НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ

Кафедра системного програмування та спеціалізованих комп'ютерних систем

Лабораторна робота №2

з дисципліни **Бази даних і засоби управління**

на тему: "Засоби оптимізації роботи СУБД PostgreSQL"

Виконала:

студентка III курсу

групи КВ-12

Павленко Л.П.

Перевірив: Павловський В. І.

Київ – 2023

Метою роботи є здобуття практичних навичок використання засобів оптимізації СУБД PostgreSQL.

Завдання роботи полягає у наступному:

1. Перетворити модуль “Модель” з шаблону MVC РГР у вигляд об’єктно-реляційної проекції (ORM).
2. Створити та проаналізувати різні типи індексів у PostgreSQL.
3. Розробити тригер бази даних PostgreSQL.
4. Навести приклади та проаналізувати рівні ізоляції транзакцій у PostgreSQL.

Вимоги до пункту завдання №1

Для перетворення функцій, що реалізують запити до об’єктної бази даних, необхідно встановити бібліотеку sqlAlchemy, налаштувати програму на роботу з ORM, розробити класи-сутності для об’єктів-сутностей, представлених відповідними таблицями БД та пов’язаних зв’язками 1:M, M:M та 1:1 виконати опис схеми бази даних. Особливу увагу приділити контролю зовнішніх зв’язків між таблицями засобами ORM.

Замінити виклики запитів мовою SQL на відповідні запити засобами SQLAlchemy по роботі з об’єктами. Обов’язковим є реалізація вставки, вилучення та редагування екземплярів класів-сутностей. Розробка запитів на генерацію даних та пошук екземплярів класів-сутностей вітається, але не є обов’язковою.

Інтерфейси функцій (вхідні та вихідні аргументи функцій модуля “Модель”) мають залишитись без змін.

Вимоги до пункту завдання №2

Відповідно до варіанту індексування продемонструвати на прикладах запитів SQL SELECT підвищення швидкодії їх виконання з використанням індексів, а також пояснити чому для деяких випадків індексування використовувати недоцільно. При цьому для наочного представлення слід використати функцію генерування рандомізованих даних з лабораторної роботи №2, створивши необхідну кількість тестових даних. Навести 4-5 прикладів запитів SELECT (із виведенням результуючих даних), що містять фільтрацію, агрегатні функції, групування та сортування (у необхідних комбінаціях).

Вимоги до пункту завдання №3

Створити тригер бази даних PostgreSQL відповідно до варіанта. Тригерна функція має включати обробку запису, що модифікується (вставляється або вилучається), умовні оператори, курсорні цикли та обробку виключних ситуацій. Виконати відлагодження тригера при різних вхідних даних, навівши 2-3 приклади його використання.

Вимоги до пункту завдання №4

Проаналізувати на прикладах використання рівнів ізоляції транзакцій READ COMMITTED, REPEATABLE READ та SERIALIZABLE, продемонструвавши феномени, які виникають, і спосіб їх уникнення завдяки встановленню відповідного рівня ізоляції транзакцій. Для виконання завдання необхідно відкрити дві транзакції у різних вікнах pgAdmin4 і виконати послідовність запитів INSERT, UPDATE або DELETE у обох транзакціях, що доводять наявність або відсутність певних феноменів.

Вимоги до інструментарію

1. Бібліотека для реалізації ORM - SQLAlchemy для Python або інша з подібною функціональністю.
2. Середовище для відлагодження SQL-запитів до бази даних – pgAdmin 4.
3. СУБД - PostgreSQL 13-15.

Завдання за варіантом №16:

16	*GIN, Hash*	*after delete, insert*

Завдання №1

Схеми бази даних «Електронний каталог для зберігання музичних нот та композицій»

Логічна модель бази даних «Електронний каталог для зберігання музичних нот та композицій»

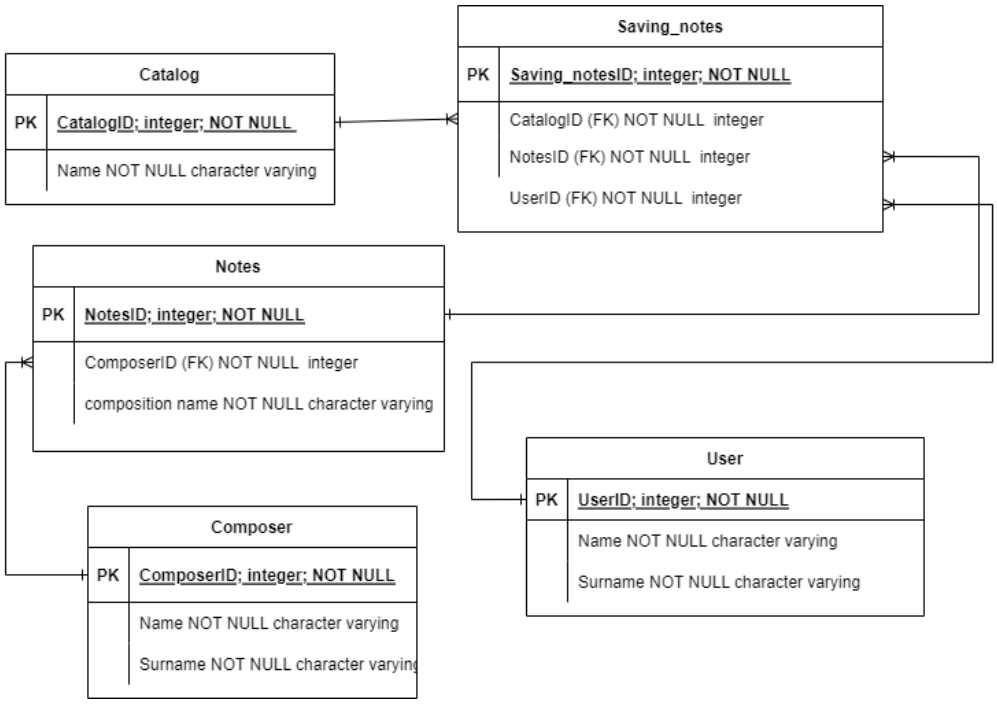


Рисунок 1 – Схема бази даних

Класи ORM

```
class Catalog(Base):
    __tablename__ = 'Catalog'
    CatalogID = Column(Integer, primary_key=True)
    catalog_name = Column(String)
```

Рисунок 3 – Клас «Catalog»

```
class Composer(Base):
    __tablename__ = 'Composer'
    ComposerID = Column(Integer, primary_key=True)
    Name = Column(String)
    Surname = Column(String)
```

Рисунок 4 – Клас «Composer»

```
class Notes(Base):
    __tablename__ = 'Notes'
    NotesID = Column(Integer, primary_key=True)
    ComposerID = Column(Integer, ForeignKey('Composer.ComposerID'))
    composition_name = Column(String)
```

Рисунок 5 – Клас «Notes»

```
class User(Base):
    __tablename__ = 'User'
    UserID = Column(Integer, primary_key=True)
    Name = Column(String)
    Surname = Column(String)
```

Рисунок 6 – Клас «User»

```python
class Saving_notes(Base):
    __tablename__ = 'Saving_notes'
    Saving_notesID = Column(Integer, primary_key=True)
    CatalogID = Column(Integer, ForeignKey('Catalog.CatalogID'))
    NotesID = Column(Integer, ForeignKey('Notes.NotesID'))
    UserID = Column(Integer, ForeignKey('User.UserID'))
```

Рисунок 7 – Клас «Saving_notes»

На рисунках 3, 4, 5, 6, 7 зображені класи ORM а також в них прописані зв’язки, де таблиці «Notes» та «Composer» мають зв’язок багато до багатьох, а таблиці «Notes», «Catalog» та «User» мають зв’язок з таблицею «Saving_notes» також багато до багатьох, що відповідають таблицям бази даних.

Приклади запитів у вигляді ORM

```python
def add_catalog(self, catalog_id, name):
    s = Session()
    check = s.query(exists().where(Catalog.CatalogID == catalog_id)).scalar()
    if (check):
        print("Error! This identifier already exists")
    else:
        catalog = Catalog(
            CatalogID=catalog_id,
            catalog_name=name
        )
        s.add(catalog)
        s.commit()
        print("User added successfully!")
    s.close()
```

Рисунок 8 – Функція внесення даних в таблицю «Catalog»

```python
def update_catalog(self, catalog_id, catal_name):
    s = Session()
    catalog = s.query(Catalog).filter_by(CatalogID=catalog_id).first()
    if catalog:
        catalog.catalog_name = catal_name
        s.commit()
        print("Catalog updated successfully!")
    else:
        print("Error! Catalog does not exist")
    s.close()
```

Рисунок 9 – Функція редагування в таблиці «Catalog»

```python
def delete_catalog(self, catalog_id):
    with session_scope() as s:
        saving_notes = s.query(Saving_notes).filter_by(CatalogID=catalog_id).all()
        if saving_notes:
            for notes in saving_notes:
                s.delete(notes)
            s.commit()
            print("Catalog deleted successfully!")

        catalog = s.query(Catalog).get(catalog_id)
        if catalog:
            s.delete(catalog)
            s.commit()
            print("Catalog deleted successfully!")
        else:
            print("Error! Catalog does not exist")
```

Рисунок 10 – Функція видалення в таблиці «Catalog»

На рисунках 8, 9 та 10 зображені функції в яких виконуються запити у вигляді ORM.

Завдання №2

Спочатку для використання індексу GIN змінимо тип даних в стовпці «Name» з character varying на tsvector в таблиці «User».

За допомогою функції яка зображена на рисунку 11 ми генеруємо випадковим чином дані:

```
def gener_add_user(self, num1, num2):
    c = self.conn.cursor()
    num = 0
    for i in range(num1, num2 + 1):
        c.execute( query: 'SELECT * FROM "User" WHERE "UserID" = %s', vars: (i,))
        check = c.fetchall()
        if check:
            print("UserID %s already exists", i)
            num = 1

    if num == 0:
        # c.execute('INSERT INTO "User" ("UserID", "Name", "Surname") SELECT generate_series as UserID, chr(trunc(65+random()*25)::int) || ch
        c.execute( query: 'INSERT INTO "User" ("UserID", "Name", "Surname") '
                  'SELECT generate_series as "UserID",to_tsvector(chr(trunc(65+random()*50)::int) || chr(trunc(65+random()*25)::int)|| '
                  'chr(trunc(65+random()*25)::int)) as Name, chr(trunc(65+random()*25)::int) || chr(trunc(65+random()*25)::int) as Surname '
                  'FROM generate_series(%s, %s)', vars: (num1, num2))
        self.conn.commit()
    else:
        print("Error! Identifiers already exist")
```

Рисунок 11 – Функція «gener_add_user»

Запити без використання індекса Hash

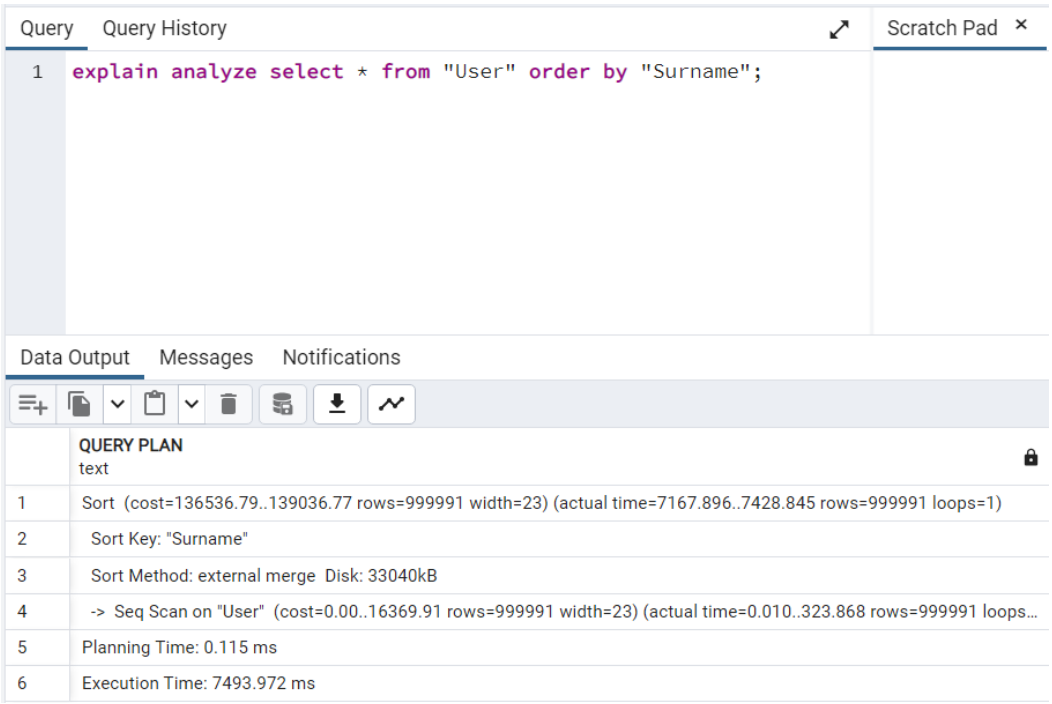


Рисунок 12 – Запит, який містить сортування без використання індексу

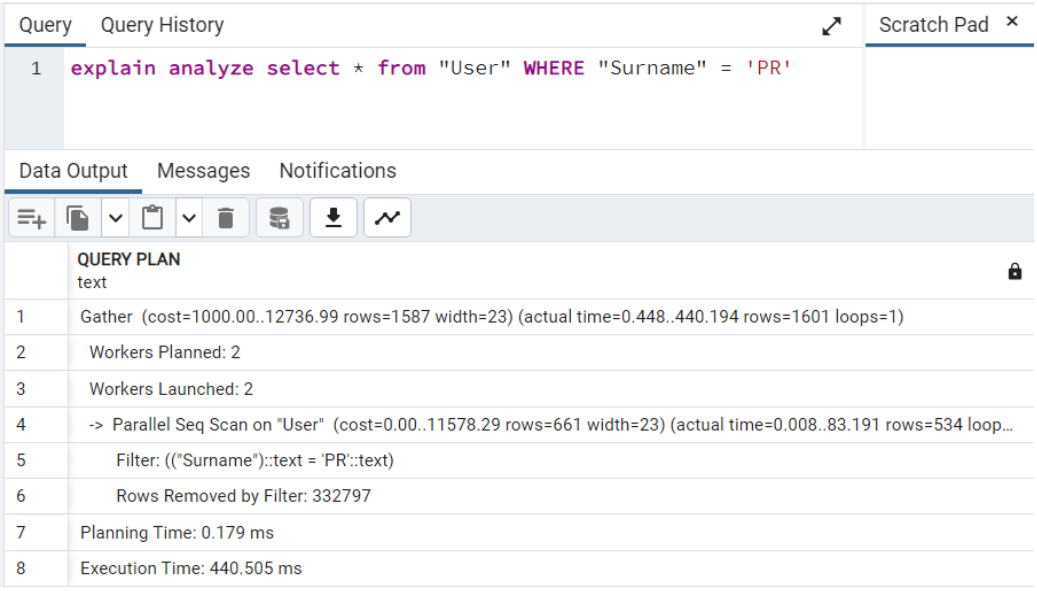


Рисунок 13 – Запит, який містить фільтрацію без використання індексу

На рисунках 12 та 13 зображено запити, які містять сортування та фільтрацію.

Створення Hash індексу

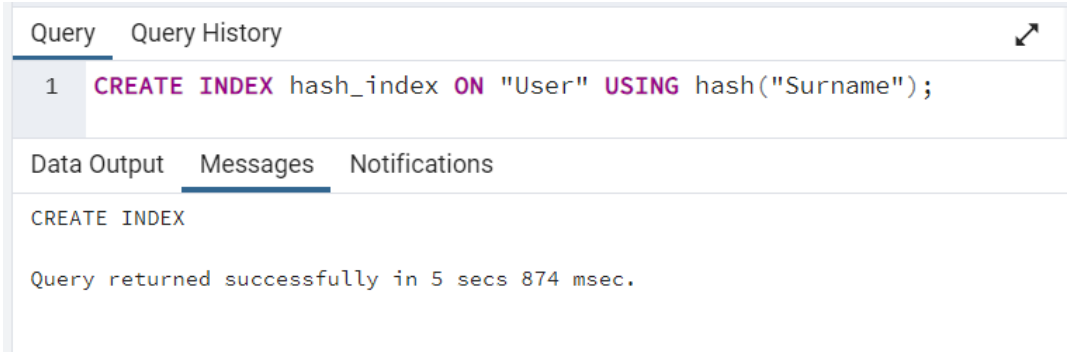


Рисунок 15 – Створення Hash індексу

На рисунку 15 зображено створення Hash індексу.

Запити з використанням індекса «Hash»

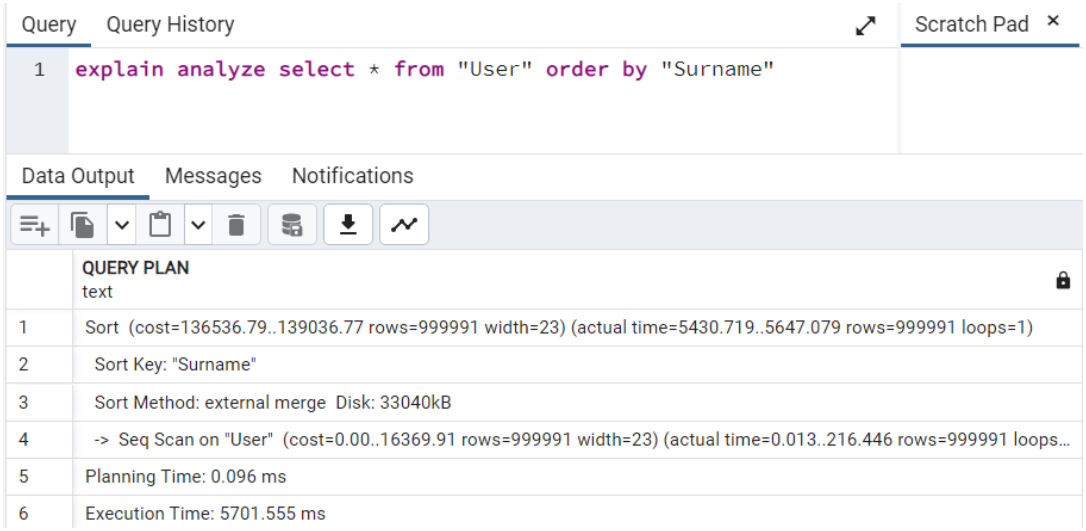


Рисунок 16 – Запит, який містить сортування з використанням Hash індексу

Query | Query History | Scratch Pad

```
1  explain analyze select * from "User" WHERE "Surname" = 'PR';
```

Data Output | Messages | Notifications

	QUERY PLAN text
1	Gather (cost=1000.00..12736.99 rows=1587 width=23) (actual time=0.399..180.205 rows=1601 loops=1)
2	Workers Planned: 2
3	Workers Launched: 2
4	-> Parallel Seq Scan on "User" (cost=0.00..11578.29 rows=661 width=23) (actual time=0.186..83.385 rows=534 loop...
5	Filter: (("Surname")::text = 'PR'::text)
6	Rows Removed by Filter: 332797
7	Planning Time: 0.123 ms
8	Execution Time: 180.477 ms

Рисунок 17 – Запит, який містить фільтрацію з використанням Hash індексу

На рисунках 16 та 17 показано запити сортування та фільтрації з використання Hash індексу. Дивлячись на час виконання цих запитів. можемо сказати , що запити там де використовується Hash індекс виконуються набагато швидше ніж ті , в яких він не використовується.

Запити без використання індекса GIN

Query | Query History | Scratch Pad

```
1  explain analyze select count(*) from "User" group by "Name";
```

Data Output | Messages | Notifications

	QUERY PLAN text
1	GroupAggregate (cost=133117.29..150617.13 rows=999991 width=24) (actual time=2116.578..3265.858 rows=16875 loo…
2	Group Key: "Name"
3	-> Sort (cost=133117.29..135617.27 rows=999991 width=16) (actual time=2116.492..2839.015 rows=999991 loops=1)
4	Sort Key: "Name"
5	Sort Method: external merge Disk: 20368kB
6	-> Seq Scan on "User" (cost=0.00..16369.91 rows=999991 width=16) (actual time=0.025..158.958 rows=999991 loop…
7	Planning Time: 0.175 ms
8	Execution Time: 3274.958 ms

Рисунок 18 – Запит, який містить агрегатну функцію без використання GIN індексу

Query | Query History | Scratch Pad

```
1  explain analyze select * from "User" order by "Name" ASC;
```

Data Output | Messages | Notifications

	QUERY PLAN text
1	Sort (cost=136536.79..139036.77 rows=999991 width=23) (actual time=2789.658..3171.884 rows=999991 loops=1)
2	Sort Key: "Name"
3	Sort Method: external merge Disk: 33040kB
4	-> Seq Scan on "User" (cost=0.00..16369.91 rows=999991 width=23) (actual time=0.016..212.110 rows=999991 loops…
5	Planning Time: 0.110 ms
6	Execution Time: 3235.702 ms

Рисунок 19 – Запит, який містить сортування без використання GIN індексу

На рисунка 18 та 19 зображені запити, які містять агрегатні функції та сортування, без використання

Створення GIN індекса

Рисунок 19 – Створення GIN індексу

На рисунку 19 зображено створення GIN індекса.

Запити з використанням індекса GIN

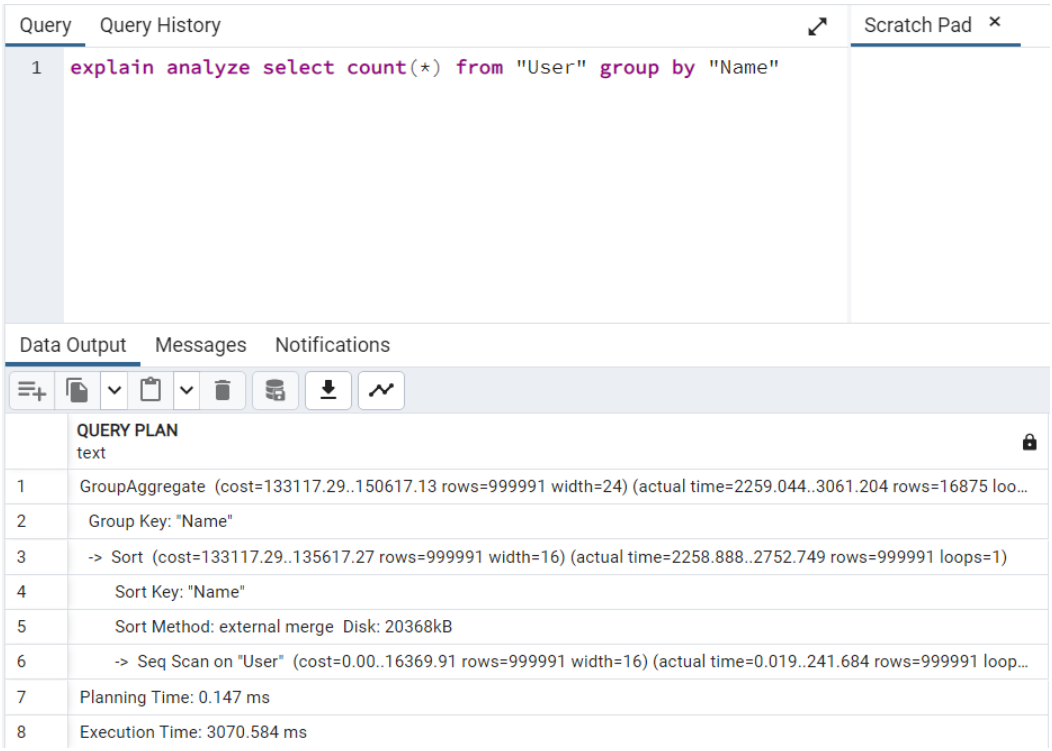


Рисунок 21 – Запит, який містить агрегатну функцію з використанням GIN індексу

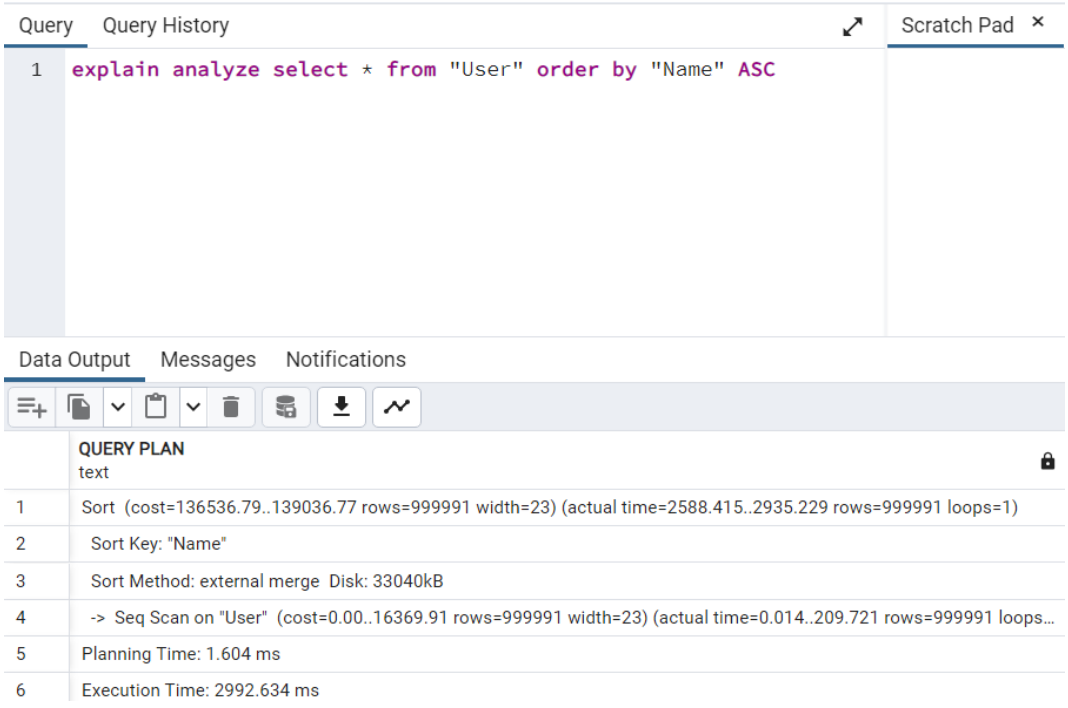


Рисунок 22 – Запит, який містить сортування з використанням GIN індексу

На рисунках 21 та 22 зображено запити, які містять агрегатну функцію та сортування, з використанням GIN індекса.

Для порівняння створимо меншу за обсягом таблицю «users_1», де 300 рядків.

Виконаємо запит без використання індексу GIN, результат виконання ми бачимо на рисунку 23.

Query Query History

```
1  explain analyze select count(*) from users_1 group by name;
```

Data Output Messages Notifications

	QUERY PLAN text
1	GroupAggregate (cost=17.34..22.59 rows=300 width=24) (actual time=0.168..0.267 rows=297 loops=1)
2	Group Key: name
3	-> Sort (cost=17.34..18.09 rows=300 width=16) (actual time=0.164..0.175 rows=300 loops=1)
4	Sort Key: name
5	Sort Method: quicksort Memory: 34kB
6	-> Seq Scan on users_1 (cost=0.00..5.00 rows=300 width=16) (actual time=0.008..0.043 rows=300 loops...
7	Planning Time: 1.565 ms
8	Execution Time: 0.294 ms

Рисунок 23 – Запит, який містить агрегатну функцію без використання GIN індексу в таблиці «users_1»

Далі створюємо індекс GIN, це зображена на рисунку 24.

Query Query History

```
1  create index gin_inx on users_1 using gin(name);
2
```

Data Output Messages Notifications

```
CREATE INDEX

Query returned successfully in 53 msec.
```

Рисунок 24 – Створення GIN індексу в таблиці «users_1»

Після створення індексу виконуємо такий же запит. який зображений на рисунку 25, і тоді ми бачимо що з використанням індексу для маленької за обсягом таблиці час на виконання запиту набагато більший.

Query | Query History

```
1  explain analyze select count(*) from users_1 group by name;
```

Data Output | Messages | Notifications

	QUERY PLAN text
1	GroupAggregate (cost=17.34..22.59 rows=300 width=24) (actual time=1.075..1.309 rows=297 loops=1)
2	Group Key: name
3	-> Sort (cost=17.34..18.09 rows=300 width=16) (actual time=1.006..1.030 rows=300 loops=1)
4	Sort Key: name
5	Sort Method: quicksort Memory: 34kB
6	-> Seq Scan on users_1 (cost=0.00..5.00 rows=300 width=16) (actual time=0.051..0.082 rows=300 loops...
7	Planning Time: 4.745 ms
8	Execution Time: 3.509 ms

Завдання №3

Для використання тригеру де виконуються умови: «after delete» та «after insert» створимо дві таблиці: «users_tr_1» та «users_tr_2», в кожній з яких буде 150 рядків, це зображено на рисунку 26.

Рисунок 26 – Створення таблиць «users_tr_1» та «users_tr_2»

```
1  CREATE OR REPLACE FUNCTION del_tr()
2    RETURNS TRIGGER
3
4    AS
5  $$
6  BEGIN
7      IF (TG_OP = 'DELETE') THEN
8          IF (OLD.user_id > 10) THEN
9              DELETE FROM users_tr_2 WHERE user_id = OLD.user_id;
10         END IF;
11         RETURN OLD;
12     END IF;
13 END;
14 $$
15 LANGUAGE PLPGSQL;
16
17 CREATE TRIGGER del_tr
18   AFTER DELETE
19   ON "users_tr_1"
20   FOR EACH ROW
21   EXECUTE PROCEDURE del_tr();
22
23
```

Data Output | Messages | Notifications

```
CREATE TRIGGER

Query returned successfully in 708 msec.
```

Рисунок 27 – Створення тригера «del_tr»

Даний тригер «del_tr» передбачає умову, що після видалення певних рядків з таблиці «users_tr_1», то в таблиці «users_tr_2» будуть видалятись такі самі рядки, але при умові, що user_id більше 10. Дію даного тригера ми можемо спостерігати після видалення елементів які кратні 2, видалення зображене на рисунку 28.

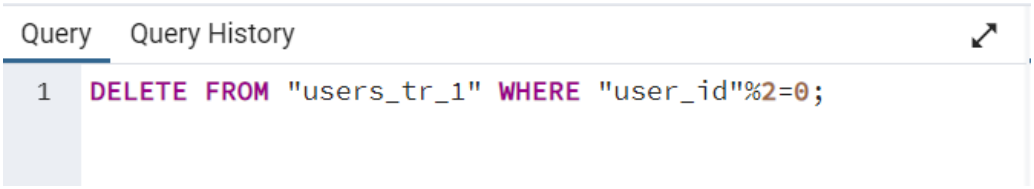
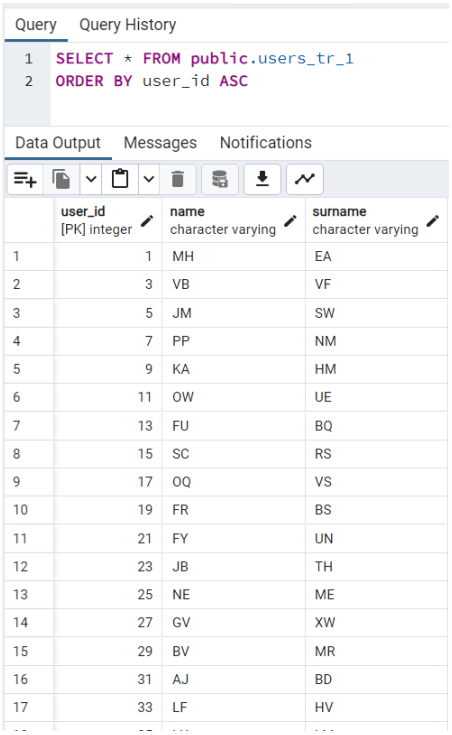


Рисунок 28 –Видалення рядків за умовою, що user_id кратний 2



	user_id [PK] integer	name character varying	surname character varying
1	1	MH	EA
2	3	VB	VF
3	5	JM	SW
4	7	PP	NM
5	9	KA	HM
6	11	OW	UE
7	13	FU	BQ
8	15	SC	RS
9	17	OQ	VS
10	19	FR	BS
11	21	FY	UN
12	23	JB	TH
13	25	NE	ME
14	27	GV	XW
15	29	BV	MR
16	31	AJ	BD
17	33	LF	HV

Рисунок 29 –Таблиця «users_tr_1» після виконання запиту видалення

Query Query History

```
1  SELECT * FROM public.users_tr_2
2  ORDER BY user_id ASC
```

Data Output Messages Notifications

	user_id [PK] integer	name character varying	surname character varying
1	1	HU	HY
2	2	LV	OA
3	3	SC	PC
4	4	WJ	AX
5	5	KD	PJ
6	6	HQ	TE
7	7	WP	VF
8	8	UG	HI
9	9	CO	IL
10	10	BI	WF
11	11	NH	AO
12	13	DW	SV
13	15	XW	OD
14	17	MP	VO
15	19	TJ	AA
16	21	XN	NF
17	23	VW	NR

Рисунок 30 –Таблиця «users_tr_2» після виконання запиту видалення

Після виконання запиту видалення ми дійсно спростерігаємо що в таблиці «users_tr_1» видалились всі рядки де user_id кратний 2, тоді як в таблиці «users_tr_2» видалились рядки, де user_id більше 10 та кратний 2. Це зображується на рисунках 29 та 30

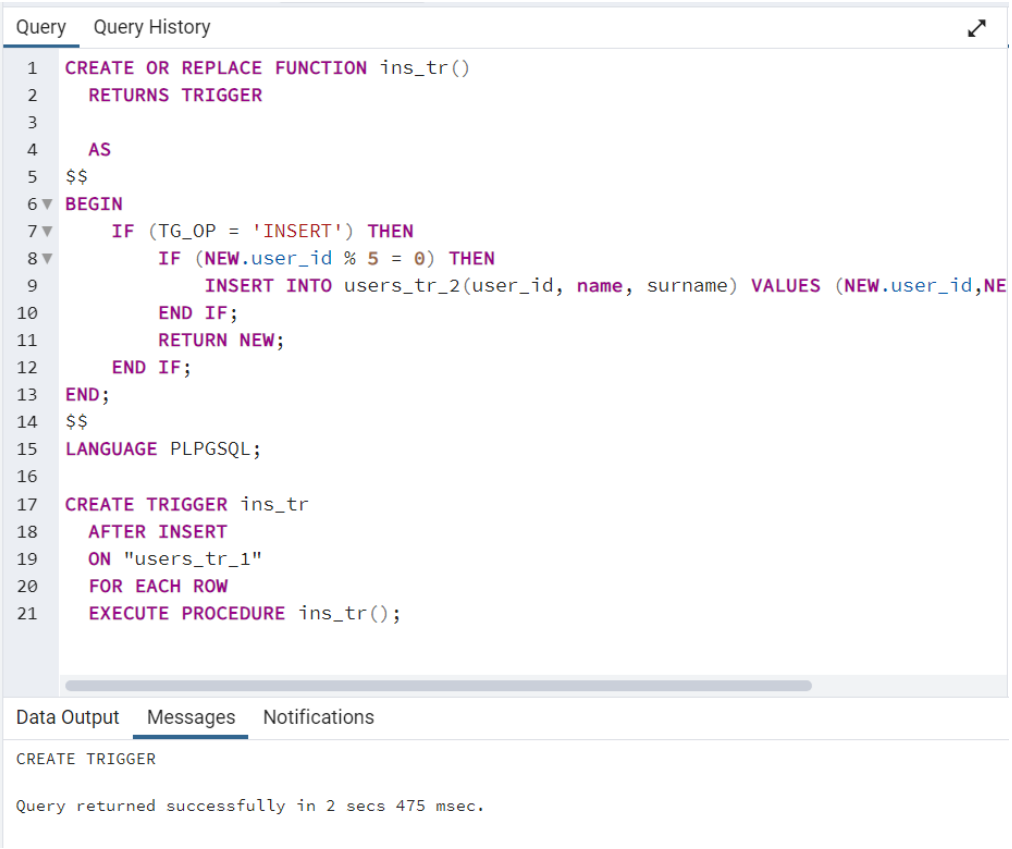


Рисунок 31 – Створення тригера «ins_tr»

На рисунку 31 зображено створення тригера який виконується після вставки даних в таблицю. Та також записується умова що якщо user_id рядка таблиці «users_tr_1», який вставляється, кратний 5, то такий самий рядок вставляється в таблицю «users_tr_2». Для того щоб перевірити роботу тригера вставляємо рядок в таблицю «users_tr_1» з значеннями (200, ‘oKJ’,’rty’), це зображено на рисунку 32.

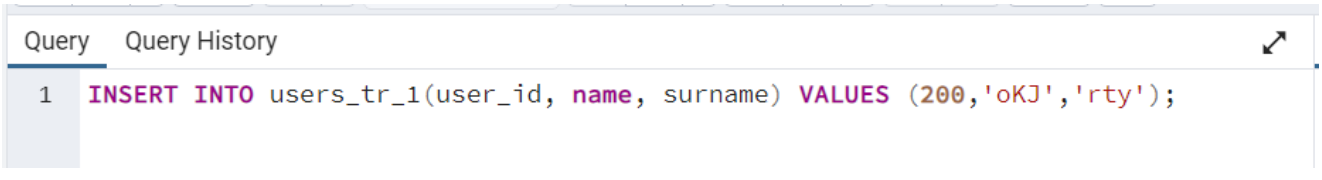
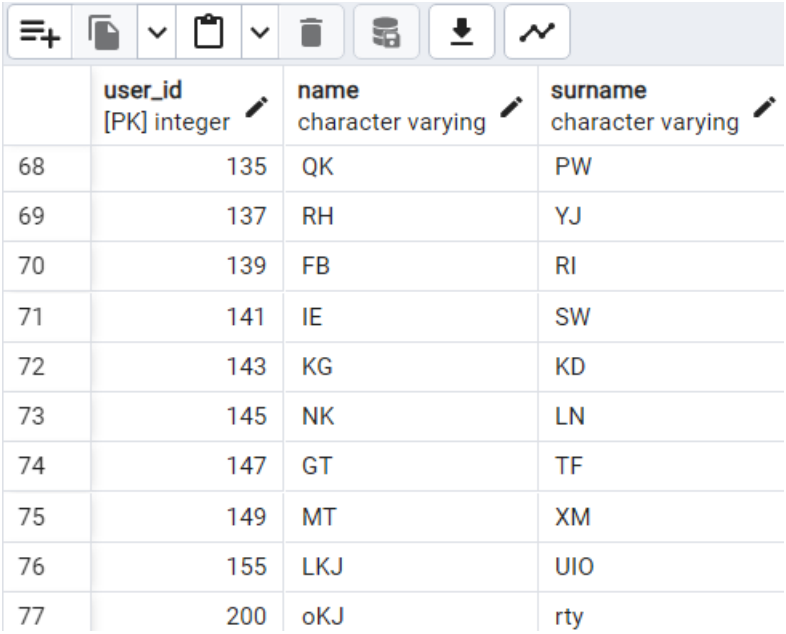


Рисунок 32 – Запит вставки рядка в таблицю «users_tr_1»

Після вставки ми можемо спостерігати що в таблицях «users_tr_1» та «users_tr_2» на рисунках 33 та 34 ми бачимо що оскільки 200 кратне 5, то такий самий рядок додався і до таблиці «users_tr_2».



	user_id [PK] integer	name character varying	surname character varying
68	135	QK	PW
69	137	RH	YJ
70	139	FB	RI
71	141	IE	SW
72	143	KG	KD
73	145	NK	LN
74	147	GT	TF
75	149	MT	XM
76	155	LKJ	UIO
77	200	oKJ	rty

Рисунок 33 –Таблиця «users_tr_1» після виконання запиту вставки

	user_id [PK] integer	name character varying	surname character varying
72	133	NV	MX
73	135	MH	MU
74	137	CN	BD
75	139	OW	GO
76	141	SV	KX
77	143	VQ	IH
78	145	IX	PC
79	147	BK	EF
80	149	FA	QJ
81	200	oKJ	rty

Рисунок 33 –Таблиця «users_tr_2» після виконання запиту вставки

Завдання №4

Рівень ізоляції транзакцій READ COMMITTED

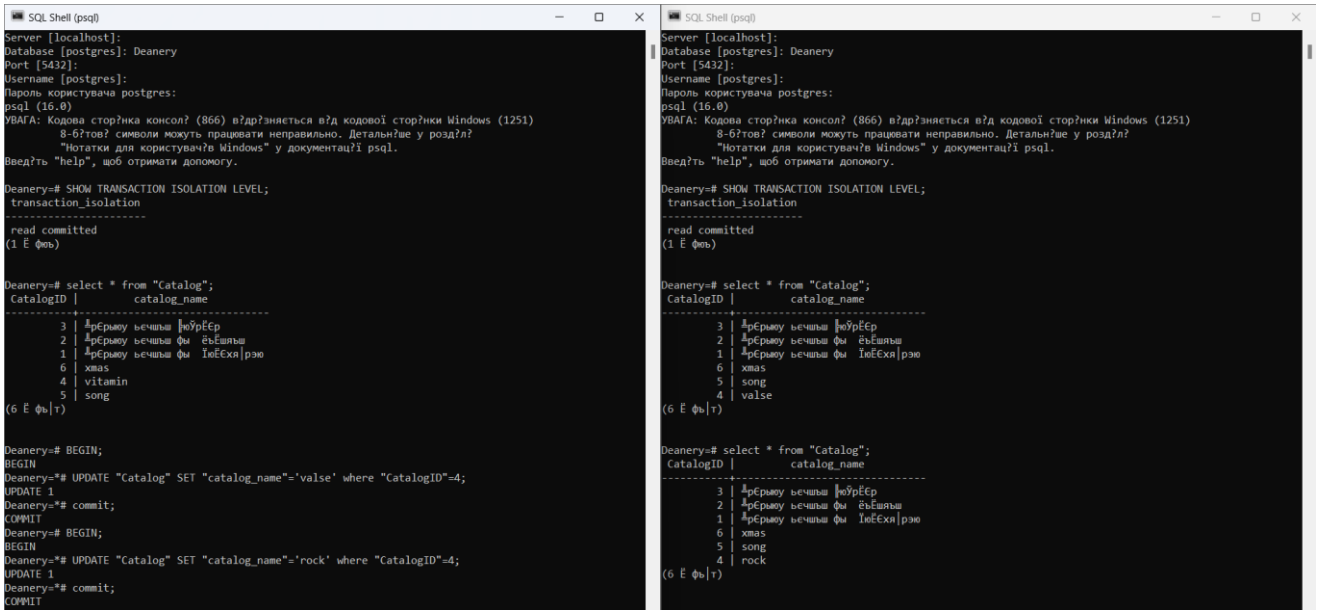


Рисунок 35 – Виконання запиту редагування даних в таблиці при рівні ізоляції READ COMMITTED

Рисунок 36 – Виконання запиту вставки даних в таблицю при рівні ізоляції READ COMMITTED

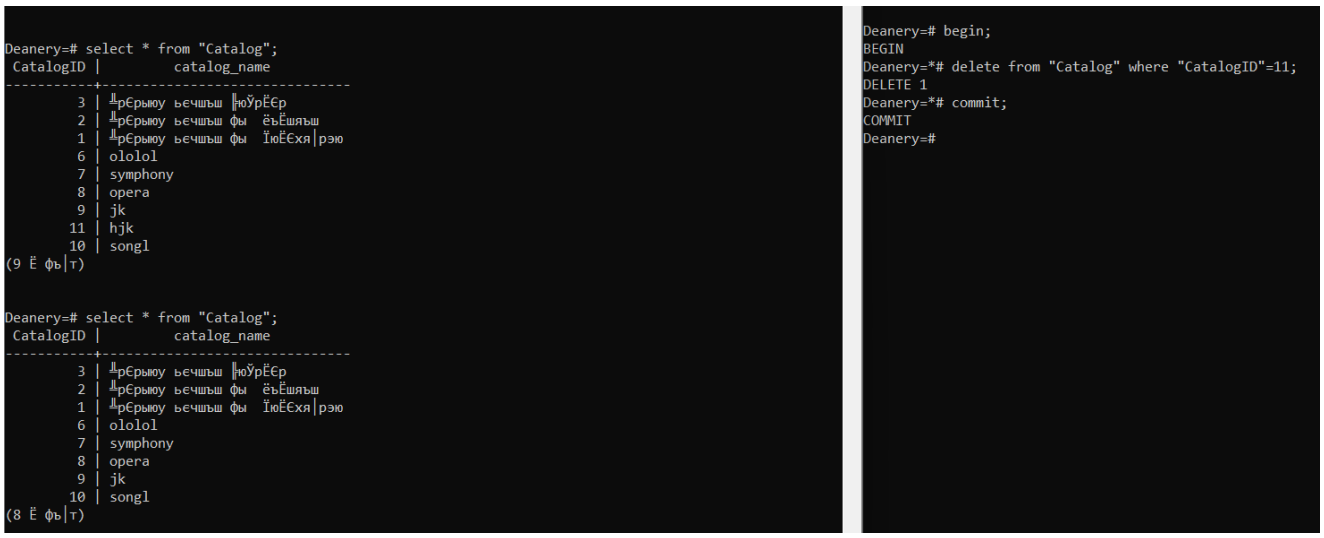


Рисунок 37 – Виконання запиту видалення даних з таблиці при рівні ізоляції READ COMMITTED

Рівень ізоляції транзакцій REPEATABLE READ

На рисунку 38 ми бачимо, що транзакція повторно зчитує деякі дані та виявляє, що вони були змінені іншою транзакцією з моменту першого зчитування. Тоді як на рисунку при рівні ізоляції REPEATABLE READ ми бачимо що при повторному зчитуванні дані не змінюються після виконання запиту іншою транзакцією.

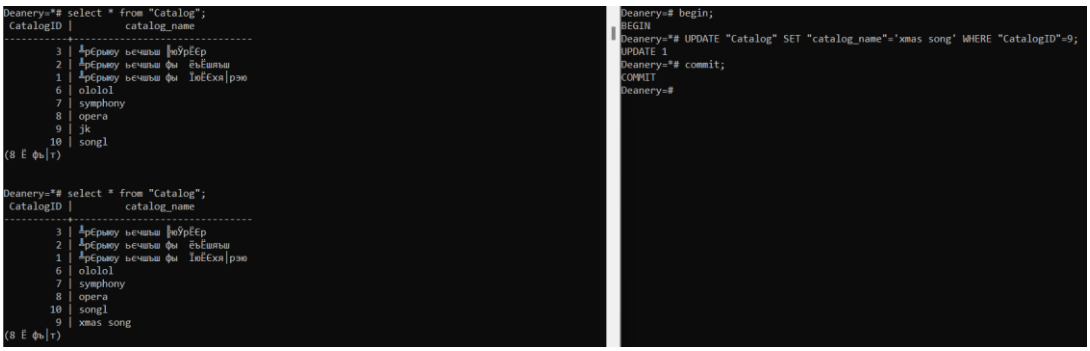


Рисунок 38 – Виконання запиту редагування даних в таблиці при рівні ізоляції READ COMMITTED

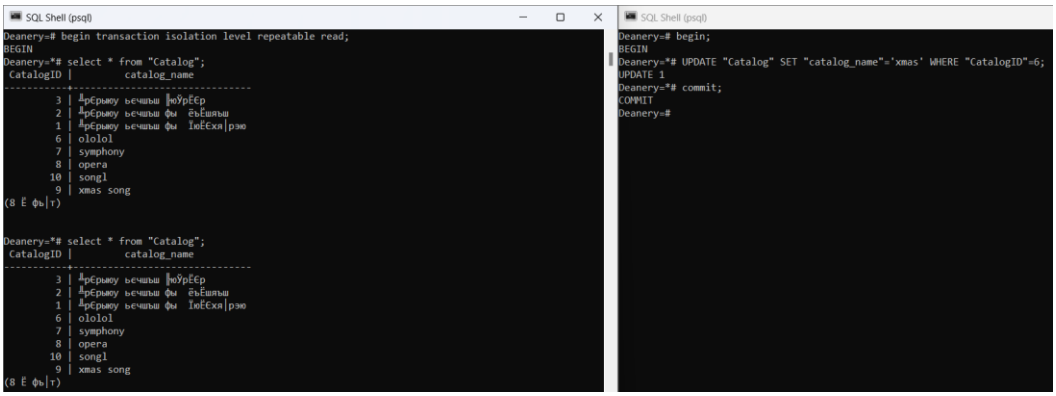


Рисунок 39 – Виконання запиту редагування даних в таблиці при рівні ізоляції REPEATABLE READ

На рисунках 40 та 41 ми спостерігаємо також що при рівні ізоляції READ COMMITTED при повторному зчитуванні, після вставки рядка дані вже змінені, на відміну від ситуації, коли використовується рівень ізоляції REPEATABLE READ .

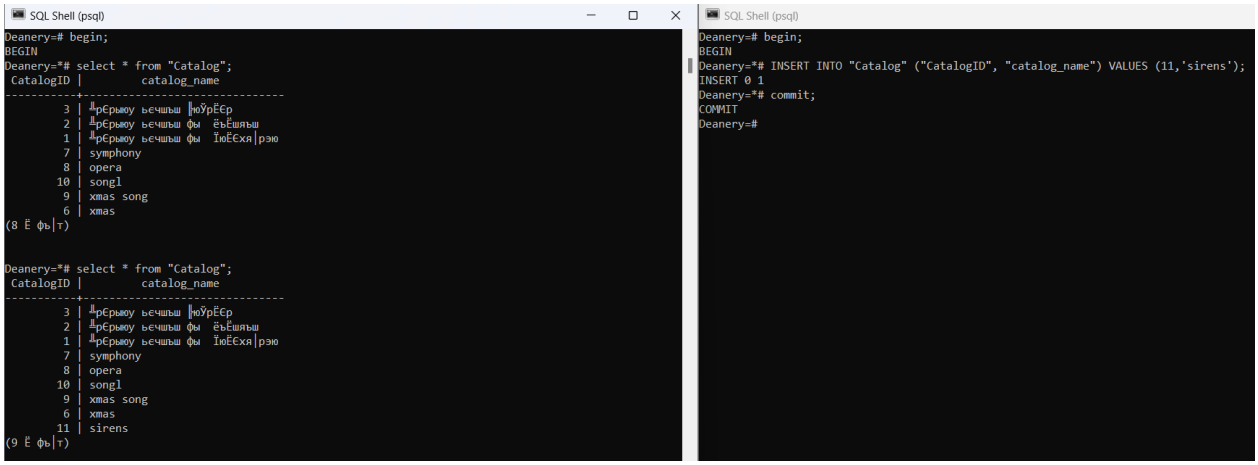


Рисунок 40 – Виконання запиту вставки даних в таблицю при рівні ізоляції с

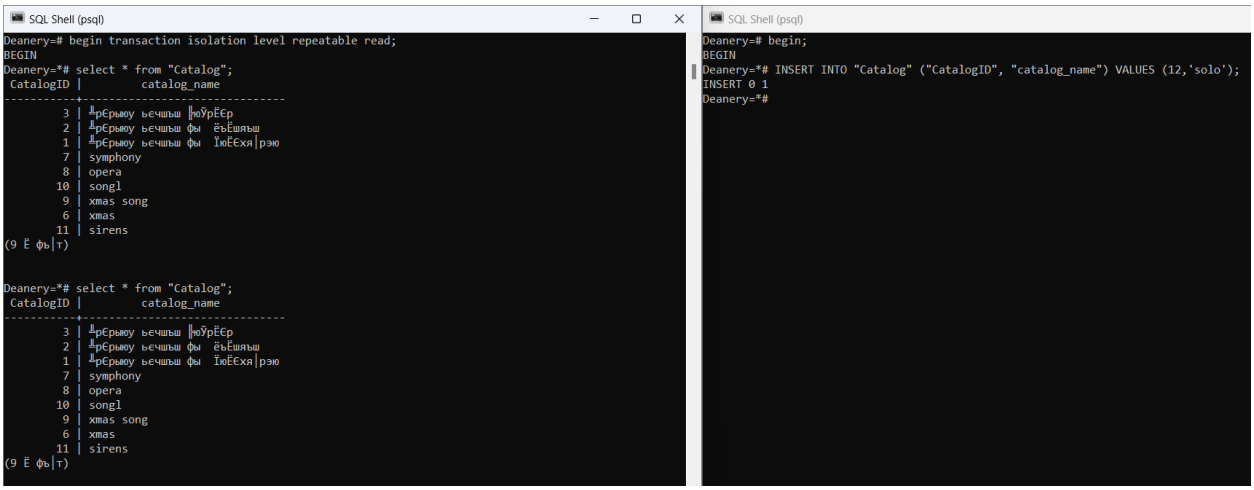


Рисунок 41 – Виконання запиту вставки даних в таблицю при рівні ізоляції REPEATABLE READ

На рисунках 43 та 44 зображені транзакції де при рівнях READ COMMITTED та REPEATABLE READ виконується запит видалення рядка, як і в випадку редагування та вставки рядка при рівні ізоляції READ COMMITTED при повторному зчитуванні, після вставки рядка дані вже змінені, на відміну від ситуації, коли використовується рівень ізоляції REPEATABLE READ .

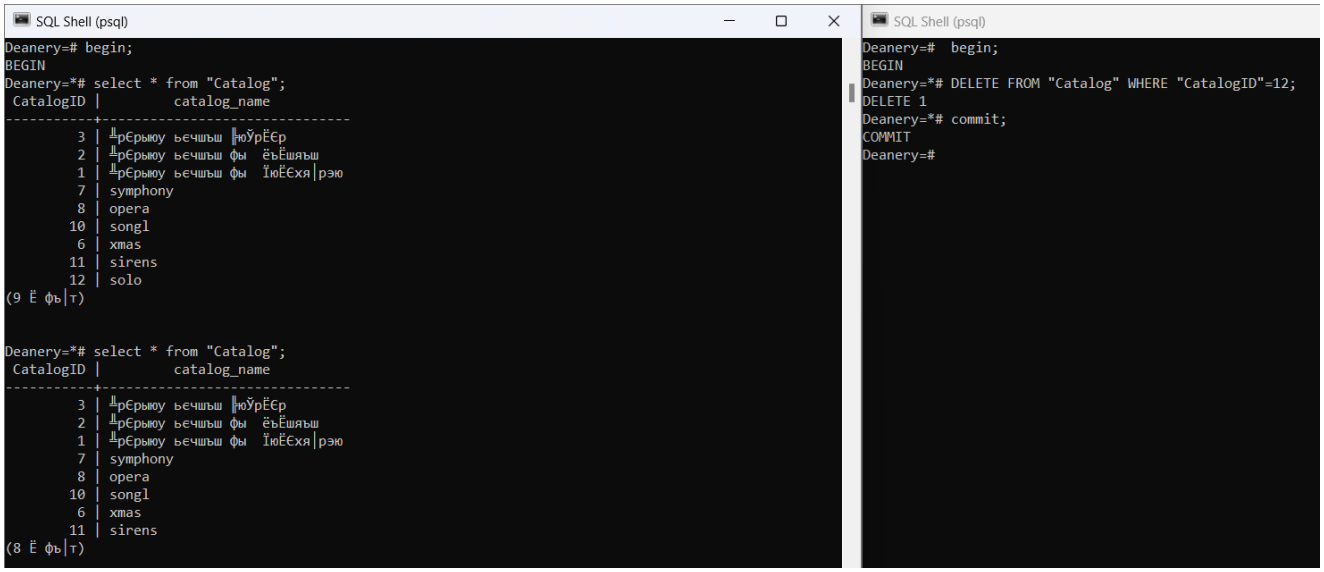


Рисунок 43 – Виконання запиту видалення даних з таблиці при рівні ізоляції READ COMMITTED

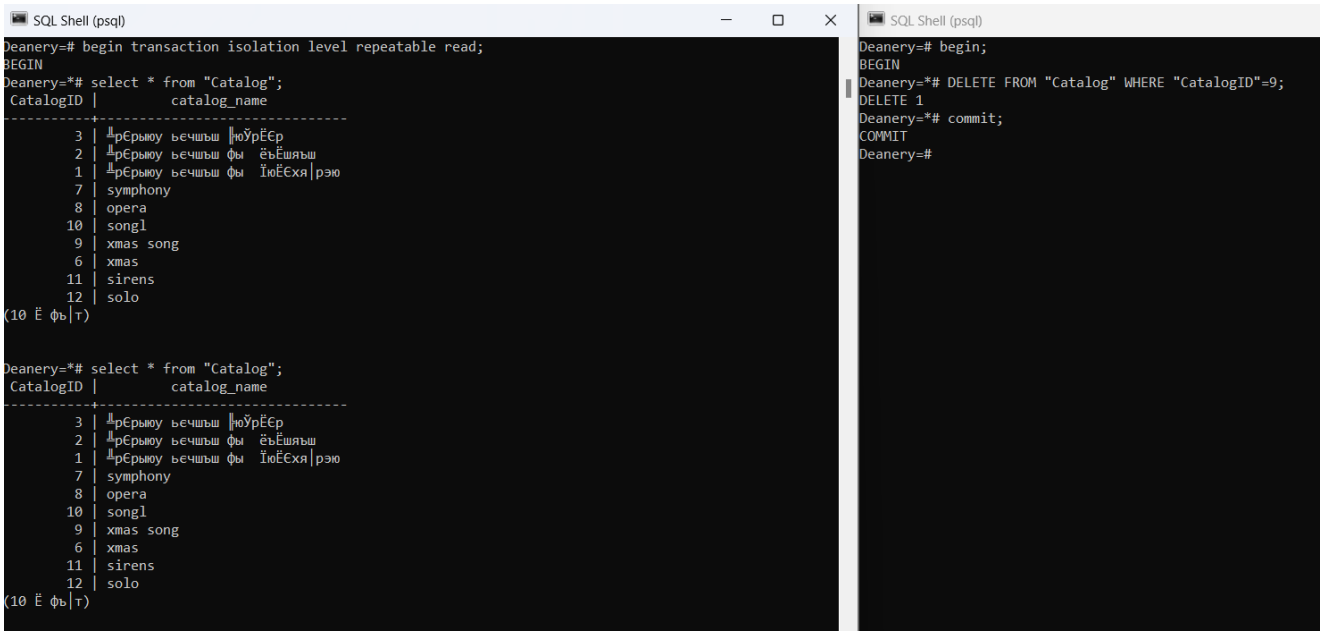


Рисунок 44 – Виконання запиту видалення даних з таблиці при рівні ізоляції REPEATABLE READ

Рівень ізоляції транзакцій SERIALIZABLE

На рисунку 45 зображено в Виконання запиту вставки даних в таблицю при рівні ізоляції READ COMMITTED і ми бачимо що при двох одночасних транзакціях були внесені дані, що може призвести після зміни даних до неточності оскільки в одній з транзакцій можуть відображатись неточні дані, саме такий випадок зображується також на рисунках 47 та 49. Для того щоб виправити цю ситуацію можна використати рівень ізоляції SERIALIZABLE, який застосовується на рисунках 46, 48, 50.

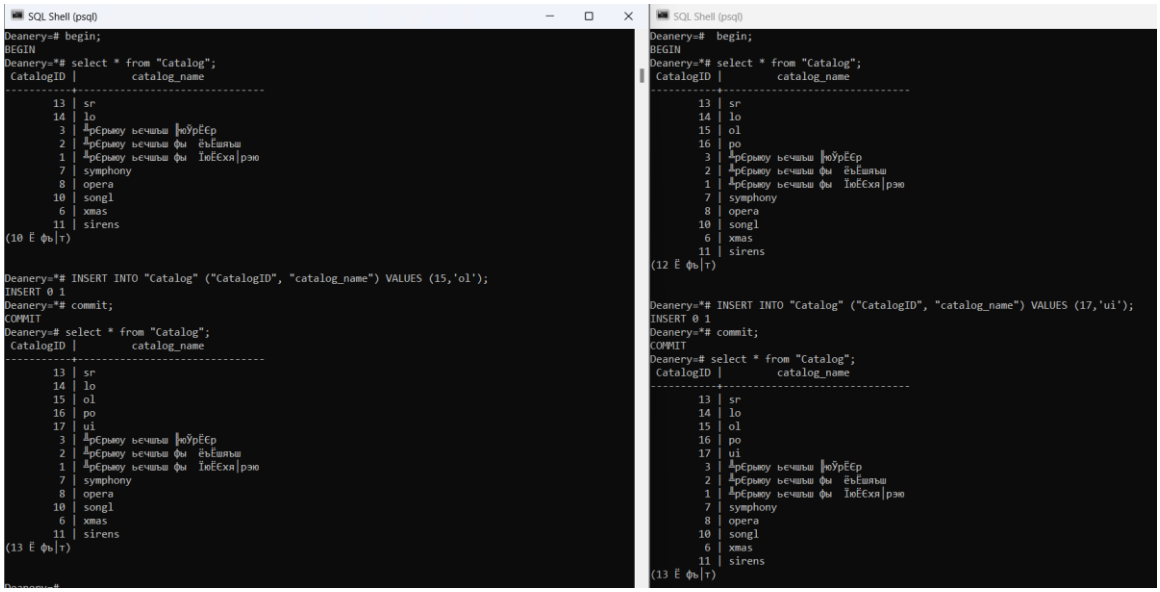


Рисунок 45 – Виконання запиту вставки даних в таблицю при рівні ізоляції READ COMMITTED

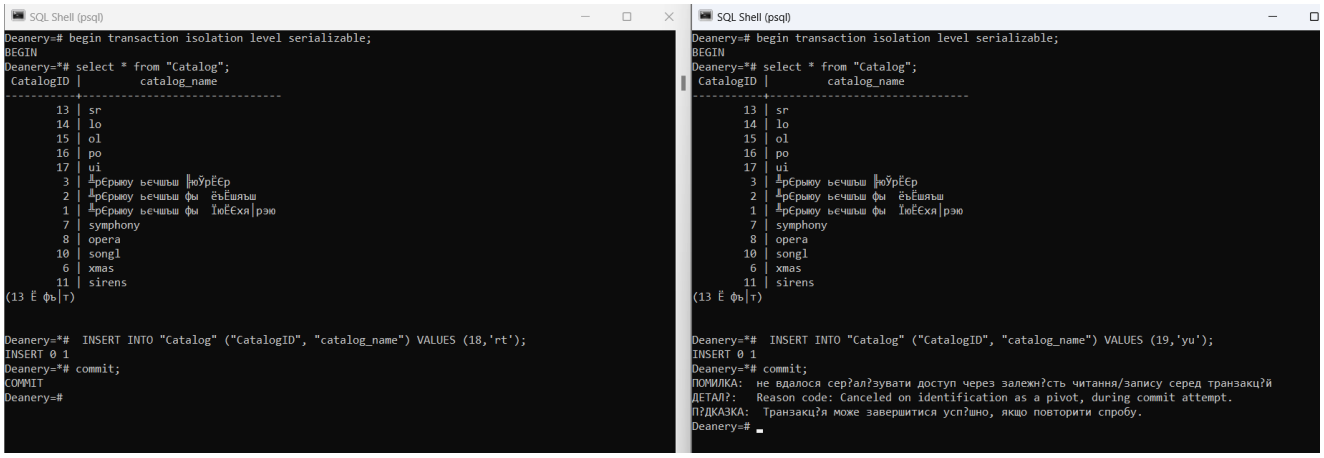


Рисунок 46 – Виконання запиту вставки даних в таблицю при рівні ізоляції SERIALIZABLE

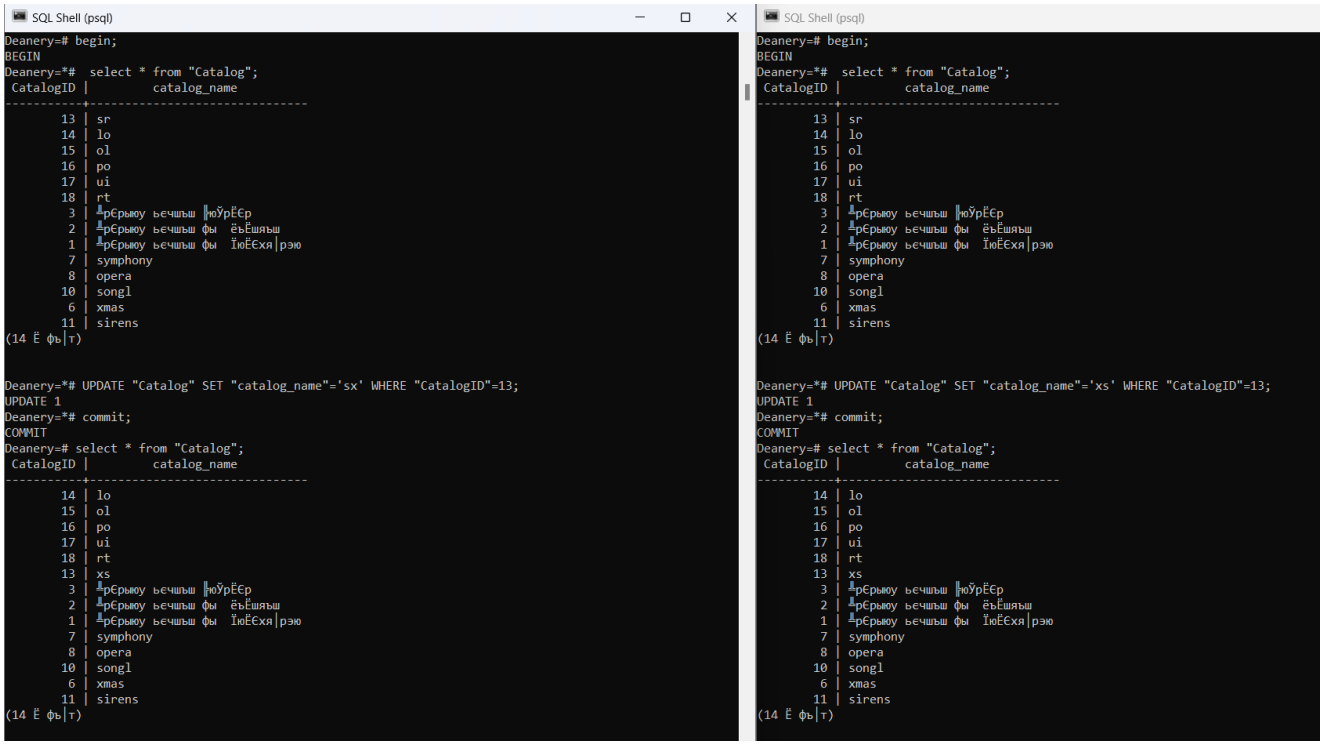


Рисунок 47 – Виконання запиту редагування даних в таблиці при рівні ізоляції READ COMMITTED

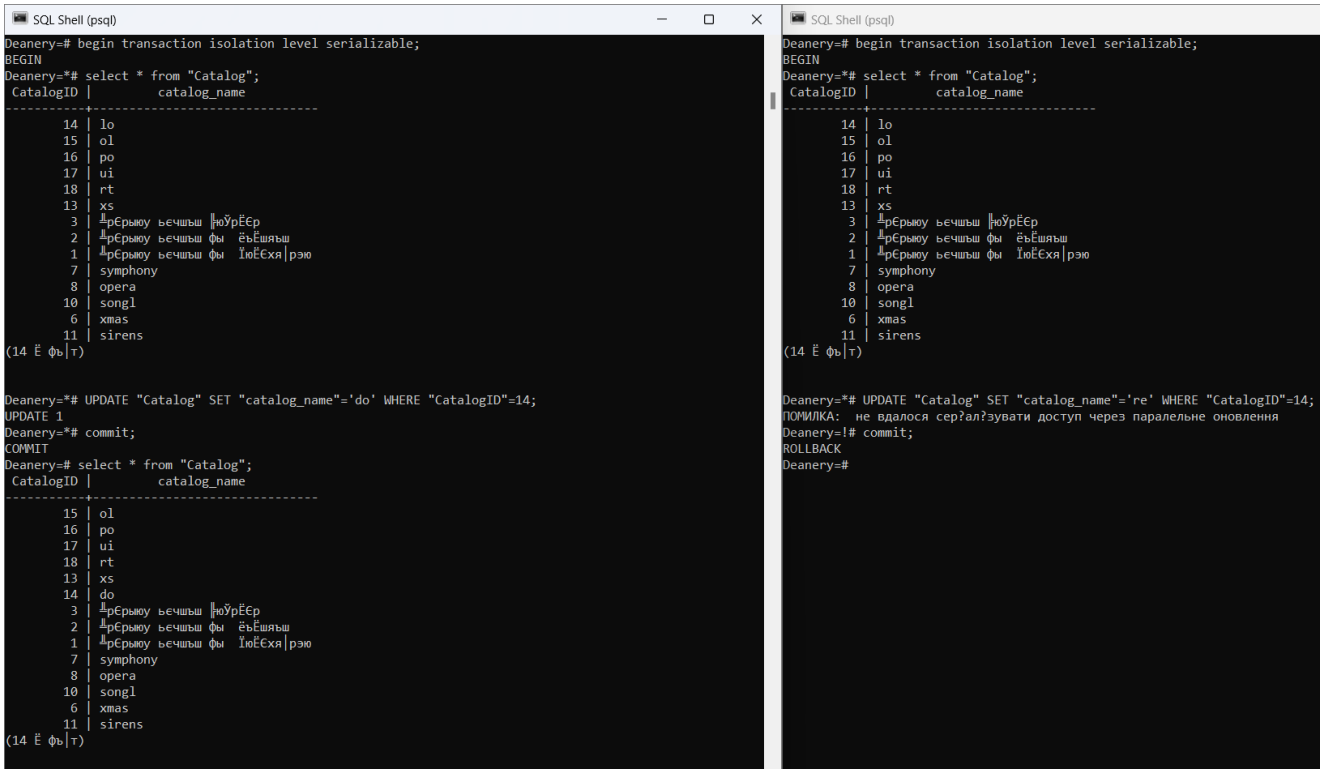


Рисунок 48 – Виконання запиту редагування даних в таблиці при рівні ізоляції SERIALIZABLE

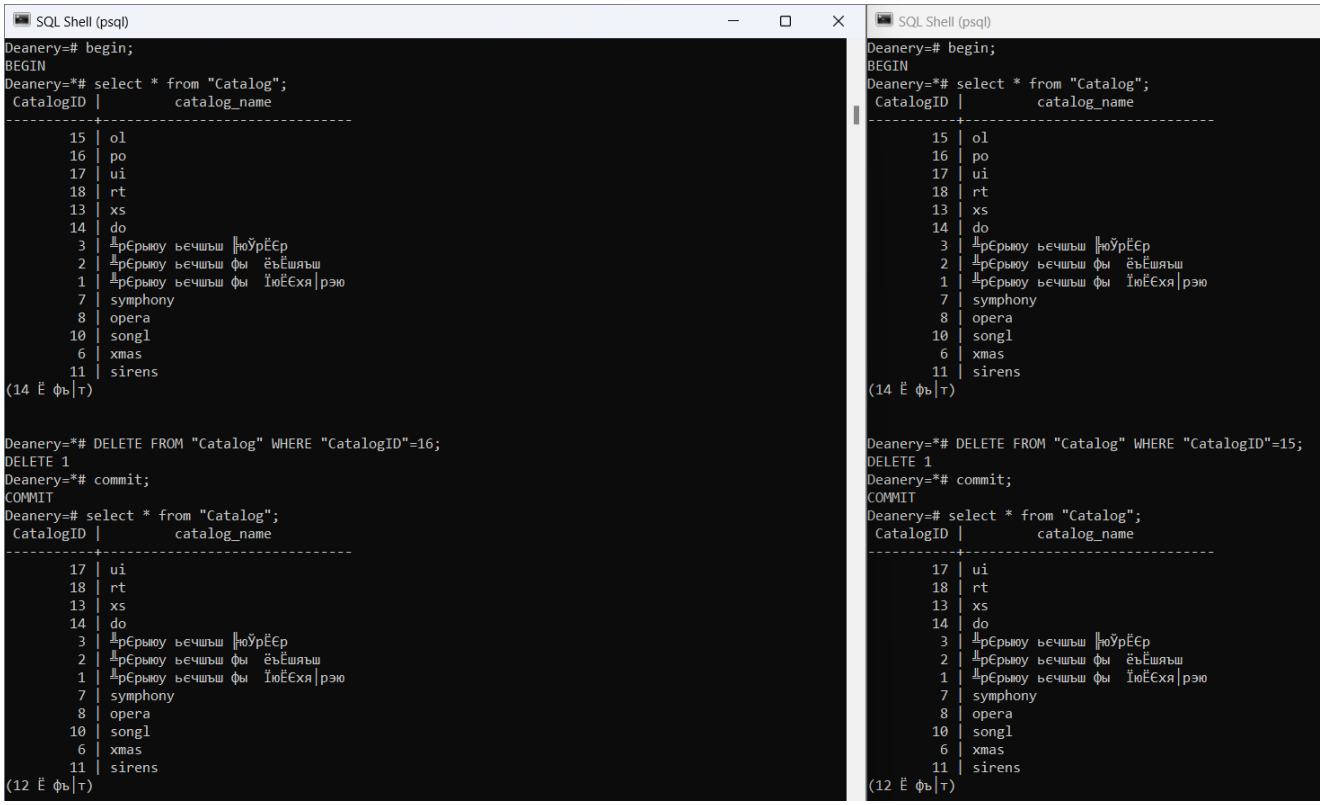


Рисунок 49 – Виконання запиту видалення даних з таблиці при рівні ізоляції READ COMMITTED

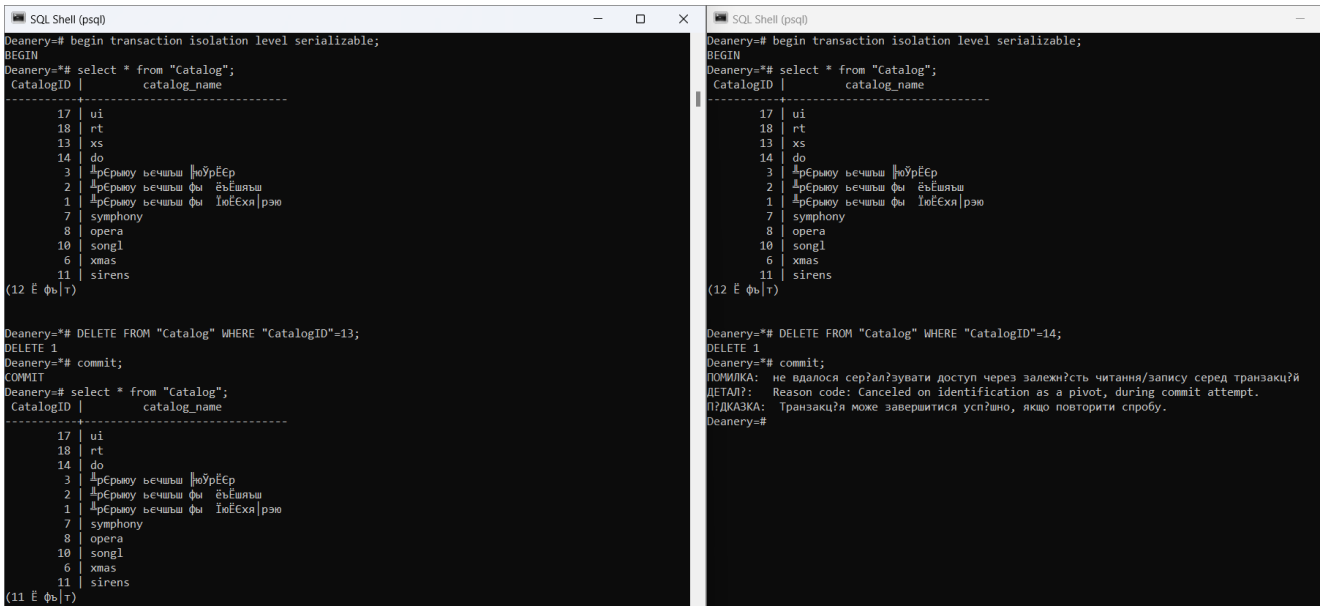


Рисунок 50 – Виконання запиту видалення даних з таблиці при рівні ізоляції SERIALIZABLE

Telegram: https://t.me/lumi_789

GitHub: https://github.com/liudapavlenko/lab_2.git