

А. Г. БОРИСЕНКО, Л. І. КНИШ

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В КАНАЛІ З НАНОРІДИНОЮ ПРИ ЙОГО НЕРІВНОМІРНОМУ НАГРІВІ КОНЦЕНТРОВАНИМ ТЕПЛОВИМ ПОТОКОМ

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
пр. Гагаріна, 72, 49000, Дніпро, Україна; e-mail: lknysh@ukr.net, andrewb1456@gmail.com

За мету в роботі поставлено визначення доцільності використання в якості теплоносія параболоциліндричної сонячної станції нанорідини – спеціальної суспензії, що містить частинки нанометрового розміру. Додавання наночастинок в базовий теплоносій дозволяє інтенсифікувати конвективний теплообмін усередині каналу, що підвищує загальну теплову ефективність системи прийому. Для дослідження тепломасопереносу в системі прийому параболоциліндричної станції, яка складається з концентратора та трубчатого теплоприймального каналу з нанорідиною, було розроблено уточнену нелінійну 3D математичну модель процесу. В представлений математичній моделі значення нерівномірного теплового потоку на поверхні трубчатого теплоприймача знайдено шляхом апроксимації числових даних, отриманих методом статистичних випробувань Монте-Карло. Це дозволило спростити класичну спряжену детерміновано-статистичну математичну модель та перейти до повністю детермінованої моделі, що була розв'язана методом контрольних об'ємів. В розробленій моделі додатково врахована теплопровідність стінки теплоприймального каналу, реальні умови навколишнього середовища, теплові втрати з поверхні теплоприймача. Створено числовий алгоритм, на основі якого проведені числові параметричні дослідження по визначенню температурних полів нанорідинного теплоносія Syltherm800/Al₂O₃. Така нанорідина виготовлена на основі класичного теплоносія параболоциліндричних сонячних станцій – силіконової олії Syltherm800 з додаванням до неї наночастинок оксиду алюмінію. Числові дослідження проведені як з чистою олією Syltherm800, так і з відповідною нанорідиною Syltherm800/Al₂O₃, концентрація наночастинок Al₂O₃ в якій становить 3 %, 5 % та 8 %. Вперше визначено, що позитивний ефект від використання нанорідини в якості теплоносія параболоциліндричної сонячної станції спостерігається тільки при ламінарному русі нанорідинного теплоносія з високою концентрацією наночастинок. Верифікація отриманих числових даних, що проведена шляхом порівняння з даними натурних експериментів, показала задовільний збіг результатів.

Ключові слова: математична модель, параболоциліндрична сонячна станція, теплоносій, нанорідина, числове дослідження.

1. Борисенко А. Г., Книш Л. І. Моделирование теплообмена в солнечных термодинамических системах с наноридиной в качестве теплоносителя. Сборник научных работ «Питання прикладної математики і математичного моделювання». Дніпро, 2021. Вип. 21. С. 16–25.
2. Mwesigye A., Huan Z., Meyer Josua P. Thermal performance and entropy generation analysis of a high concentration ratio parabolic trough solar collector with Cu-Therminol® VP-1 nanofluid. Energy Conversion and Management. 2016. Vol. 120. P. 449–465. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.04.106>
3. Mwesigye A., Huan Z., Meyer Josua P. Thermodynamic optimization of the performance of a parabolic trough receiver using synthetic oil–Al₂O₃ nanofluid. Applied Energy. 2015. Vol.156. P. 398–412. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.07.035>
4. Книш Л. І. Експериментальні дослідження в'язкості теплоносіїв нових типів для сонячних термодинамічних систем. Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті: зб. тез міжнар. наук.-практ. конф. м. Київ, 14–15 травня 2020р. Київ, 2020. С. 355–358.
5. Hachicha A. A., Said Z., Rahman S. M. A., Al-Sarairah E. On the thermal and thermodynamic analysis of parabolic trough collector technology using industrial-grade MWCNT based nanofluid. Renewable Energy. 2020. Vol.161. P. 1303–1317. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.096>
6. Книш Л. И. Численное моделирование лучистого теплопереноса в системе концентрации солнечного излучения «параболоцилиндрический концентратор – трубчатый теплоприёмник». Відновлювана енергетика. 2012. Т.30, №3. С. 26–32.
7. Knysh L. Comprehensive mathematical model and efficient numerical analysis of the design parameters of the parabolic trough receiver. International Journal of Thermal Sciences. 2021. Vol. 162. 106777. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2020.106777>
8. Dudley V., Kolb G., Sloan M., D. Kearney D. SEGS LS2 Solar Collector Test Results”. Report of Sandia National Laboratories. USA. 1994. 140 p. <https://doi.org/10.2172/70756>
9. Knysh L. Consideration of the impact of the environmental conditions when designing heat-receiving systems of the solar cylindrical parabolic modules. Applied Solar Energy. 2018. Vol. 54. P. 189–195. <https://doi.org/10.3103/S0003701X18030076>
10. Демидович Б. П., Марон И. А. Основы вычислительной математики. 2011. 672 с.
11. Draper N., Smith H. Applied Regression Analysis. Wiley, 2014. 1533 p.
12. Patankar S. V. Numerical heat transfer & fluid flow. Taulor & Francis, 1984. 214 p.
13. Burden R. L., Faires J. D. Numerical Analysis. Boston: BROOKS/COLE, 2010. 895 p.

Отримано 13.06.2022,
в остаточному варіанті 06.09.2022