

МАТЕРІАЛИ ІХ МІЖНАРОДНОЇ  
СТУДЕНТСЬКОЇ НАУКОВОЇ  
**КОНФЕРЕНЦІЇ**

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ТА  
ПЕРСПЕКТИВИ ПРОВЕДЕННЯ  
НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



**М. РІВНЕ, УКРАЇНА**

**28 ЛИСТОПАДА  
2025 РІК**

МАТЕРІАЛИ ІХ МІЖНАРОДНОЇ  
СТУДЕНТСЬКОЇ НАУКОВОЇ  
**КОНФЕРЕНЦІЇ**

.....

**АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ТА  
ПЕРСПЕКТИВИ ПРОВЕДЕННЯ  
НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

.....

м. Рівне, Україна

28 листопада 2025 рік

**УДК 082:001  
А 43**



Голова оргкомітету: Кореньюк І.О.

Верстка: Білоус Т.В.

Дизайн: Бондаренко І.В.

**Рекомендовано до видання Вченою Радою Інституту науково-технічної інтеграції та співпраці. Протокол № 47 від 27.11.2025 року.**



*Конференцію зареєстровано Державною науковою установою «УкрІНТЕІ» в базі даних науково-технічних заходів України та бюлетені «План проведення наукових, науково-технічних заходів в Україні» (Посвідчення № 458 від 10.06.2025).*

*Матеріали конференції знаходяться у відкритому доступі на умовах ліцензії Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).*

А 43

.....  
**Актуальні питання та перспективи проведення наукових досліджень:**  
матеріали ІХ Міжнародної студентської наукової конференції,  
м. Рівне, 28 листопада, 2025 рік / ГО «Молодіжна наукова ліга». —  
Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2025. — 998 с.

ISBN 978-617-8582-02-9

DOI 10.62732/liga-inter-28.11.2025

Викладено матеріали учасників ІХ Міжнародної мультидисциплінарної студентської наукової конференції «Актуальні питання та перспективи проведення наукових досліджень», яка відбулася 28 листопада 2025 року у місті Рівне, Україна.

**УДК 082:001**

**ISBN 978-617-8582-02-9**

© Колектив учасників конференції, 2025

© ГО «Молодіжна наукова ліга», 2025

© ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2025

**Марусиченко Олександр**, здобувач вищої освіти  
*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,  
Україна*

**Науковий керівник: Деркач Тетяна Миколаївна**, канд. техн. наук, доцент,  
доцент кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і систем  
*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,  
Україна*

## **АРХІТЕКТУРНІ ТА ПРОГРАМНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ GPU У СИСТЕМАХ НРС**

Високопродуктивні обчислення (High Performance Computing, HPC) є фундаментальною складовою сучасної науки, інженерії, моделювання навколишнього середовища, розроблення штучного інтелекту та обробки великих масивів даних. Зростання складності наукових задач вимагає використання апаратних рішень, здатних забезпечувати обчислення у масштабах, недосяжних для традиційних центральних процесорів. Саме графічні процесори стали ключовим технологічним елементом сучасних суперкомп'ютерів завдяки здатності виконувати паралельні обчислення з високою пропускну здатністю.

Одним із ключових обмежень розвитку HPC стало стрімке зростання енергоспоживання та витрат на охолодження. Тенденція зменшення розмірів транзисторів, описана Законом Мура, суттєво сповільнилася, а масштабування Деннарда перестало забезпечувати зменшення енергоспоживання з кожним поколінням інтегральних схем. Накопичення цих чинників призвело до формування «енергетичної стіни», яка значною мірою впливає на можливість подальшого підвищення продуктивності суперкомп'ютерів.

Метою дослідження є аналіз сучасних підходів до підвищення енергоефективності графічних процесорів та визначення напрямів, що забезпечують розвиток HPC у найближчій перспективі.

### **1. Проблема енергоспоживання та технологічні обмеження**

**Сповільнення розвитку процесорних технологій.** Зменшення технологічних норм виробництва транзисторів більше не гарантує пропорційного зменшення енергоспоживання. Уповільнення дії Закону Мура та завершення ефективності масштабування Деннарда призвели до того, що збільшення кількості транзисторів супроводжується зростанням тепловиділення. Це стало однією з ключових причин пошуку нових архітектурних рішень, здатних забезпечити баланс між обчислювальною продуктивністю та енергоспоживанням.

**Метрики енергоефективності.** Основною характеристикою сучасних обчислювальних прискорювачів є показник продуктивності на ват (performance per watt), який стає домінантною метрикою у проектуванні HPC-систем. Значну частку енерговитрат становлять операції, пов'язані з передаванням даних між GPU та пам'яттю. У деяких випадках ці витрати перевищують енерговитрати на самі обчислення, що формує нові вимоги до організації пам'яті та оптимізації алгоритмів.

**НРС-практика та глобальні рейтинги.** Світові рейтинги TOP500 та Green500 демонструють, що енергоефективність стає обов'язковим критерієм оцінювання суперкомп'ютерів. Лідери Green500 характеризуються оптимальним співвідношенням між продуктивністю та енергоспоживанням, що підтверджує зміну парадигми у розвитку НРС — від граничного збільшення FLOPS до енергоефективного масштабування.

## 2. Архітектурні інновації GPU

**Пам'ять HBM як ключ до енергоефективності.** Високошвидкісна пам'ять HBM (High Bandwidth Memory) дозволяє суттєво зменшити енерговитрати на передавання даних завдяки розміщенню безпосередньо біля графічного процесора. Порівняно з традиційною GDDR-пам'яттю, HBM забезпечує значно більшу пропускну здатність і нижчий рівень тепловиділення. Основними недоліками технології залишаються її висока вартість і складність виробництва.

**Чіплетна архітектура.** Інтеграція кількох обчислювальних модулів у єдину структуру GPU відкриває нові можливості для зниження енергоспоживання та підвищення гнучкості архітектури. Чіплетний підхід дозволяє оптимально розподіляти функціональні блоки, використовувати різні технологічні процеси та зменшувати енергетичні втрати на внутрішніх з'єднаннях.

**Використання обчислень із меншою точністю.** Перехід до низькоточних форматів числових обчислень (FP16, BF16, Int8) є одним із найефективніших способів зменшення енергоспоживання без суттєвого зниження точності при розв'язанні задач машинного навчання. Апаратна підтримка таких форматів, зокрема через Tensor Cores, забезпечує значний приріст продуктивності поряд зі скороченням витрат енергії.

## 3. Програмні підходи до підвищення енергоефективності

**Оптимізація компіляторів та системного програмного забезпечення.** Сучасні компілятори мають вбудовані механізми оптимізації передачі даних, розподілу потоків, керування регістрами та кеш-пам'яттю. Одним із ключових програмних механізмів енергоефективності є динамічне регулювання напруги та частоти (Dynamic Voltage and Frequency Scaling, DVFS), що дозволяє адаптувати параметри GPU до реального навантаження.

**Алгоритмічні оптимізації.** Особливості алгоритмів значною мірою визначають ефективність обчислень. Алгоритми, які мінімізують міжпроцесну комунікацію та кількість звернень до пам'яті, здатні суттєво зменшити енергоспоживання. Гетерогенний розподіл обчислень між CPU і GPU також залишається важливим фактором підвищення ефективності систем.

## Висновки

Підвищення енергоефективності графічних процесорів є визначальним напрямом розвитку сучасних високопродуктивних обчислень. Архітектурні інновації, такі як пам'ять HBM, чіплетні структури та низькоточні обчислення, у поєднанні з удосконаленими програмними засобами оптимізації формують основу для створення нових поколінь ефективних та доступних суперкомп'ютерів. Комплексний підхід до апаратної та програмної оптимізації забезпечує можливість подолання енергетичних обмежень та відкриває перспективи для формування екзаскейл-систем майбутнього.

**Список використаних джерел:**

1. Hennessy J. L., Patterson D. A. Computer Architecture: A Quantitative Approach. 6th ed. Amsterdam: Morgan Kaufmann, 2019. 936 p.
2. Kirk D. B., Hwu W.-m. W. Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach. 4th ed. Cambridge : Morgan Kaufmann, 2022. 576 p.
3. NVIDIA Corporation. NVIDIA Ampere Architecture Whitepaper. Santa Clara: NVIDIA, 2020. 54 p.
4. Jouppi N. P. et al. TPU v4: An Optically Reconfigurable Supercomputer for Machine Learning. Proceedings of the 50th Annual ISCA. New York: ACM, 2023. 15 p.
5. Saini S., Chang L.-C. Energy-Efficient Computing for High Performance. New York: CRC Press, 2021. 320 p.
6. Dongarra J. et al. High-Performance Computing: From TOP500 to Exascale. Heidelberg: Springer, 2023. 412 p.
7. Mittal S. A Survey of Techniques for Improving Energy Efficiency in GPUs. ACM Computing Surveys. 2022. Vol. 54, No. 8. P. 1–38.