

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Манипулирование базой данных. Реляционная алгебра и язык SQL

1.1 Цель работы

Изучить основы реляционной алгебры, как базового средства манипулирования. Выработать у обучающихся практические навыки по работе с реляционными базами данных и представлению запросов как на языке реляционной алгебре, так и SQL.

1.2 Данные, на примере которых будут показаны операции

Рейс

№ рейса	Пункт отправления	Пункт назначения	Время вылета	Стоимость
35	Севастополь	Москва	9-40	50
47	Севастополь	Санкт-Петербург	12-00	70
112	Москва	Санкт-Петербург	16-00	30

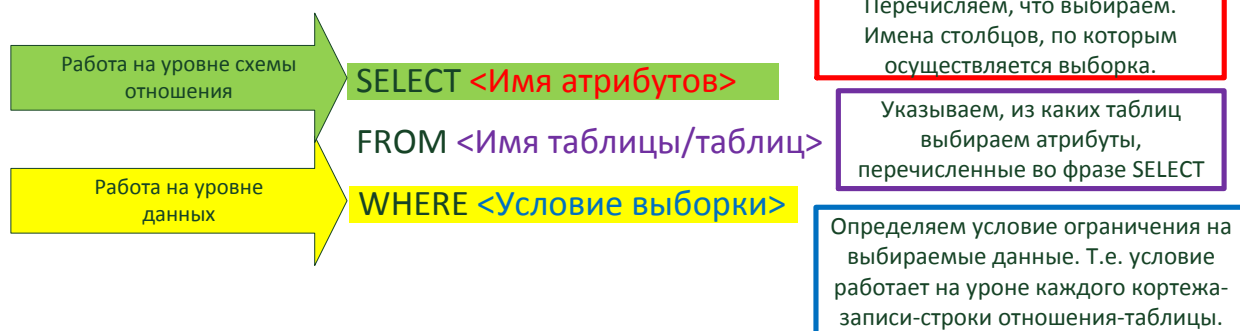
Полет

Дата	№ рейса	Код экипажа	Свободные места	Тип самолета	Объем груза
1.10	35	17	12	Ту-154	3
1.10	112	15	7	Боинг-7	5
2.10	47	18	4	Боинг-7	4
3.10	35	17	3	Ту-154	2

Самолет

Тип самолета	Число экипажа	Кол-во мест	Вес груза
Ту-154	5	80	5
Боинг-7	8	110	7

1.3 Простая форма выборки



1.4 Реляционные операции

- операции над одним отношением – унарные: проекция, селекция (выборка);
- операции работы с множествами: объединение, пересечение, вычитание;
- декартово произведение и операция соединения;
- операция деления.

1.4.1 Проекция

Проекция – выборка из отношения данных по заданным атрибутам.

A	B	C	D

 →

B	D

Запрос: Определить соотношение между типом самолета и допустимой массой перевозимого груза.

SQL:

SELECT тип_самолета, вес_груза
FROM Самолет

PA:

$R = \pi_{\text{тип_самолета, вес_груза}}(\text{Самолет})$

Указываем атрибуты, по которым производим проекцию на отношение

Самолет

Тип самолета	Число экипажа	Кол-во мест	Вес груза
Ту-154	5	80	5
Боинг-7	8	110	7

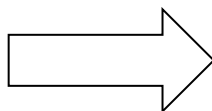
Результат

Тип самолета	Вес груза
Ту-154	5
Боинг-7	7

1.4.2 Селекция

Выборка-селекция – выборка из отношения кортежей с ограничением на данные.

A	B	C	D
1			aaa
5			
6			
14			aaa



A	B	C	D
1			aaa
14			aaa

Запрос: Вывести полную информацию о полете, которую осуществляет экипаж с кодом 17.

SQL:

SELECT *
FROM Полет
WHERE код_экипажа = 17

PA:

$R = \sigma_{\text{код_экипажа} = 17}(\text{Полет})$

Условие ограничения на выбираемые кортежи

Полет

Дата	№ рейса	Код экипажа	Свободные места	Тип самолета	Объем груза
1.10	35	17	12	Ту-154	3
1.10	112	15	7	Боинг-7	5
2.10	47	18	4	Боинг-7	4
3.10	35	17	3	Ту-154	2

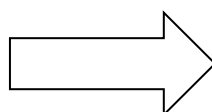


Результат:

Дата	№ рейса	Код экипажа	Свободные места	Тип самолета	Объем груза
1.10	35	17	12	Ту-154	3
3.10	35	17	3	Ту-154	2

1.4.3 Совмещение операций Проекция и Селекция

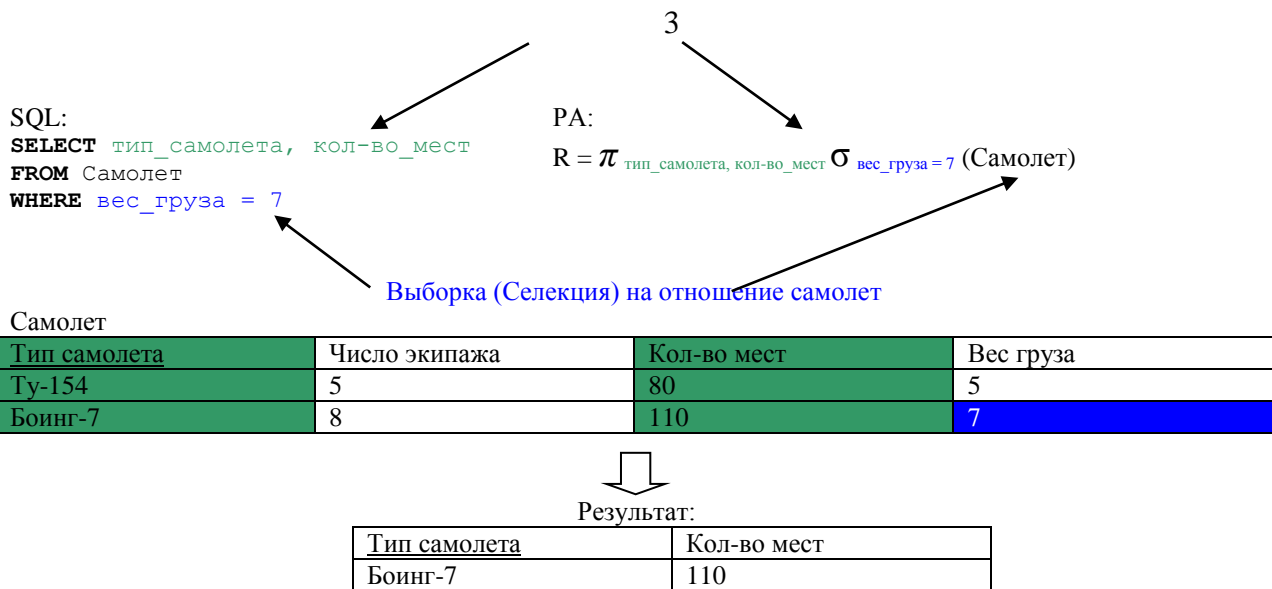
A	B	C	D
1	a	b	10
2	c	b	12
3	d	m	3



B	C
c	b

Запрос: Вывести информацию о типе самолета и количестве мест для самолетов с допустимым весом груза 7 т.

Проекция на отношение самолет



1.4.4 Примеры решения задач на PA и SQL

1. Определить число свободных мест по всем рейсам на 20.06.18.

$R = \pi_{\text{№рейса, свободные_места}} (\sigma_{\text{дата} = 20.06.18} (\text{Полет}))$;

SELECT №рейса, свободные места
FROM Полет **WHERE** дата = "20.06.18";

2. Определить рейсы и время вылета из Симферополя в Москву.

$R = \pi_{\text{№рейса, время_вылета}} (\sigma_{\text{пункт_отправления} = \text{«Симферополь»} \wedge \text{пункт_назначения} = \text{«Москва»}} (\text{Рейс}))$;

SELECT №рейса, время вылета **FROM** Рейс
WHERE пункт_отправления = "Симферополь" **AND** пункт_назначения = "Москва";

3. Определить типы самолетов, число членов экипажа на которых 13.

$R = \pi_{\text{тип_самолета}} (\sigma_{\text{число_экипажа} = 13} (\text{Самолет}))$

SELECT тип_самолета **FROM** Самолет **WHERE** число_экипажа = 13;

1.4.5 Объединение

Операция допустима только над совместными множествами-доменами (одной природы и структуры). Т.е. операция допустима для отношений, имеющих одинаковые схемы. Если отношение имеют разные схемы, но в схемах присутствуют атрибуты, реализованные на одном домене, то операция Объединение допустима для таких отношений только при приведении этих отношений операцией проекцией (над каждым) к одинаковым схемам.

Отношение 1:

A	B	C	D

Отношение 2:

K	C	N

Шаг1. Проекция на отношение 1 по атрибуту C. Проекция на отношение 2 по атрибуту C.

C

C

Шаг 2. Объединение. Отношения имеют одинаковые схемы, операция объединения допустима.

C

Запрос: Определить тип самолета, для которых либо число членов экипажа равно 5, либо код экипажа равен 15.

Проекция: 1. приведение отношения Полет к новой схеме; 2. приведения отношения Самолет к новой схеме.

SQL:

```
SELECT тип_самолета
FROM Полет
WHERE код_экипажа = 15
UNION
SELECT тип_самолета
FROM Самолет
WHERE число_экипажа = 5
```

PA:

```
R1 = πтип_самолета σкод_экипажа = 15 (Полет)
R2 = πтип_самолета σчисло_экипаж = 7 (Самолет)
R = R1 ∪ R2
```

Ограничения на выборку по кортежам

UNION – признак операции объединения для SQL.

Полет

Дата	№ рейса	Код экипажа	Свободные места	Тип самолета	Объем груза
1.10	35	17	12	Ту-154	3
1.10	112	15	7	Боинг-7	5
2.10	47	18	4	Боинг-7	4
3.10	35	17	3	Ту-154	2

Самолет

Тип самолета	Число экипажа	Кол-во мест	Вес груза
Ту-154	5	80	5
Боинг-7	8	110	7

Промежуточный результат:

Самолет:

Тип самолета
Ту-154

Полет:

Тип самолета
Боинг-7



Самолет ∪ Полет

Тип самолета
Ту-154
Боинг-7

1.4.6 Пересечение

Операция допустима только над совместными множествами-доменами (одной природы и структуры). Т.е. операция допустима для отношений, имеющих одинаковые схемы. Если отношения имеют разные схемы, но в схемах присутствуют атрибуты, реализованные на одном домене, то операция Пересечение допустимо для таких отношений только при приведении этих отношений операцией проекцией (над каждым) к одинаковым схемам.

Отношение 1:

A	B	C	D

Отношение 2:

K	C	N

Шаг1. Проекция на отношение 1 по атрибуту C. Проекция на отношение 2 по атрибуту C.

C

C

Шаг 2. Пересечение. Отношения имеют одинаковые схемы, операция пересечения допустима.

C

Элементы множеств, принадлежащих одновременно отношению 1 и отношению 2.

Запрос: Вывести полную информацию о полетах для самолетов с максимально допустимым весом груза до 6 т.

Неявное приведение отношения Полет к новой схеме по заданному атрибуту.

Проекция: приведение отношения Самолет к новой схеме.

SQL:
SELECT *
FROM Полет
WHERE тип_самолета **IN**
 (**SELECT** тип_самолета
FROM Самолет
WHERE вес_груза <= 6)

PA:
 $R1 = \pi_{\text{тип_самолета}}(\text{Полет})$
 $R2 = \pi_{\text{тип_самолета}} \sigma_{\text{вес_груза} \leq 6}(\text{Самолет})$
 $R = R1 \cap R2$
 Итоговое отношение:
 $R = \sigma_{\text{тип_самолета}}(\text{Полет})$

Выборка (Селекция) кортежа: вес груза до 6.

IN – признак операции пересечения.

Полет

Дата	№ рейса	Код экипажа	Свободные места	Тип самолета	Объем груза
1.10	35	17	12	Ту-154	3
1.10	112	15	7	Боинг-7	5
2.10	47	18	4	Боинг-7	4
3.10	35	17	3	Ту-154	2

Самолет

Тип самолета	Число экипажа	Кол-во мест	Вес груза
Ту-154	5	80	5
Боинг-7	8	110	7

Промежуточный результат:

Самолет:

Тип самолета
Ту-154

Полет:

Тип самолета
Ту-154
Боинг-7
Боинг-7
Ту-154

Самолет \cap Полет

Тип самолета
Ту-154

Результат действия запроса $R = \sigma_{\text{тип_самолета} \in R}(\text{Полет})$:

Дата	№ рейса	Код экипажа	Свободные мест	Тип самолета	Объем груза
1.10	35	17	12	Ту-154	3
3.10	35	17	3	Ту-154	2

1.4.7 Вычитание

Операция допустима только над совместными множествами-доменами (одной природы и структуры). Т.е. операция допустима для отношений, имеющих одинаковые схемы. Если отношения имеют разные схемы, но в схемах присутствуют атрибуты, реализованные на одном домене, то операция Вычитания допустима для таких отношений только при приведении этих отношений операцией проекцией (над каждым) к одинаковым схемам.

Отношение 1:

A	B	C	D

Отношение 2:

K	C	N

Шаг1. Проекция на отношение 1 по атрибуту C. Проекция на отношение 2 по атрибуту C.

C

C

Шаг 2. Вычитание. Отношения имеют одинаковые схемы, операция вычитания допустима.

C

Элементы множеств, принадлежащие отношению 1, и не принадлежащие отношению 2.

Запрос: Определить номера рейсов, которые не производились с даты A по дату B.

Неявное приведение отношений к новой схеме по заданному атрибуту.

SQL:

```
SELECT №_рейса
FROM Полет
WHERE №_рейса NOT EXISTS
  (SELECT №_рейса
   FROM Полет
   WHERE дата between A and B )
```

PA:

$R1 = \pi_{\text{№_рейса}} (\text{Полет})$

$R2 = \pi_{\text{№_рейса}} \sigma_{\text{дата} > A \wedge \text{дата} < B} (\text{Полет})$

$R = R1 - R2$

Выборка (Селекция) кортежа: дата с A по B.

NOT EXISTS – признак операции вычитания.

Полет

Дата	№ рейса	Код экипажа	Свободные места	Тип самолета	Объем груза
1.10	35	17	12	Ту-154	3
1.10	112	15	7	Боинг-7	5
2.10	47	18	4	Боинг-7	4
3.10	35	17	3	Ту-154	2

Промежуточный результат:

Полет:

№ рейса
35
112
47
35

Полет (ограничения по дате с 1.10 по 2.10):

№ рейса
35
112
47

Результат действия запроса: Полет – Полет

№ рейса
\emptyset (null)

1.4.8 Декартово произведение

Единицей, над которой осуществляются действия при декартовом произведении, является кортеж отношения.

Пусть n_1 – количество атрибутов схемы отношения 1;

n_2 – количество атрибутов схемы отношения 2;

m_1 – количество кортежей отношения 1;

m_2 – количество кортежей отношения 2.

Для примера, соответственно:

$n_1 = 4$; $n_2 = 3$; $m_1 = 3$; $m_2 = 4$.

Отношение 1:

A	B	C	D
1			
2			
3			

Отношение 2:

K	C	N
1		
2		
3		
4		

отношение1 \times отношение2

A	B	C	D	K	C	N
1	...			1		
...
1	...			4		
...
3	...			1		
...
3	...			4		

$$m = m_1 + m_2$$

$$n = n_1 + n_2$$

Характеристика n – мощность отношения. $n = n_1 + n_2 = 7$.

Характеристика m – арность отношения $m = m_1 + m_2 = 12$.

Запрос: Определить все возможные комбинации между существующими рейсами и типами самолетов.

SQL:

```
SELECT *
FROM Самолет, Рейс
```

РА:

R = Самолет × Рейс

Комбинация признаков декартова произведения в SQL-запросе:

- выбираются все атрибуты – участвуют полностью схемы отношений;
- во фразе FROM дано перечисление таблиц;
- отсутствует условие ограничения.

Рейс

№ рейса	Пункт отправления	Пункт назначения	Время вылета	Стоимость
35	Севастополь	Москва	9-40	50
47	Севастополь	Санкт-Петербург	12-00	70
112	Москва	Санкт-Петербург	16-00	30

Самолет

Тип самолета	Число экипажа	Кол-во мест	Вес груза
Ту-154	5	80	5
Боинг-7	8	110	7

Результат:

№ рейса	Пункт отправления	Пункт назначения	Время вылета	Стоимость	Тип самолета	Число экипажа	Кол-во мест	Вес груза
35	Севастополь	Москва	9-40	50	Ту-154	5	80	5
35	Севастополь	Москва	9-40	50	Боинг-7	8	110	7
47	Севастополь	Санкт-Петербург	12-00	70	Ту-154	5	80	5
47	Севастополь	Санкт-Петербург	12-00	70	Боинг-7	8	110	7
112	Москва	Санкт-Петербург	16-00	30	Ту-154	5	80	5
112	Москва	Санкт-Петербург	16-00	30	Боинг-7	8	110	7

1.4.9 Соединение

Операция соединения допустима только, если отношения содержат атрибуты, реализованные на одном домене.

Реализацию операции соединения можно рассматривать, как операцию декартова произведения, при наличии условия ограничения на общий атрибут отношений, по которому реализовано соединение.

Отношение 1:

A	B	C	D
a	b	1	K
a	d	7	l
c	g	10	m
f	b	14	n

Отношение 2:

K	C	N
x	7	u
y	14	t

Соединение отношения 1 с отношением 2 по атрибуту C.

A	B	C	D	K	N
a	d	7	l	x	u
f	b	14	n	y	t

Атрибут, по которому производится соединение, в итоговом отношении указывается один раз.

Запрос: Вывести полную информацию по осуществляемым полетам и обеспечивающим эти полеты самолетам.

Перечисляются все атрибуты итогового отношения.

SQL 1 вариант:

```
SELECT Полет.*, Самолет.*
FROM Полет, Самолет
WHERE Полет.тип_самолета =
Самолет.тип_самолета
```

РА:

R = Полет ▷◁ Самолет
тип_самолета=тип_самолета

SQL 2 вариант:

```
SELECT Полет.*, Самолет.*
FROM Полет JOIN Самолет
ON полет.тип_самолета =
самолет.тип_самолета
```

Условие соединения.

Полет

Дата	№ рейса	Код экипажа	Свободные места	Тип самолета	Объем груза
1.10	35	17	12	Ту-154	3
1.10	112	15	7	Боинг-7	5
2.10	47	18	4	Боинг-7	4
3.10	35	17	3	Ту-154	2

Самолет

Тип самолета	Число экипажа	Кол-во мест	Вес груза
Ту-154	5	80	5
Боинг-7	8	110	7

Результат:

Дата	№ рейса	Код экипажа	Свободные места	Тип самолета	Объем груза	Число экипажа	Кол-во мест	Вес груза
1.10	35	17	12	Ту-154	3	5	80	5
1.10	112	15	7	Боинг-7	5	8	110	7
2.10	47	18	4	Боинг-7	4	8	110	7
3.10	35	17	3	Ту-154	2	5	80	5

1.4.10 Деление

Делимое – отношение 1, включает в себя связку атрибутов вида:

A	B	C	D
	1	3	
	2	1	
	2	2	
	2	3	
	3	2	

Делитель – отношение 2, включает один из атрибутов представленной пары В-С.

K	C	N
	1	
	2	
	3	

Частное – результат операции деления, отношение1 / отношение2.

B
2

Результат – значение по атрибуту В отношения 1, включающее множество всех допустимых значений С отношения 2.

Запрос: Определить дату, когда осуществляют рейсы все возможные типы самолетов.

Признак операции деления в запросе – все возможные.

SQL:

```
SELECT DISTINCT дата FROM Полет A
WHERE NOT EXISTS
  (SELECT тип_самолета FROM Самолет
   WHERE NOT EXISTS
     (SELECT тип_самолета FROM Полет B
      WHERE B.тип_самолета = самолет.тип_самолета
      AND A.дата=B.дата) )
```

При анализе операции деления необходимо помнить, что SQL-запросы выполняются с внутреннего уровня вложенности.

3 запрос	SELECT DISTINCT дата FROM полет A WHERE NOT EXISTS	DISTINCT исключает повторяющиеся значения при выводе результата
2 запрос	(SELECT тип_самолета FROM самолет WHERE NOT EXISTS	Формирование «дополнения» на основе существующего множества всех самолетов (отношение самолет) к множеству типов самолетов, осуществляющих полет по заданной (конкретной) дате. Если «дополнение» = \emptyset – пустое множество, то в указанную дату осуществляют полет все возможные типы самолетов.
1 запрос	(SELECT тип_самолета FROM полет B WHERE B.тип_самолета = самолет.тип_самолета and A.дата=B.дата))	Формирование множества типов самолетов, осуществляющих полет в конкретную дату. Связывание двух копий таблицы полет по дате вылета.

Полет

Дата	№ рейса	Код экипажа	Свободные места	Тип самолета	Объем груза
1.10	35	17	12	Ту-154	3
1.10	112	15	7	Боинг-7	5
2.10	47	18	4	Боинг-7	4
3.10	35	17	3	Ту-154	2

Самолет

Тип самолета	Число экипажа	Кол-во мест	Вес груза
Ту-154	5	80	5
Боинг-7	8	110	7

Для реализации операции деления указанные отношения могут быть приведены к следующему виду:

Полет А

Дата	Тип самолета
1.10	Ту-154
1.10	Боинг-7
2.10	Боинг-7
3.10	Ту-154

Самолет

Тип самолета
Ту-154
Боинг-7

Полет В

Дата	Тип самолета
1.10	Ту-154
1.10	Боинг-7
2.10	Боинг-7
3.10	Ту-154

Результат операции деления:

Дата
1.10

Связывание на уровне вложенного внутреннего запроса двух копий А и В отношения полет по дате = '1.10' (первый кортеж отношения полет А). Результатом первого запроса будет множество {Ту-154, Боинг-7}.

Второй запрос работает с отношением самолет, формируя «дополнительное» множество к полученному. Для даты = '1.10' имеем \emptyset .

Третий запрос формирует результат. Если этот запрос выдает \emptyset , то в указанную дату использовались все типы самолетов.

Для даты = '1.10' (вторая строка отношения полет А): 1 запрос – {Ту-154, Боинг-7}; 2 запрос – \emptyset ; 3 запрос не включает дату '1.10' в итоговый список повторно (работает DISTINCT).

Для даты = '2.10': 1 запрос – {Боинг-7}; 2 запрос – {Ту-154}; 3 запрос не включает дату '2.10' в итоговый список.

Для даты = '3.10': 1 запрос – {Ту-154}; 2 запрос – {Боинг-7}; 3 запрос не включает дату '3.10' в итоговый список.

1.5 Ход работы

1. Проанализировать схему БД своего варианта задания (см. приложение А), выделить и классифицировать все существующие связи, определить необходимые ограничения целостности.

2. Создать базу данных и все ее таблицы. Особое внимание надо уделить описанию первичного ключа, значений по умолчанию, описателям NOT NULL и конструкции CHECK.

2. Установить связи между таблицами.

3. Занести в таблицу образцы данных оператором INSERT INTO. Необходимо занести не менее 10 строк.

4. Проверить работу ограничений целостности (каскадирование удаления, модификации и др.)

5. Продемонстрировать выполнение простых вычислений в запросе.

6. Использовать простое вычисление как параметр агрегатной функции.

7. Продемонстрировать работу предложения GROUP BY.

8. Продемонстрировать работу предложения HAVING.

9. Ознакомиться с операциями реляционной алгебры.

10. Применить к разработанной БД операции селекции и соединения в одном запросе.

11. Создать запрос, использующий операции проекции и деления (в одном запросе).

12. Создать запрос, использующий **операции проекции, объединения и конъюнкции** (в одном запросе).
13. Создать запрос, использующий **операции соединения и деления** (в одном запросе).
14. Создать запрос, использующий **операции вычитания и дизъюнкции** (в одном запросе).
15. Сформулировать и записать запрос на SQL, не реализующийся на РА.

1.6 Содержание отчета

1. Отчет состоит из цели работы, описания процесса выполнения работы и вывода.
2. Отчет должен содержать описание действий студента по конкретному варианту.
3. Запросы должны быть **сформулированы (на русском языке), представлены в форме РА и SQL**.
4. Отчет должен содержать:
 - таблицу исходных данных;
 - тексты запросов;
 - результаты их выполнения.

1.7 Контрольные вопросы

1. Перечислите основные операции РА (знать определение каждой из них, привести примеры).
2. Поясните действие операции проекции.
3. Приведите пример операции селекции.
4. Чем отличаются операции РА соединение и объединение.
5. Продемонстрируйте на примере, как выразить операцию соединения через декартово произведение.
6. Сформулировать и записать запрос на РА, не реализующийся на SQL.

```

    erDiagram
        Автор ||--}| Публикация : " "
        Тема ||--}| Публикация : " "
        Публикация ||--}| СведенияОЖурнале : " "
        Публикация ||--}| СведенияОЖурнале : " "
        Публикация }|--}| Тип : " "
        Тип ||--}| СведенияОЖурнале : " "

        Автор {
            string Номер_автора PK
            string Фамилия
            string Имя
            string Отчество
            string Адрес
        }

        Тема {
            string Номер_темы PK
            string Наименование_темы
        }

        Публикация {
            string Идентификатор PK
            string Номер_темы FK "AK1.1"
            string Номер_автора FK "AK1.2"
            string Заглавие
            string Дата_опубликования
            string Тип
        }

        СведенияОЖурнале {
            string Наименование_журнала
            string Номер_выпуска
            string Идентификатор FK
        }

        Тип {
            string Идентификатор PK
        }
  
```

Вариант 2

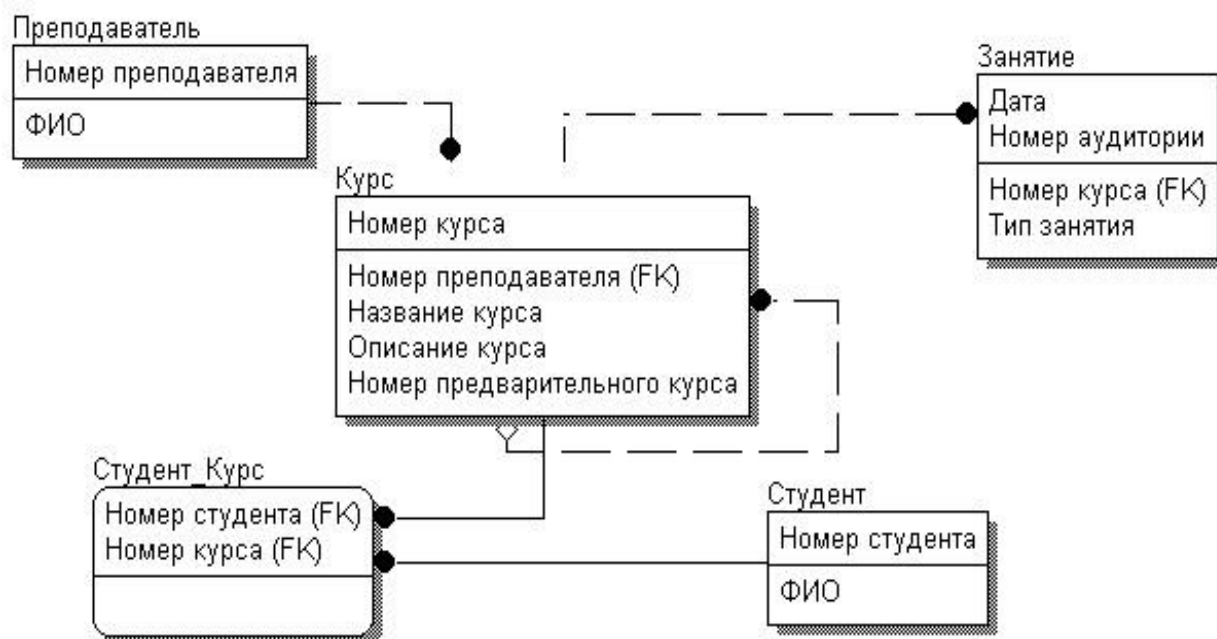


Рисунок А.2 – Структура системы, которая содержит информацию о внутренней системе обучения в большой промышленной компании

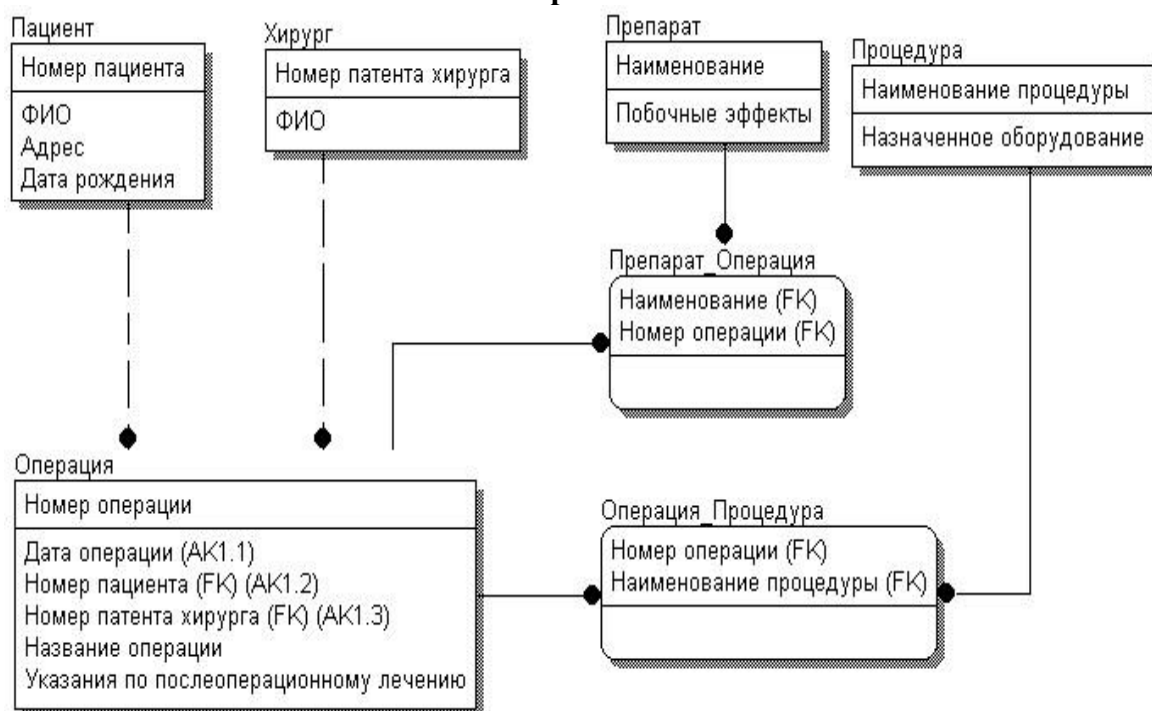
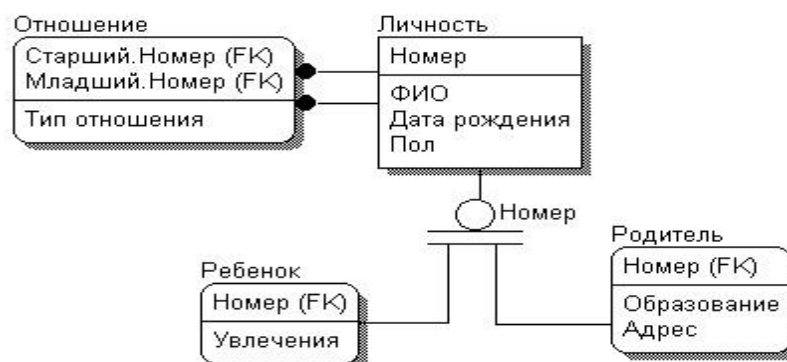
Вариант 3

Рисунок А.3 – Структура системы, которая содержит информацию о пациентах клиники

Вариант 4

Типы отношений: состоят в браке, является родителем

Рисунок А.4 – Структура системы, которая содержит анкетные данные служащих конторы

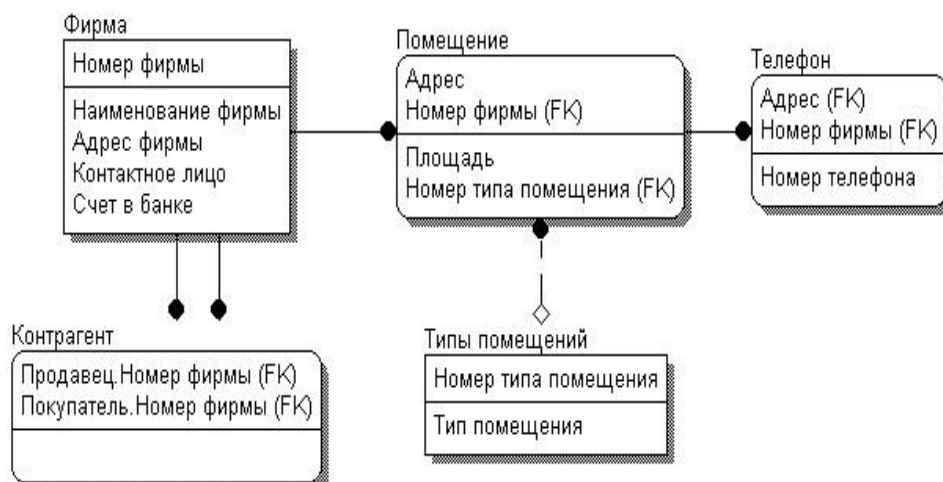
Вариант 5

Рисунок А.5 – Структура системы, которая содержит информацию о торговых фирмах

Вариант 6

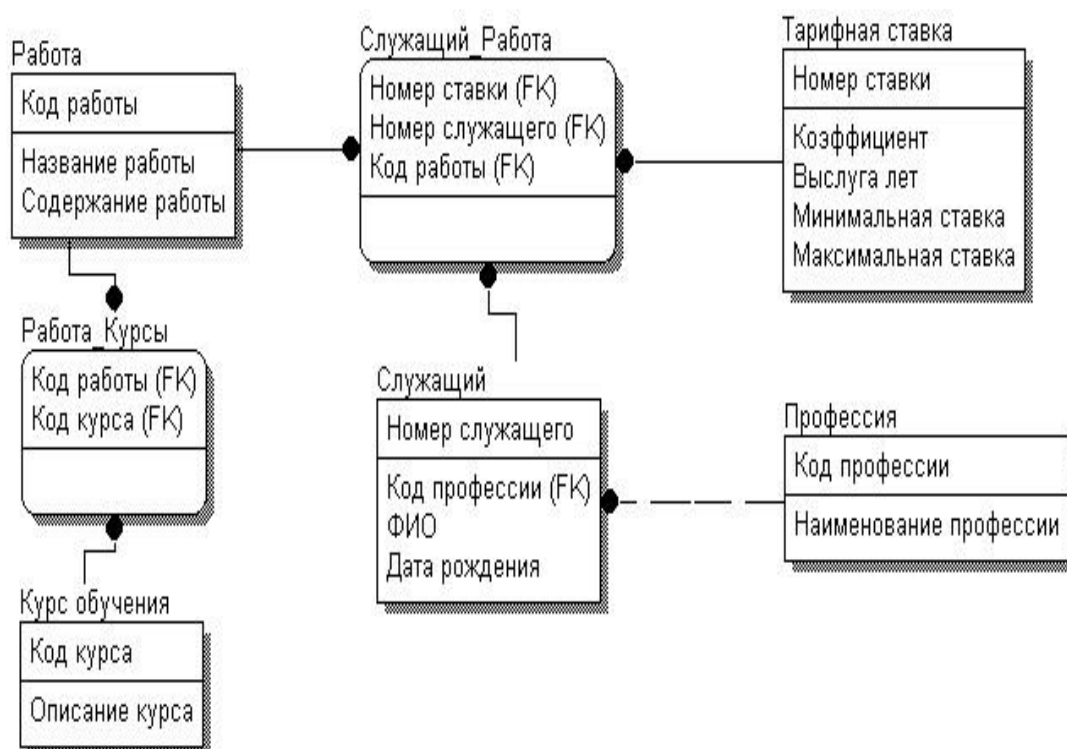
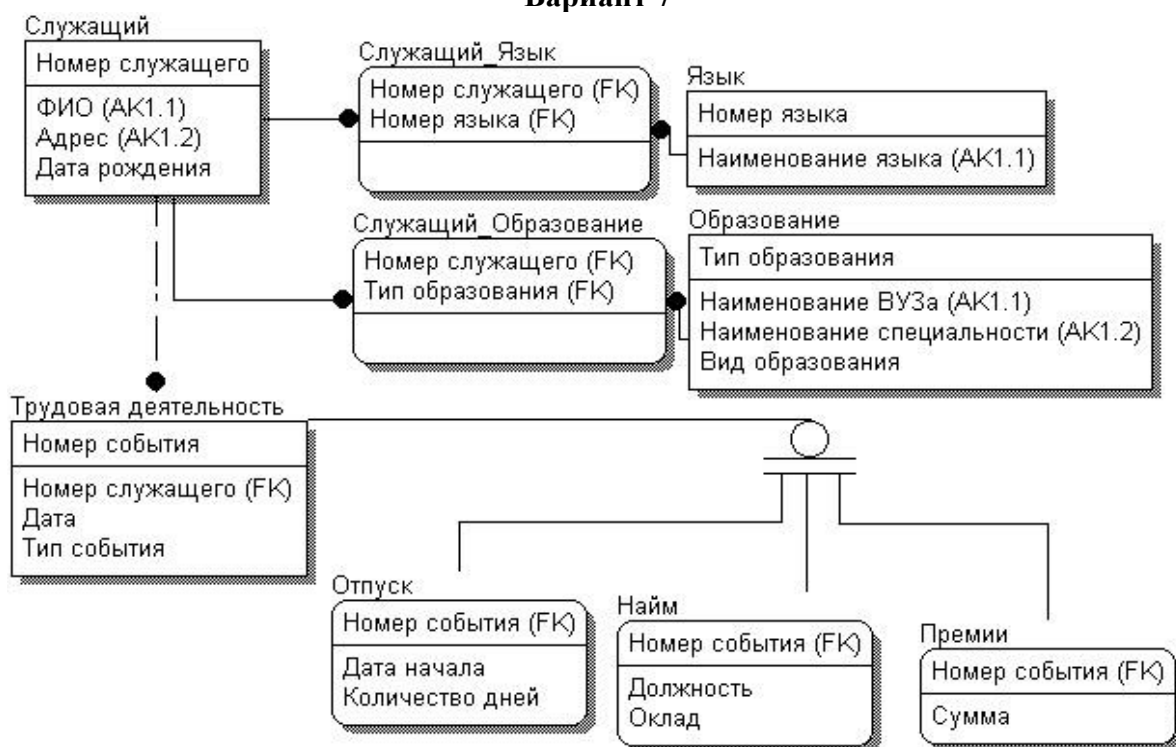


Рисунок А.6 – структура системы, которая содержит каталог работ

Вариант 7



Вид образования - высшее, среднее, неполное высшее.

Тип события – отпуск, премирование, события, связанные с наймом (в том числе изменение в должности и окладе).

Рисунок А.7 – Структура системы, которая содержит информацию о служащих

Вариант 8

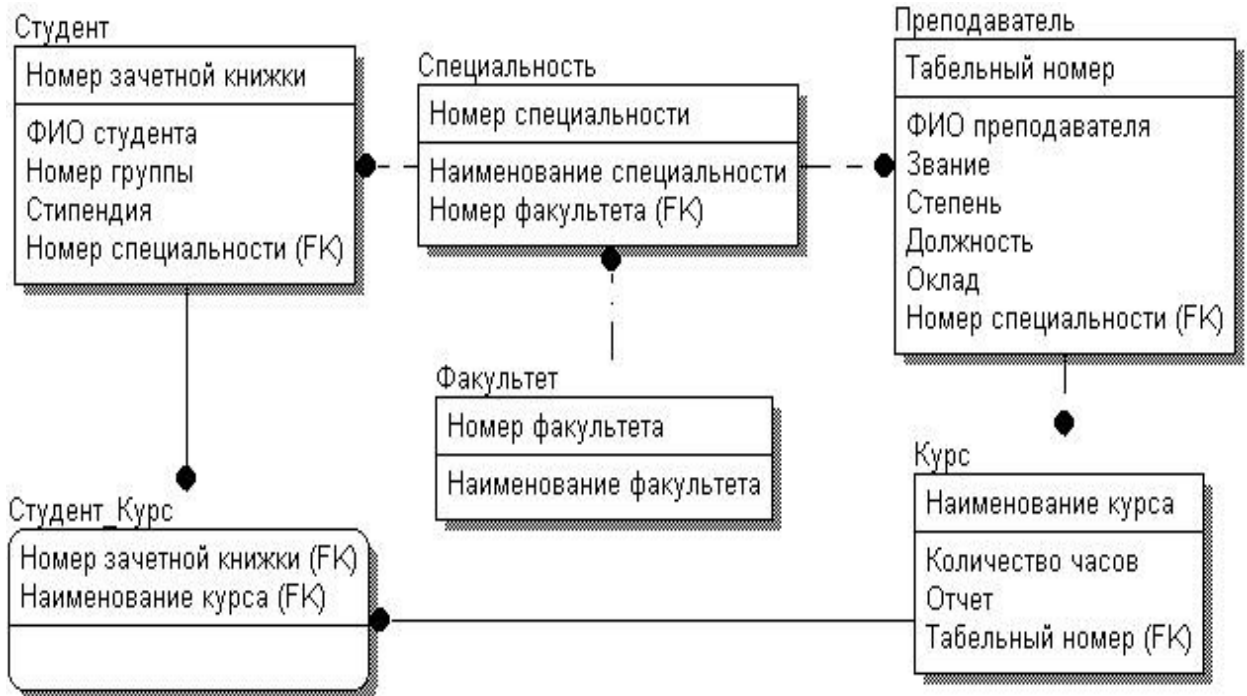


Рисунок А.8 – Структура системы, которая содержит информацию о факультетах

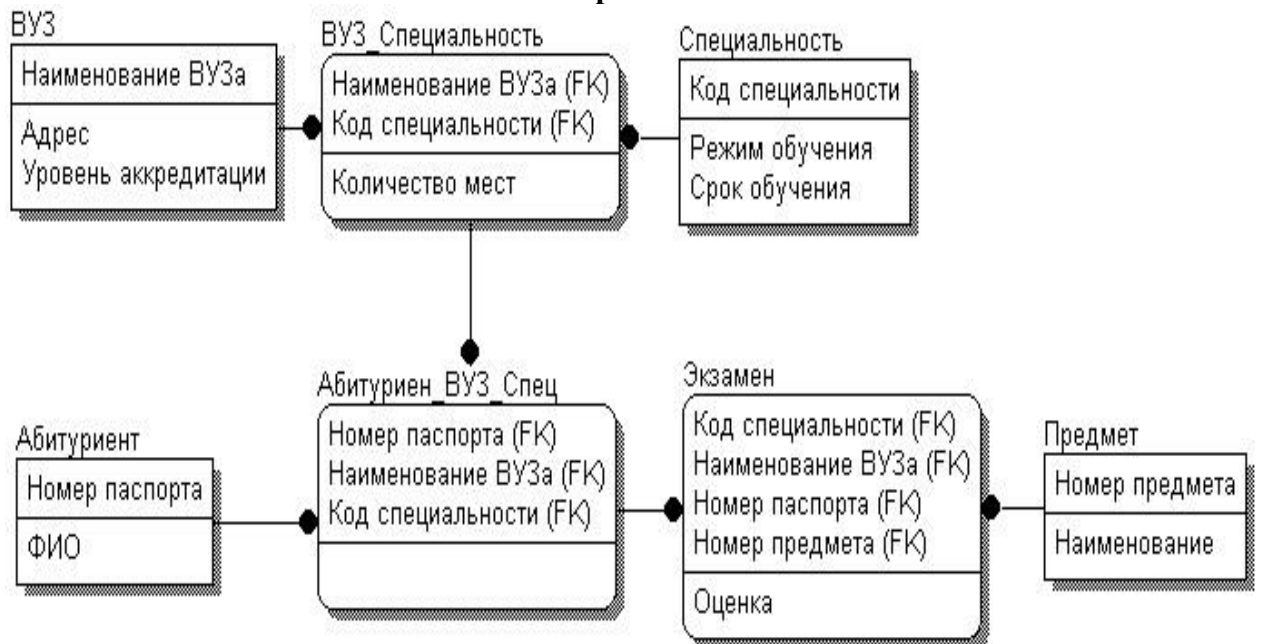
Вариант 9

Рисунок А.9 – структура системы, которая содержит информацию об учебных заведениях, абитуриентах и экзаменах



Рисунок А.10 – Структура системы, которая содержит информацию о движении поездов

Вариант 11

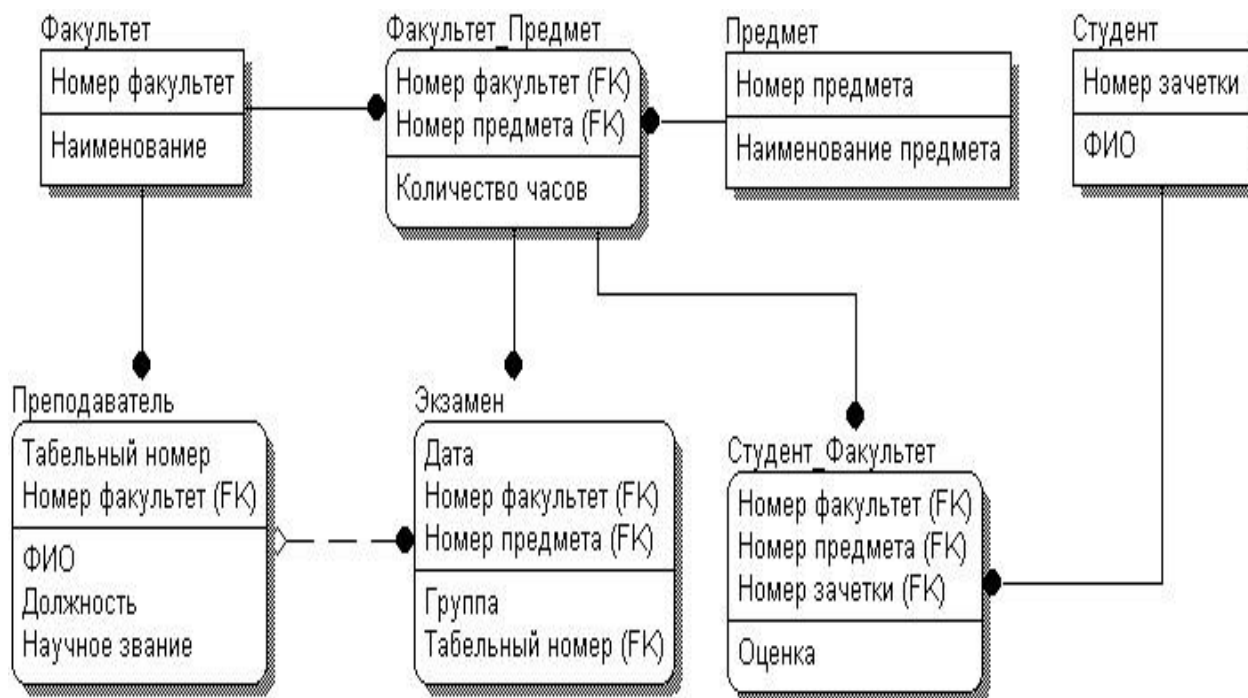


Рисунок А.11 – Структура системы, которая содержит информацию о результатах экзаменов по каждой кафедре

Вариант 12

Рисунок А.12 – Структура системы, которая содержит картотеку осужденных лиц

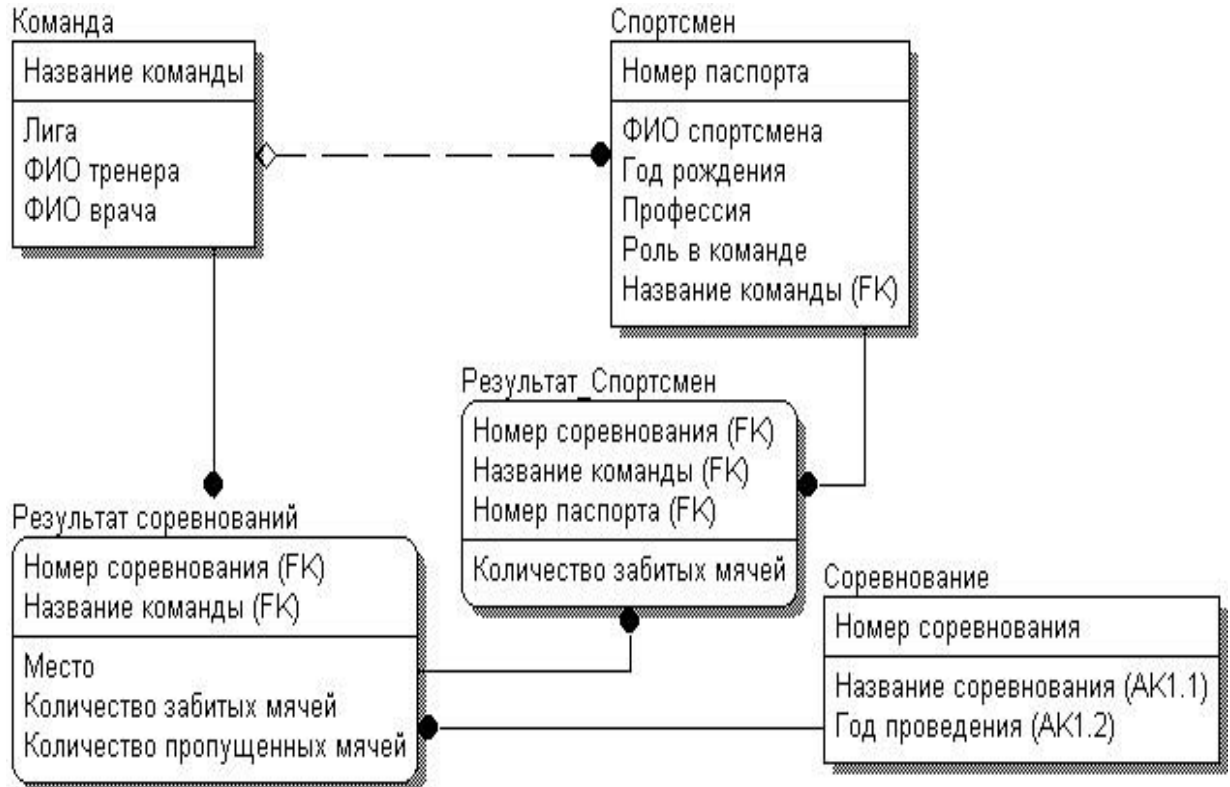
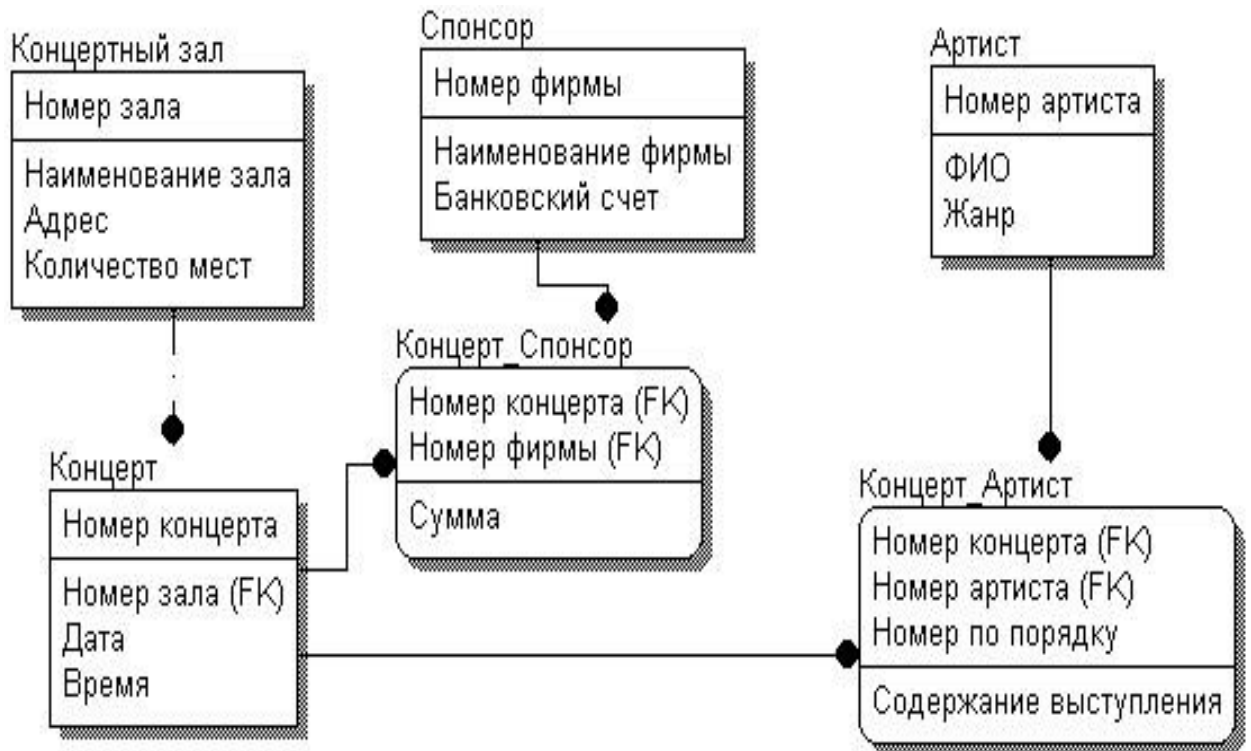
Вариант 13

Рисунок А.13 – Структура системы, которая содержит информацию о футбольных командах

Вариант 14

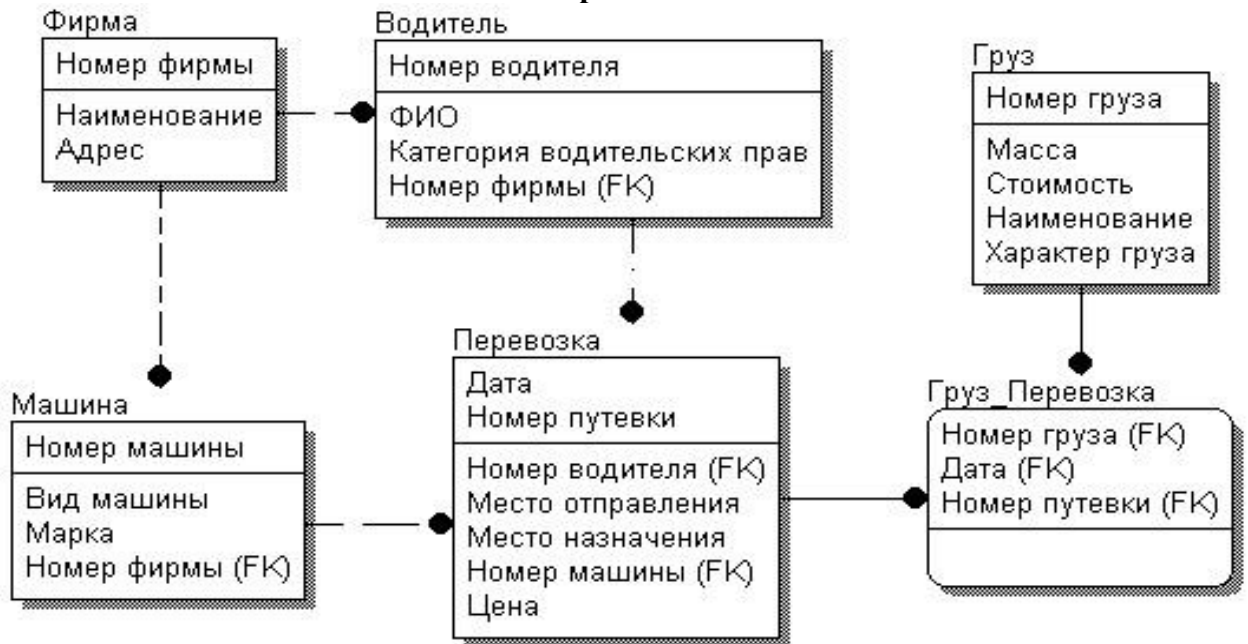
Предусмотреть жанр «конферансье» – ведущий концерта.

Рисунок А.14 – структура системы, которая содержит информацию о концертах

Вариант 15

Рисунок А.15 – Структура системы, которая содержит картотеку фирм

Вариант 16



Категория водительских прав –А, В, С
Характер груза - твердый, жидкий и т.д.

Рисунок А.16 – Структура системы, которая содержит информацию о грузовых перевозках, осуществляемых различными фирмами

Вариант 17

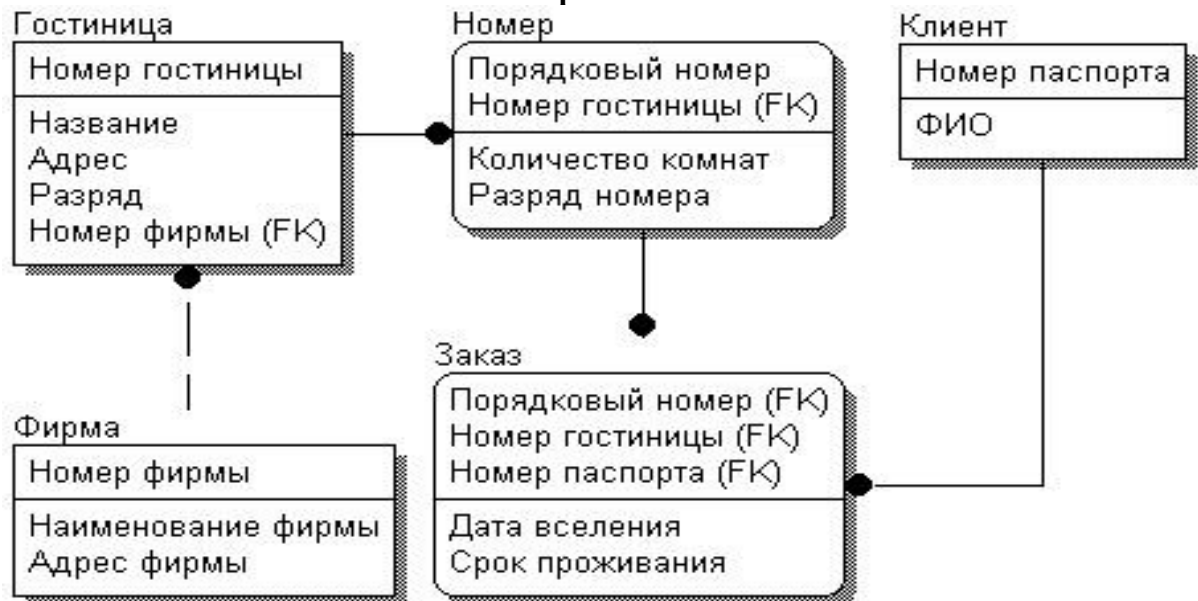


Рисунок А.17 – Структура системы, которая содержит информацию для бронирования мест в гостинице для командированных

Вариант 18

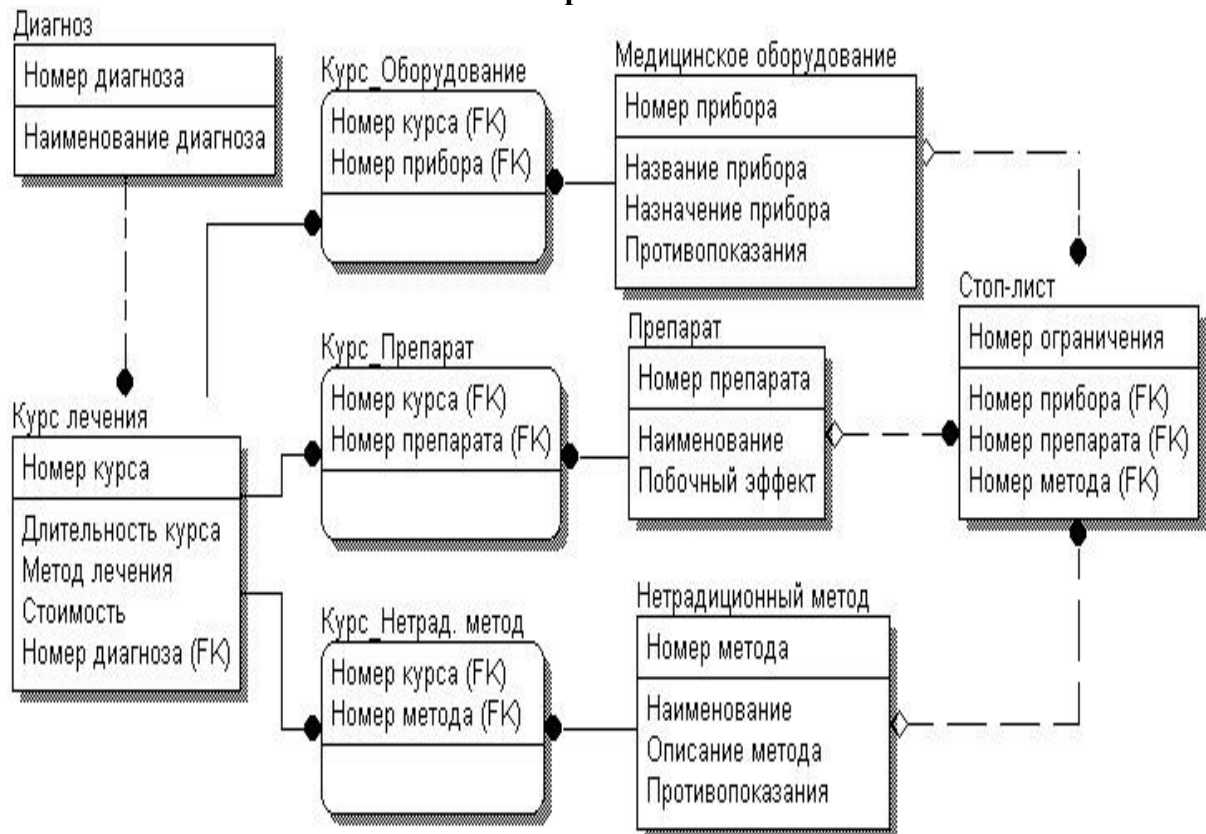


Рисунок А.18 – Структура системы, которая содержит информацию о лечении различных заболеваний

Вариант 19

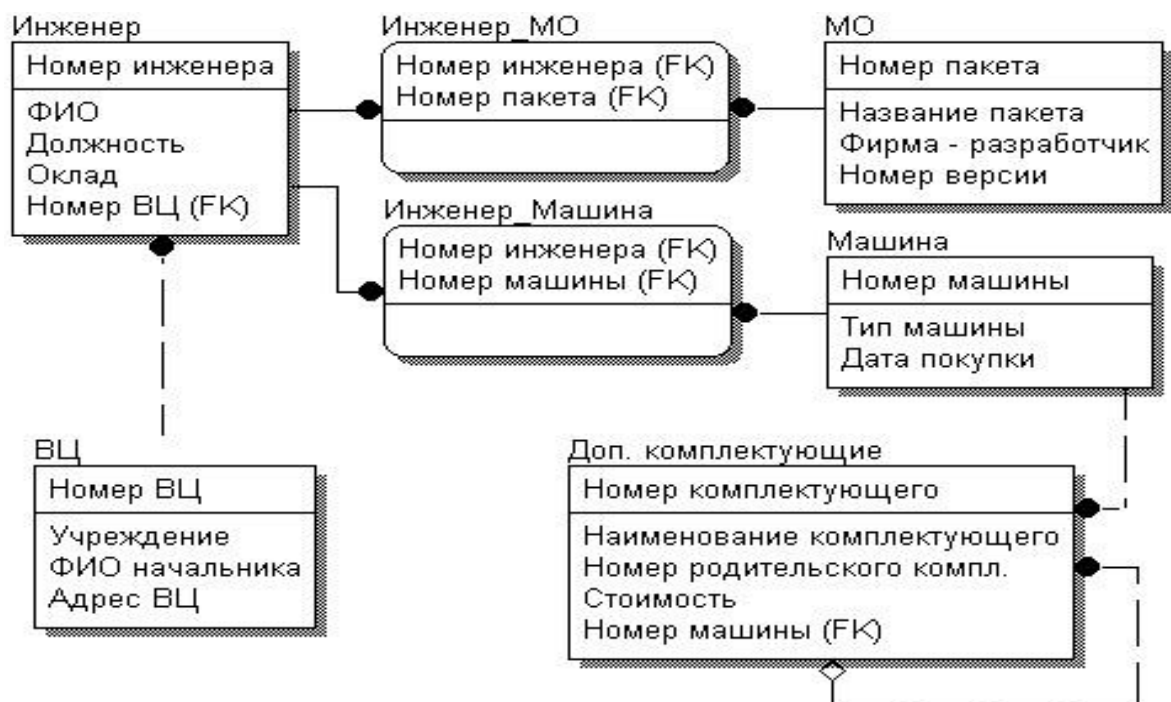


Рисунок А.19 – Структура системы, которая содержит информацию о вычислительных центрах города

Вариант 20

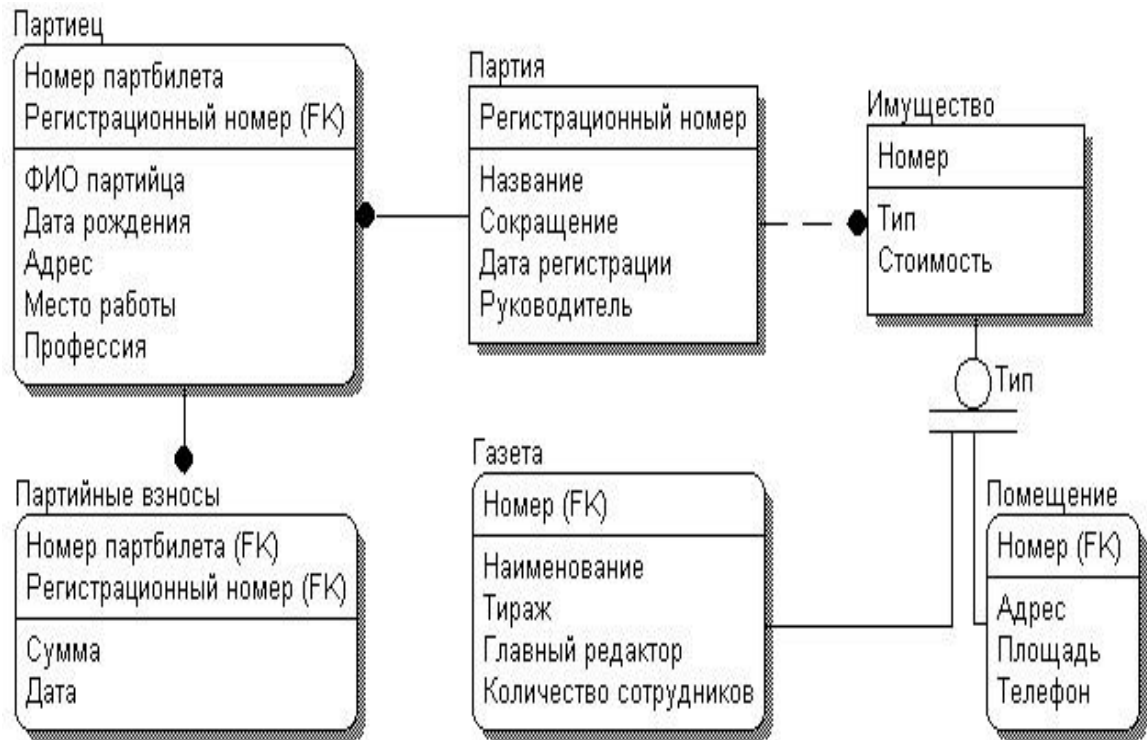


Рисунок А.20 – Структура системы, которая содержит информацию о политических партиях