

- механізм Г.С.Столяренка більш точно і повно описує процес руйнування озону в одних розчинах. І тому може бути використаний для подальшого дослідження процесів абсорбційного очищення газових потоків;
- найбільше очищення як при проведенні дослідів, так і при проведенні математичного моделювання спостерігалось при $pH=11,67$, а найменше при $pH=6,7$ (дистильована вода).

Список використаних джерел

1. S. D. Razumovsky Kinetics and mechanism of interaction between ozone and rubbers. Materials science and engineering. Toronto, New Jerseyv.2, 2014, 116-132
2. Столяренко Г. С. Озоно-радикальні процеси в технології денітрифікації газових потоків/ М-во освіти і науки України, Черкас. державн. технол. у-т. – Черкаси,Вертикаль, 2021. –228с.
3. Столяренко Г. С. Редокс-системи синтеза та використання кісневмістних радикалів/ М-во освіти і науки України, Черкас. державн. технол. у-т. – Черкаси, Вертикаль, 2023. – 600с.
4. Viazovyk V. Model of gas-liquid injector for the ozone-based synthesis process of oxygen-containing radicals. Collection of Scientific Papers 3 rd International Scientific and Practical Conference «Global Trends in Science, Technology and Economy» September 17-19, 2025. Graz, Austria. P.273-278.

DOI 10.70286/ISU-22.10.2025.011

МОДЕЛЮВАННЯ МІКРОКЛІМАТА У ПОВТРЯНОМУ ПРОСТОРІ ГОЛОВНОГО ОБТІЧНИКА РАКЕТИ-НОСІЯ

Біляєв Миколай Миколайовіч

докт. техн. наук, проф.,
завідуючий кафедри «Гідравліка, водопостачання та фізика»
Український державний університет науки і технологій

Семененко Павло Володимирович

канд. техн. наук., старший науковий співробітник
Державне підприємство «конструкторське бюро «Південне»
ім. М. К. Янгеля
Україна

Забезпечення певних умов у головному обтічнику ракети-носія для розміщення космічного апарата є сучасними актуальними вимогами. Для забезпечення умов безпечного перебування космічного апарата потрібно постійне термостатування повітрям головного обтічника [1–4]. Серед систем та елементів космічного апарата виділяють наступні чутливі елементи: сонячні

батареї, оптичні інструменти, рефлектори передавачів сигналів та чутливі сенсорні елементи. До вимог які визначають параметри мікроклімату при тривалій вентиляції відносять:

- недопущення забруднення пилом чутливих поверхонь космічного апарата. Навіть окремих пилинок якщо мова йде про невеликі поверхні сенсорів;
- дотримання температурного режиму окремих поверхонь. Особливо це стосується приборів що виділяють тепло в замкнутому об'ємі головного обтічника. Також тепло яке може поступати від стінок головного обтічника теж не повинно впливати на космічний апарат;
- забезпечення певної швидкості повітря навколо чутливих елементів космічного апарата. При цьому космічний апарат може мати складну геометричну форму;
- суворі вимоги до вологості повітря. В деяких випадках річ йде про інертний газ азот. Тобто цей газ максимально чистий та сухий так як він зберігається у балонах високого тиску.

До вимог по забезпеченню мікроклімату надходять ще багато параметрів, але вони не мають відношення до процесів тепломасопереноса.

Раніше вітчизняні вчені В. І. Тимошенко, В. М. Сіренко та інші ще в наприкінці другого тисячоліття досліджували питання безпечного перебування космічного апарата в об'ємі головного обтічника [5].

В цьому науковому матеріалі надається увага прогнозування рівня пилового забруднення супутника всередині головного обтічника під час його примусової вентиляції. Особливо важливим можна вважати визначення зон, де може бути небезпечне накопичення пилу.

Проведення експерименту, до інтеграції космічного апарату з ракетоносієм, як правило неможливо. Коли супутник вже встановлено це не дозволяє «втручання» в середину обтічника (внесення якісь додаткових детекторів, вимірювальної апаратури тощо). При використанні математичні моделі [6, 7] можливо знайти оціночні рішення цієї задачі. Тому, створення науково обґрунтованих математичних моделей для прогнозування пилового режиму всередині обтічника є важливою прикладною задачею.

Для прогнозування пилового режиму головного обтічника ракети-носія розроблена чисельна модель. Моделюючи рівняння:

- рівняння масопереносу пилу (враховує перенос пилу за рахунок конвекції, дифузії та гравітаційного осадження);
- рівняння для потенціалу швидкості (визначення поля швидкості повітряного потоку при обтіканні супутника в головному обтічнику);
- емпіричні залежності, що допомагають визначити інтенсивність осадження пилу на поверхню супутника.

Отримані результати чисельних експериментів, які були проведені з використанням розроблених чисельних моделей, для двох сценаріїв. Обчислювальні експерименти проводилися для супутників всередині головного обтічника ракети-носія CYCLONE-IV. Розглянуто два випадки, коли супутник, що розташований всередині обтічника, має складну геометричну форму. Розміри

головного обтічника цієї ракети-носія становили $4,99\text{м} \times 4\text{м}$ (двовимірна модель). На верхній межі розрахункової області задавався рівномірний потік повітря зі швидкістю 2м/с . Діаметр частинок пилу, які потрапляють в основний обтічник, становив 7мкм . Концентрація пилу в потоці повітря, який використовувався для примусової вентиляції, становила 2000 частинок/м^3 .

Результати чисельного експерименту показують, що геометрична форма супутника суттєво впливає на розподіл пилу всередині головного обтічника. Зона інтенсивного пилового забруднення, для обох сценаріїв, формується у верхній частині супутника, тобто біля отвору крізь який потрапляє повітря всередину обтічника. Це обумовлено різким гальмуванням повітряного потоку коли він взаємодіє зі супутником.

Науковою новизною можна вважати розроблену багатофакторну чисельну модель для аналізу пилового забруднення обтічника при примусовій його вентиляції на етапі термостатування. Модель дає можливість здійснювати рішення задачі газової динаміки та масопереносу в областях, що мають складну геометричну форму. Для чисельного інтегрування моделюючих рівнянь використані кінцево-різницевої схеми.

Розроблено швидкодіючу чисельну модель для прогнозування пилового забруднення головного обтічника ракети-носія під час його примусової вентиляції. Запропонована чисельна модель дозволяє врахувати основні фізичні фактори, які впливають на розподіл пилу в головному обтічнику під час примусової вентиляції. Розроблена комп'ютерна програма дозволяє проводити обчислювальні розрахунки за короткий час. Ця комп'ютерна програма може бути використана для первинної оцінки пилового режиму в головному обтічнику на етапі його примусової вентиляції.

Список використаних джерел

1. Francisco, J. T. Вентиляція відсіків - Критерії проектування космічних апаратів. NASA-SP-8060. 1970, 31 р. Доступно за посиланням: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19710018690>
2. Посібник користувача Falcon. Space Exploration Technologies Corp. Доступно за посиланням: <https://cutt.ly/WettMMly>
3. Кашанов, А.Е., Дегтярьов, А.В., Гладкий, Е.Г., Баранов, Є.Ю. Оцінка технічних ризиків при пуску ракети-носія "Дніпро", Авіаційно-космічна техніка і технологія 5 (92), 2012. – С. 113-117.
4. Посібник користувача ракети-носія Ariane 5. 2016. Доступно за посиланням: https://www.arianespace.com/wp-content/uploads/2011/07/Ariane5_Users-Manual_October2016.pdf.
5. Timoshenko, V. I, Agarkov, A. V, Moshnenko, Ju. I, Sirenko, V. N, Knyshenko, Ju. V, Ljashenko, Ju. G. (1999). Problemy termostatirovaniya i obespecheniya sohrannosti kosmicheskogo apparata v period predstartovoj podgotovki i pri vyvedenii na orbitu. Kosmichna nauka i tehnologija, 5, 5/6, 56-64.
6. Біляєв, М., Біляєва, В., Русакова, Т., Козачина, В.А., Берлов, О., Семененко, П., Козачина, В.В., Бразалук, І., Клим, В., Татарко, Л. Розробка методу оцінки

запиленості повітря в головному обтічнику ракети-носія, Східно-Європейський журнал передових технологій 5/1(119), 2022. – С. 17-25. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.266013

7. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде [Текст] / М. З. Згуровский, В. В. Скопецкий, В. К. Хрущ, Н. Н. Беляев. – К. : Наук.думка, 1997. – 368 с.

DOI 10.70286/ISU-22.10.2025.012

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПИЛОВОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ В РОБОЧИХ ЗОНАХ

Біляєв Миколай Миколайовіч

докт. техн. наук, проф.,
завідуючий кафедри «Гідравліка, водопостачання та фізика»
Український державний університет науки і технологій

Козачина Віталій Анатолійович

кандидат технічних наук, доцент
Кафедра «Гідравліка, водопостачання та фізика»
Український державний університет науки і технологій

Кіріченко Павло Сергійович

кандидат технічних наук, доцент
Кафедра «теплогазоводопостачання,
водовідведення і вентиляції»
Криворізький національний університет
Україна

Відомо, що пилове та хімічне забруднення повітря в робочих зонах є особливо негативним явищем на підприємствах та транспорті [1 -3]. Інтенсивне пилове забруднення виникає на промислових майданчиках, де розташовані штабелі вугілля, здійснюється завантаження або розвантаження різних сипучих вантажів. Хімічне забруднення виникає при викидах з промислових труб, роботі автотранспорту тощо.

Зниження рівня пилового або хімічного забруднення повітря в робочих зонах є важливою задачею в галузі охорони праці та екологічної безпеки. Поширеним засобом зменшення пилового забруднення повітря є подача води в пилову хмару. Такий засіб подавлення пилу використовується поширенням на промислових майданчиках. Але для раціонального пилоподавлення потрібно знати закономірності взаємодії «крапля води + пил». Таке знання дає можливість науково обґрунтовано створити подачу води на поверхню, де має місце пилоутворення.