

УДК 62-71

Кобець М.В. студент спеціальності 133 Галузеве машинобудування
Науковий керівник: Заболотний К.С., д.т.н., професор кафедри ІДМБ; **Шкут А.П.,**
Ph.D., доцент кафедри ІДМБ
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОХОЛОДЖЕННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ

У сучасному машинобудуванні проблема ефективного охолодження механізмів є однією з ключових для забезпечення їхньої надійної та довговічної роботи. Перегрів може призвести до зміни фізико-механічних властивостей матеріалів, передчасного зношення деталей та навіть повного виходу з ладу механізму. Це зумовлює необхідність розробки ефективних систем охолодження, які здатні зменшити температурні навантаження на механізми та підвищити їхню продуктивність.

Серед основних методів охолодження механізмів можна виділити повітряне, рідинне, використання теплопровідних матеріалів, криогенне та фазове охолодження. Кожен з них має свої особливості, переваги та недоліки, які визначають його застосовність у тій чи іншій сфері [1].

Повітряне охолодження є найпростішим та найдешевшим варіантом, оскільки воно не потребує складних технічних рішень і використовує природну або примусову циркуляцію повітря для відведення тепла. Проте його ефективність суттєво знижується при високих температурах, а також залежить від навколишнього середовища. Це робить такий метод менш придатним для інтенсивно навантажених механізмів, що працюють у жорстких умовах.

Рідинне охолодження значно ефективніше, оскільки застосування теплоносія (води, антифризу чи масла) дозволяє стабільно підтримувати температуру механізму. Завдяки високій теплоємності рідин цей метод забезпечує краще відведення тепла, ніж повітряне охолодження. Проте його реалізація потребує складних контурів циркуляції, насосів та систем обслуговування, що ускладнює експлуатацію та підвищує вартість системи [2].

Використання теплопровідних матеріалів, таких як мідь або алюміній, є ефективним у мікроелектроніці та комп'ютерній техніці, де необхідно швидко відводити тепло від локальних точок нагріву. Такі матеріали мають високу теплопровідність, що дозволяє ефективно розсіювати тепло, проте цей метод менш ефективний для масштабних механізмів, які працюють у важких умовах.

Криогенне охолодження, яке базується на використанні рідкого азоту або діоксиду вуглецю, є високоефективним і дозволяє досягати екстремально низьких температур. Воно використовується у високоточних механізмах та експериментальних установках, але через високу вартість і складність реалізації цей метод не знайшов широкого застосування у промислових системах [3].

Фазове охолодження є одним із найефективніших методів і застосовується у передових технологіях, зокрема в мікроелектроніці. В основі цього методу лежить принцип випаровування рідини, що забезпечує швидке і рівномірне охолодження поверхонь. Однак складність його реалізації та необхідність високотехнологічного обладнання обмежують його використання у традиційних галузях машинобудування.

Для наочного порівняння методів охолодження побудовано гістограму, що відображає ефективність, вартість та складність реалізації кожного методу (рис. 1).

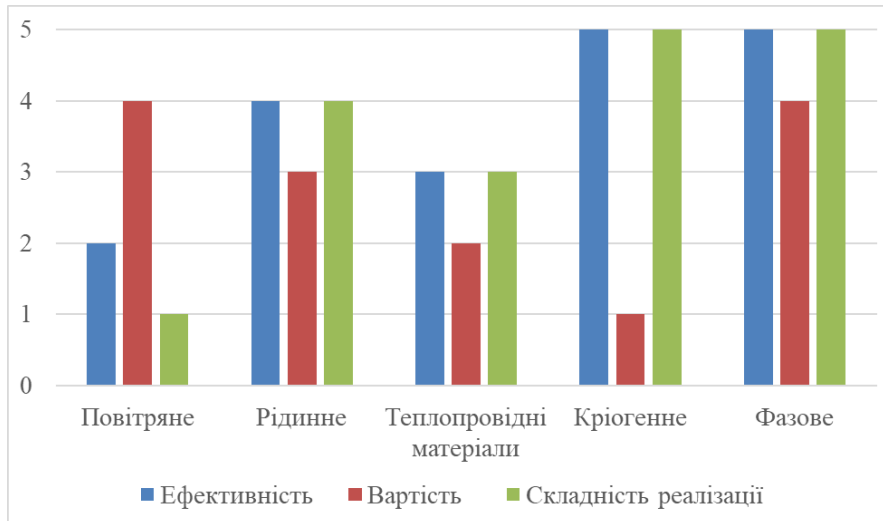


Рисунок 1 - Порівняльний аналіз методів охолодження механізмів за ефективністю, вартістю та складністю реалізації

Рис. 1 ілюструє порівняння методів охолодження механізмів за трьома основними критеріями: ефективністю, вартістю та складністю реалізації. Всі оцінки виставлені за шкалою від 1 до 5, де 1 – найгірший показник (низька ефективність, висока вартість або велика складність реалізації), а 5 – найкращий показник (висока ефективність, низька вартість або легкість впровадження).

На цій гістограмі видно, що найбільш ефективними є кріогенне та фазове охолодження, проте їхня висока вартість і складність реалізації суттєво обмежують їхнє широке застосування. Рідинне охолодження демонструє баланс між ефективністю та витратами, тоді як повітряне є найдешевшим, але найменш ефективним варіантом. Використання теплопровідних матеріалів займає проміжну позицію, будучи ефективним у певних умовах, але менш придатним для великих механізмів.

Висновок: вибір системи охолодження повинен базуватися на аналізі умов експлуатації механізмів. У транспортних засобах найефективнішим є рідинне охолодження, в електроніці використовуються фазові системи або теплопровідні матеріали, а для високоточних механізмів застосовують кріогенне охолодження. Подальші дослідження спрямовані на створення комбінованих систем, які поєднують переваги різних методів, забезпечуючи максимальну ефективність тепловідведення.

Список використаних джерел:

1. Borgnakke C., Sonntag R. E. (2019). Fundamentals of Thermodynamics, New York, Wiley. p. 592. ISBN: 978-1-119-63492-8
2. Yaws C. L. (2014). Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons. Second Edition. Amsterdam. Elsevier, p.1000. ISBN: 9780128101780
3. Hundy G.F., Trott A.R., Welch T.C. (2016). Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pump. Fifth Edition. Amsterdam. Elsevier, p.510. ISBN: 9780081006474.