

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БАЗ ДАНИХ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасних умовах цифровізації бази даних відіграють ключову роль як основа інформаційних систем у різноманітних сферах, зокрема в електронній комерції, фінансовому секторі, охороні здоров'я, наукових дослідженнях та державному управлінні. Зі стрімким зростанням обсягів даних, що мають експоненційний характер, виникає нагальна потреба у вдосконаленні механізмів їх зберігання, обробки та отримання. У цьому контексті фактори, як-от швидкість виконання запитів, відмовостійкість системи та її здатність до масштабування, стають вирішальними для ефективного функціонування ІТ-інфраструктури.

Системи управління базами даних (СУБД) мають забезпечувати не лише цілісність і надійність даних, а й мінімізацію часу обробки складних запитів. Саме тому проблема оптимізації баз даних – як реляційних, так і NoSQL – набуває стратегічного значення для фахівців у галузі розробки програмного забезпечення, аналізу даних, адміністрування та проєктування архітектури інформаційних систем. У сучасних високонавантажених середовищах, де час відгуку системи вимірюється мілісекундами (наприклад, у системах алгоритмічної торгівлі або потокової передачі даних), впровадження ефективних оптимізаційних методик є обов'язковою вимогою, а не додатковим покращенням.

Оптимізація баз даних охоплює широкий спектр методологічних підходів – від традиційних (нормалізація схем даних, побудова індексів) до сучасних (кешування, шардинг, розподілені обчислення, in-memoгу технології, адаптивний підбір планів запитів). Вона може реалізовуватися на різних рівнях: структурному (організація таблиць і зв'язків), апаратному (налаштування серверної інфраструктури) або логічному (оптимізація бізнес-процесів, що взаємодіють із СУБД).

З огляду на вищесказане дослідження методів оптимізації баз даних є актуальним напрямом, спрямованим на підвищення ефективності інформаційних систем в умовах обмежених обчислювальних ресурсів, високих операційних навантажень та постійного збільшення обсягів даних. Комплексний аналіз наявних підходів, оцінка їх продуктивності та визначення критеріїв застосовності дають змогу розробити практичні рекомендації щодо вдосконалення роботи СУБД у реальних експлуатаційних умовах.

Метою дослідження є вивчення, систематизація та оцінка ефективності сучасних методів оптимізації баз даних, які забезпечують зменшення часу обробки запитів, підвищення швидкодії інформаційних систем та ефективне використання апаратних ресурсів.

У зв'язку з безперервним зростанням обсягів даних, складністю запитів і збільшенням навантаження на СУБД забезпечення їх стабільної та швидкої роботи стає одним із головних завдань під час розробки та експлуатації сучасних інформаційних систем. Без впровадження належної оптимізації бази даних можуть стати «вузьким місцем» у продуктивності програмного забезпечення, навіть за умови використання сучасного обладнання. Різні методи, як-от створення індексів, перепроєктування структури таблиць, кешування результатів, розподіл даних між вузлами тощо, можуть бути використані окремо або в комбінації для досягнення найкращих результатів. Важливо не тільки знати доступні інструменти, а й розуміти, коли і які з них доцільно застосовувати залежно від типу системи, характеру даних та навантаження.

Завдання дослідження включають:

- Аналіз теоретичних основ оптимізації баз даних та класифікація методів за типом впливу (структурні, запитні, апаратні тощо).
- Дослідження впливу індексування, нормалізації / денормалізації, кешування, шардингу та інших технік на продуктивність СУБД.
- Оцінка ефективності різних методів оптимізації на прикладах або моделях систем.
- Формування практичних рекомендацій щодо вибору методів оптимізації залежно від контексту задачі.
- Визначення можливих обмежень і ризиків під час використання окремих стратегій оптимізації в реальних умовах.

Розглянемо дослідження та оцінку ефективності різних методів оптимізації баз даних на прикладі реальної таблиці, шляхом вимірювання продуктивності до та після впровадження оптимізаційних стратегій.

Експериментальна база:

- СУБД: PostgreSQL 15;
- Інструменти: pgAdmin 4, EXPLAIN ANALYZE, psql;
- Навантаження: 1 000 000 записів у таблиці;
- Методи оптимізації:
 - Індексация;
 - Переписування SQL-запитів (структурна оптимізація);
 - Денормалізація (структурна модифікація);
 - Кешування.

Етап 1: Індексация

До: Результат: Seq Scan

Час виконання: ~210 мс.

```
EXPLAIN ANALYZE
SELECT * FROM orders WHERE customer_id = 12345;
```

Після: Результат: Index Scan

Час: ~15 мс.

```
CREATE INDEX idx_customer_id ON orders(customer_id);
```

Етап 2: Оптимізація складного запиту

До: Час виконання: ~180 мс.

```
SELECT name FROM customers
WHERE id IN (SELECT customer_id FROM orders WHERE total > 1000);
```

Після (через JOIN): Час виконання: ~95 мс.

```
SELECT DISTINCT c.name
FROM customers c
JOIN orders o ON c.id = o.customer_id
WHERE o.total > 1000;
```

Етап 3: Денормалізація

До: дві таблиці products та categories.

```
SELECT p.name, c.name
FROM products p
JOIN categories c ON p.category_id = c.id;
```

Після: в таблиці products додано поле category_name, оновлюється під час вставки / оновлення.

- Час виконання JOIN-запиту: ~120 мс.
- Час у разі звернення до одного поля: ~40 мс.

Етап 4: Кешування

До: кожен SELECT-запит виконується повністю заново.

Після: кешування результатів запитів у Redis або в матеріалізованому представленні (PostgreSQL):

```
CREATE MATERIALIZED VIEW top_customers AS
SELECT customer_id, SUM(total) AS total_spent
FROM orders
GROUP BY customer_id;
```

- Час запиту з кешу: ~10–15 мс.
- Без кешу: ~150 мс.

Проведене дослідження підтвердило критичну важливість оптимізації баз даних у сучасних умовах експоненційного зростання обсягів інформації та високих вимог до продуктивності інформаційних систем. На основі експериментальних даних було встановлено, що застосування різних методів оптимізації дає змогу значно підвищити ефективність роботи СУБД, зменшити час виконання запитів та раціональніше використовувати апаратні ресурси.

Список використаних джерел

1. Garcia-Molina H., Ullman J. D., Widom J. Database Systems: The Complete Book. Upper Saddle River: Pearson Education, 2008. 1248 p.
2. Silberschatz A., Korth H. F., Sudarshan S. Database System Concepts. 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2020. 1376 p.
3. Lahdenmäki R., Leach G. Relational Database Index Design and the Optimizers. Wiley, 2005. 328 p.
4. Elmasri R., Navathe S. B. Fundamentals of Database Systems. 7th ed. Boston: Pearson, 2016. 1273 p.