEHICLE IN THE PRESENCE OF SPECIAL COVERS

Annotation. During stationary operation of a vehicle, there is an urgent need to comply with strict conditions regarding the payload. It is extremely important to predict the temperature field inside the air compartment of the vehicle during forced ventilation. The use of a special cover in the air compartment is proposed to ensure the necessary thermal regime near the payload.
Keywords: air compartment, temperature field, steady state, thermal fields.

Усередині повітряного об'єму утворюється певний термічний режим для корисного навантаження. Не завжди є можливість підтримки необхідного режиму, збільшуючи або зменшуючи подачу підготовленого повітря в місце розташування корисного навантаження. Використання спеціального кожуха всередині повітряного об'єму дозволяє змінити в ньому тепловий режим і захистити особливі поверхні корисного навантаження від перегріву.

Вивчення процесів примусової конвекції в повітряних обсягах транспортних засобів досі є актуальною проблемою. Так, в роботі [1] вивчається процес примусової конвекції в прямокутному корпусі з постійним джерелом тепла. Дослідження проводилися з використанням комерційного програмного забезпечення Fluent©. У роботі [2] проводиться експериментальне дослідження з моделюванням примусової конвекції. У дослідженні викладено класичний варіант дослідження – нагрівання і охолодження мідної пластини. Метою експериментального дослідження стало вивчення характерного часу охолодження в залежності від середньої швидкості потоку повітря. Однак, ця робота не вивчає взаємодію газодинамічних вихорів і застійних зон, які істотно впливають на час охолодження або нагрівання поверхні. У статті [3] було змодельовано замкнутий об'єм з нагрівальним елементом всередині. Проводилося примусове вентилювання з метою оцінки впливу швидкості повітря на теплопередачу. Експеримент проводили для різного співвідношення сторін корпусу при постійній потужності джерела тепла. У роботі [4] пропонується новий тип системи повітряного охолодження з малими розмірами і гнучкою компоновкою, а саме мікроповітроводи з вентиляційними отворами розміром з точковий отвір. Чисельне моделювання за допомогою програмного забезпечення ANSYS Fluent CFD системи повітряного охолодження. У статті [5] отримано поля температур і поля швидкостей в повітряному обсязі головного обтічника з урахуванням розміщення в ньому космічного апарата. Для цього проведено моделювання процесу примусової вентиляції в середовищі ANSYS CFD. Запропоновано ряд заходів з безпеки, зокрема регулювання повітряного інтерфейсу кондиціонування всередині перегородки обтічника.

Отже, можна зробити висновок про актуальність досліджень тепломасообмінних процесів як самих по собі [2], так і щодо практичних завдань [1, 3-5]. Однак існуючі методи моделювання, в більшій своїй частині, засновані на чисельному вирішенні фундаментальних рівнянь механіки суцільних середовищ за допомогою методу кінцевих об'ємів або експериментальних дослідженнях. Існує потреба у формуванні альтернативних методів розрахунків, заснованих, наприклад, на чисельному інтегруванні моделюючих рівнянь енергії та аеродинаміки методом кінцевих різниць.

У роботі запропоновано кілька варіантів спеціальних кожухів, а саме:

– один спеціальний кожух, який закриває собою повністю два тандемно розташованих супутника;

– два спеціальних кожухи, кожен з яких розташований так, щоб «затінювати» тільки навпроти розташований супутник;

У роботі розглянуто кілька найбільш ймовірних сценаріїв, коли температура корпусу повітряного об'єму становить +40 °C і повітряне середовище всередині корпусу нагрівається. Моделювалася подача повітря в повітряний об'єм транспортного засобу, з примусовою подачею повітря при різних температурах.

Бібліографічні посилання

1. M.T. Pamuk. Numericalsimulationofforcedconvectioninanenclosure. JP JournalofHeatandMassTransfer. Volume 18, Issue 1, Pages 133 - 144 (October 2019). http://dx.doi.org/10.17654/HM018010133 https://www.researchgate.net/publication/296808952_Numerical_simulation_of_forced_convection_heat_transfer_of_air_in_a_porous_plate_channel
2. M. Dutra. Coolingofanobjetctbyforcedconvection. M. Dutra, M. Monteiro, A. C. Marti. Physics Education. Submittedon 12 Apr 2024 (v1), lastrevised 15 Apr 2024 (thisversion, v2). https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.08587. https://arxiv.org/abs/2404.08587
3. A. Riaz. ConvectionHeatTransferfromHeatedThinCylindersInside a VentilatedEnclosure A. Riaz. A. Ibrahim. M. SohailBashir. M. Abdullah. A. Shah. A. Quddus. Semiconductor Scienceand Information Devices. Volume 04. Issue 02. October 2022. https://doi.org/10.30564/ssid.v4i2.4719 https://www.researchgate.net/publication/362035995_Convection_Heat_Transfer_from_Heated_Thin_Cylinders_Inside_a_Ventilated_Enclosure
4. Yuan-Yuan, Lou. 2020. Numerical simulation of the air coolings ystem for scientific payload rackon a spacestation. Energies, Vol. 13(22): 401-410 https://www.researchgate.net/publication/347120501_Numerical_Simulation_of_the_Air_Cooling_System_for_Scientific_Payload_Rack_on_a_Space_Station

5. 5. Zhang Junxin. Wang Yuchao Strategy for Enhancing Fairing Air Conditioning Security Capacity in the On-Time Launch of Chinese Mars-1 Exploration. ZhangJunxin, ZhongWenan, WuZhongye, XuLaping, LiGang, ZhangChuang, ZhangXiaojie. Journal of Physics: ConferenceSeries 2006 (2021) 012060. doi:10.1088/1742-6596/2006/1/012060
6. https://www.researchgate.net/publication/354108298_Strategy_for_Enhancing_Fairing_Air_Conditioning_Security_Capacity_in_the_On-Time_Launch_of_Chinese_Mars-1_Exploration