

## **4.2.5. Теория реляционных БД и классическая методика проектирования реляционных схем БД**

# Универсальное отношение

**КОНСУЛЬТАНТ** (Номер студента (СНОМ), Курс, Семестр, Фамилия студента (СФАМ), Номер комнаты (КНОМ), Номер телефона (ТНОМ), Оценка)

<b>СНОМ</b>	<b>СФАМ</b>	<b>КНОМ</b>	<b>ТНОМ</b>	<b>КУРС</b>	<b>СЕМЕСТР</b>	<b>ОЦЕНКА</b>
3215	Джонс Г.	120DH	2136	MTH122	F84	1.6
				SCI120	F84	2.4
				PHY230	W85	2.1
				MTH122	W85	2.3
3462	Смит А.	238VH	2344	MTH122	W84	2.3
				MTH123	W85	3.5
				PSY220	W85	3.7
3567	Хауз Дж.	120DH	2136	SCI239	W84	3.3
				EGR171	F84	3.5
				PHY141	F84	1.8
4756	Алекс К.	345VH	3321	MUS389	F83	4.0

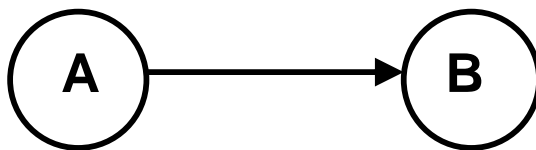
# **4.2.5.1. Функциональные зависимости и нормальные формы**

# Функциональные зависимости и нормальные формы

Говорят, что отношение находится в первой нормальной форме (1НФ), если каждый его элемент имеет и всегда будет иметь атомарное значение.

Если даны два атрибута А и В, то говорят, что В функционально зависит (ФЗ) от А, если для каждого значения А существует не более одного связанного с ним значения В. А и В могут быть составными. Говорят еще, что А функционально определяет В.

$A \rightarrow B$



Если  $A \rightarrow B$  и В не зависит функционально от любого подмножества А, то говорят, что А представляет собой детерминант В.

Коддом доказано утверждение о том, что большинство потенциальных аномалий в БД устраняется декомпозицией каждого отношения в нормальную форму Бойса-Кодда (НФБК).

Отношение находится в нормальной форме Бойса-Кодда (НФБК), если и только если каждый детерминант атрибутов отношения является возможным ключом отношения.

# Приведение универсального отношения в первую нормальную форму

<b>СНОМ</b>	<b>СФАМ</b>	<b>КНОМ</b>	<b>ТНОМ</b>	<b>КУРС</b>	<b>СЕМЕСТР</b>	<b>ОЦЕНКА</b>
3215	Джонс Г.	120DH	2136	MTH122 F84		1.6
3215	Джонс Г.	120DH	2136	SCI120 F84		2.4
3215	Джонс Г.	120DH	2136	PHY230 W85		2.1
3215	Джонс Г.	120DH	2136	MTH122 W85		2.3
3462	Смит А.	238VH	2344	MTH122 W84		2.3
3462	Смит А.	238VH	2344	MTH123 W85		3.5
3462	Смит А.	238VH	2344	PSY220 W85		3.7
3567	Хауз Дж.	120DH	2136	SCI239 W84		3.3
3567	Хауз Дж.	120DH	2136	EGR171 F84		3.5
3567	Хауз Дж.	120DH	2136	PHY141 F84		1.8
4756	Алекс К.	345VH	3321	MUS389 F83		4.0

# Универсальное отношение КОНСУЛЬТАНТ не находится в НФБК

КОНСУЛЬТАНТ (Номер студента (СНОМ), Курс, Семестр, Фамилия студента (СФАМ), Номер комнаты (КНОМ), Номер телефона (ТНОМ), Оценка)

## Функциональные зависимости:

СНОМ -> СФАМ

СНОМ -> КНОМ

КНОМ -> ТНОМ

ТНОМ -> КНОМ

СНОМ -> ТНОМ

СНОМ, Курс, Семестр -> Оценка

## Детерминанты:

СНОМ, КНОМ, ТНОМ, {СНОМ, Курс, Семестр}

Возможный ключ – {СНОМ, Курс, Семестр}

## **4.2.5.2. Декомпозиционный алгоритм проектирования**

# **Декомпозиционный алгоритм проектирования**

- 1. Разработка универсального отношения для БД и преобразование его в 1НФ. Оно пока является единственным в очереди еще не проверенных на НФБК отношений.**
- 2. Определение всех ФЗ очередного отношения.**
- 3. Определение того, находится ли очередное отношение в НФБК. Если да, то проектирование для него завершается, если нет – это отношение декомпозируется на два новых, которые помещаются в очередь еще не проверенных на НФБК отношений.**
- 4. Повторение шагов 2 и 3 для каждого очередного отношения. Проектирование завершается, когда очередь еще не проверенных на НФБК отношений опустеет, а, значит, все полученные отношения находятся в НФБК.**



Декомпозиция осуществляется с помощью ФЗ следующим образом.

Пусть отношение  $R(A, B, C, D, E, \dots)$  не находится в НФБК. Определяется ФЗ (например,  $C \rightarrow D$ ), которая является причиной этого ( $C$  является детерминантом, но не является возможным ключом).

Создаются два новых отношения

$R_1(A, B, C, E, \dots)$  и  $R_2(C, D)$ ,

где зависимая часть ФЗ ( $D$ ) была выделена из  $R$  и опущена при формировании  $R_1$ . ФЗ была полностью использована при формировании  $R_2$ .

Отсутствие потерь информации при декомпозиции отношения  $R(X, Y, Z)$  на  $R_1(X, Y)$  и  $R_2(Y, Z)$  гарантируется при условии, если от общего атрибута (общих атрибутов) двух полученных отношений ( $Y$ ) зависят все атрибуты одного из отношений.

Простым правилом выбора ФЗ для декомпозиции может служить поиск цепочек ФЗ вида  $A \rightarrow B \rightarrow C$  с последующим использованием крайней правой зависимости.

# Пример декомпозиции отношения КОНСУЛЬТАНТ

КОНСУЛЬТАНТ (СНОМ, Курс, Семестр, СФАМ, КНОМ, ТНОМ,  
Оценка)

Шаг 1. КНОМ -> ТНОМ

R1 (СНОМ, Курс, Семестр, СФАМ, КНОМ, Оценка)

СНОМ -> СФАМ

СНОМ -> КНОМ

СНОМ, Курс, Семестр -> Оценка

R2 (КНОМ, ТНОМ)

КНОМ -> ТНОМ

ТНОМ -> КНОМ

Шаг 2. СНОМ -> СФАМ, КНОМ

R3 (СНОМ, Курс, Семестр, Оценка)

СНОМ, Курс, Семестр -> Оценка

R4 (СНОМ, СФАМ, КНОМ)

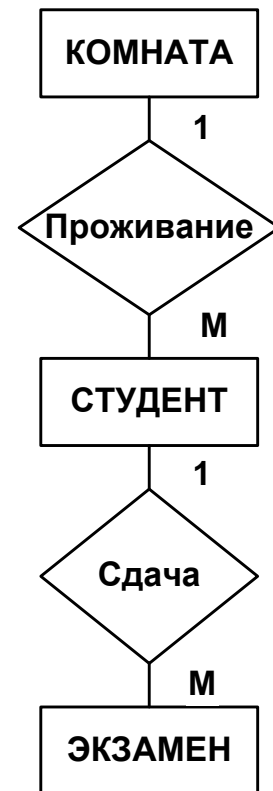
СНОМ -> СФАМ, КНОМ

# Результат декомпозиции

R3 (ЭКЗАМЕН)			
<u>CHOM</u>	<u>КУРС</u>	<u>СЕМЕСТР</u>	<u>ОЦЕНКА</u>
3215	MTH122	F84	1.6
3215	SCI120	F84	2.4
3215	PHY230	W85	2.1
3215	MTH122	W85	2.3
3462	MTH122	W84	2.3
3462	MTH123	W85	3.5
3462	PSY220	W85	3.7
3567	SCI239	W84	3.3
3567	EGR171	F84	3.5
3567	PHY141	F84	1.8
4756	MUS389	F83	4.0

R2 (КОМНАТА)	
<u>KNOM</u>	<u>THOM</u>
120DH	2136
238VH	2344
345VH	3321

R4 (СТУДЕНТ)		
<u>CHOM</u>	<u>СФАМ</u>	<u>KNOM</u>
3215	Джонс Г.	120DH
3462	Смит А.	238VH
3567	Хауз Дж.	120DH
4756	Алекс К.	345VH



### **4.2.5.3. Дополнения к алгоритму декомпозиции**

# Дополнения к алгоритму декомпозиции

1. Декомпозиция могла быть начата с ФЗ ТНОМ -> КНОМ. Тогда R4(СНОМ, СФАМ, ТНОМ).
2. Более общее правило выбора ФЗ для декомпозиции – всеми средствами следует избегать выбора ФЗ, зависящая часть которой сама, целиком или частично, является детерминантом другой ФЗ.

R(A, B, C)

A -> B

B -> C

Если выбрать A -> B, имеем:

R1(A, C) и R2(A, B)

Оба отношения находятся в НФБК, но обнаруживается новая проблема: ни R1, ни R2 не содержат всех атрибутов исходной ФЗ B -> C. Эта функциональная зависимость утеряна, и нет гарантии, что некорректные связи между B и C не будут привнесены в БД.

R1

A	C
9	4
8	3

R2

A	B
9	2
8	2

R1 ⋈ R2

A	B	C
9	2	4
8	2	3

**3. Другим случаем возможной потери ФЗ в процессе проектирования является ситуация, в которой один атрибут зависит от двух различных детерминантов.**

**$R(\underline{A}, C, B)$**

**$A \rightarrow B$**

**$C \rightarrow B$**

**Отношение R не находится в НФБК. Если выбрать одну из ФЗ для декомпозиции, вторая теряется.**

**Если выбрать  $A \rightarrow B$ , имеем:**

**$R1(\underline{A}, C)$  и  $R2(\underline{A}, B) \Rightarrow C \rightarrow B$  утеряна**

**Если выбрать  $C \rightarrow B$ , имеем:**

**$R1(\underline{A}, C)$  и  $R2(\underline{C}, B) \Rightarrow A \rightarrow B$  утеряна**

**Остается разбить R на  $R1(\underline{A}, B)$  и  $R2(\underline{C}, B)$ . Они находятся в НФБК, и исходные ФЗ сохранены.**

**Метод синтеза: необходимо все ФЗ с одинаковыми детерминантами выделить в группы и для каждой группы построить свое отношение, куда включить все атрибуты всех ФЗ этой группы.**

## **4.2.5.4. Избыточные ФЗ**

# Избыточные ФЗ

Пусть  $F$  – множество ФЗ для схемы отношения  $R$  и  $X \rightarrow Y$  – некоторая ФЗ. Говорят, что зависимость  $X \rightarrow Y$  логически следует из  $F$ , если для каждого экстенционала отношения  $R$ , удовлетворяющего зависимостям из  $F$ , удовлетворяется также  $X \rightarrow Y$ . В таком случае зависимость  $X \rightarrow Y$  является избыточной.

Существуют правила вывода новых ФЗ из уже имеющихся. Эти правила могут использоваться для определения избыточных ФЗ: если ФЗ может быть выведена из других ФЗ с помощью этих правил, она избыточна.



# Правила вывода функциональных зависимостей

**A1 (РЕФЛЕКТИВНОСТЬ):**  $A, X \rightarrow X$

**A2 (ПОПОЛНЕНИЕ):**  $A \rightarrow B \Rightarrow A, Z \rightarrow B, Z$  и  $A, Z \rightarrow B$

**A3 (ТРАНЗИТИВНОСТЬ):**  $A \rightarrow B$  и  $B \rightarrow C \Rightarrow A \rightarrow C$

**П4 (ОБЪЕДИНЕНИЕ):**  $A \rightarrow B$  и  $A \rightarrow C \Rightarrow A \rightarrow B, C$

**П5 (ДЕКОМПОЗИЦИЯ):**  $A \rightarrow B, C \Rightarrow A \rightarrow B$  и  $A \rightarrow C$

**П6 (ПСЕВДОТРАНЗИТИВНОСТЬ):**  $A \rightarrow B$  и  $B, Z \rightarrow C \Rightarrow A, Z \rightarrow C$

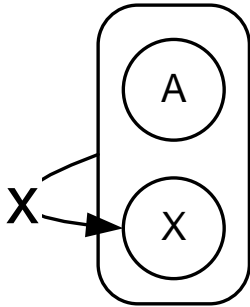
Первые три правила – аксиомы Армстронга. Они являются надежными и полными.

Надежность: если зависимость  $X \rightarrow Y$  выведена из  $F$  с помощью этих аксиом, то она справедлива в любом отношении, в котором справедливы зависимости из  $F$ .

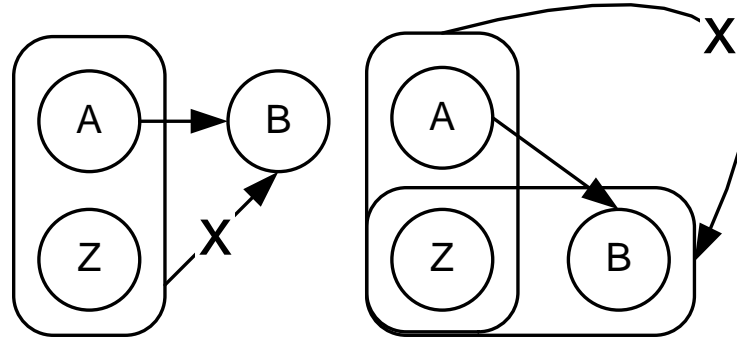
Полнота: всякий раз, когда зависимость  $X \rightarrow Y$  не может быть выведена из  $F$  с помощью этих аксиом, она логически не следует из  $F$ .

# Избыточные функциональные зависимости

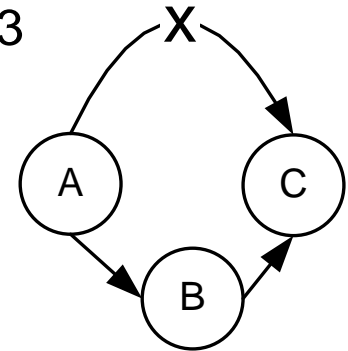
A1



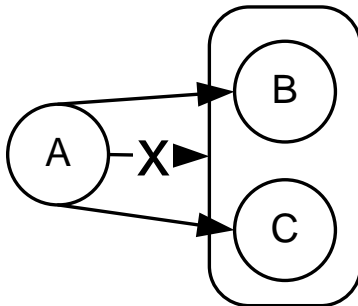
A2



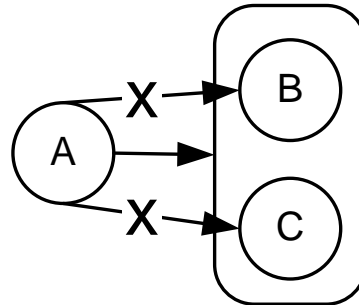
A3



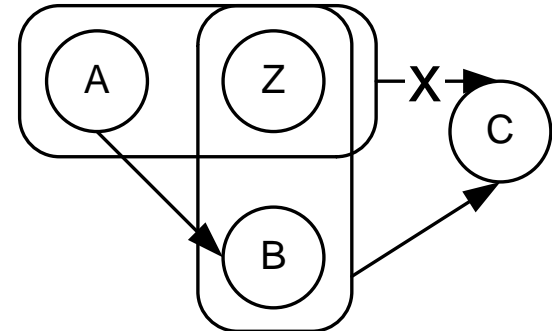
П4



П5

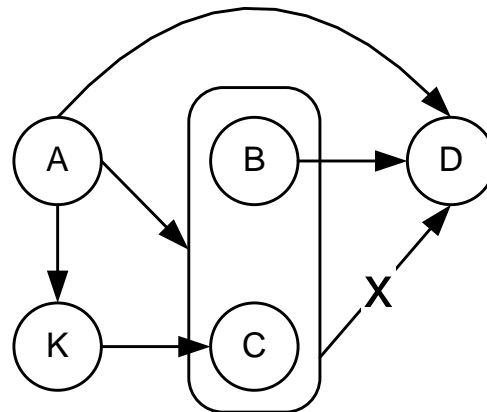


П6

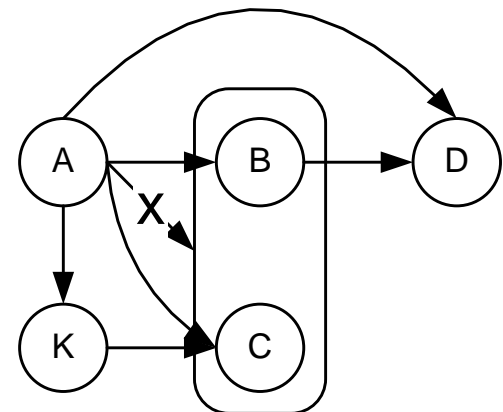


# Пример на удаление избыточных функциональных зависимостей

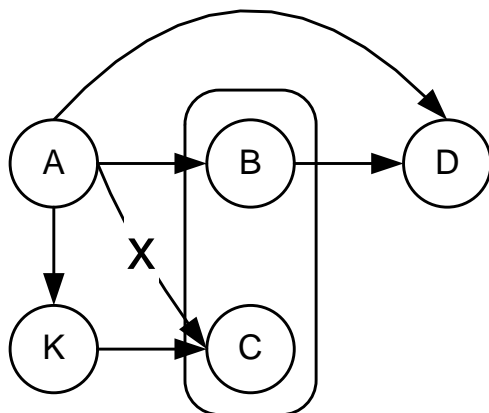
$A \rightarrow B, C$   
 $A \rightarrow D$   
 $A \rightarrow K$   
 $K \rightarrow C$   
 $B \rightarrow D$   
 $B, C \rightarrow D$



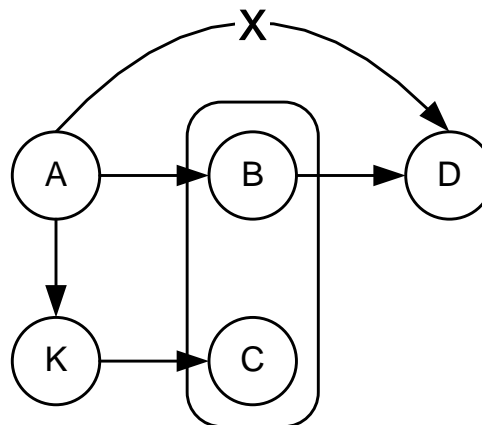
А2 (пополнение)



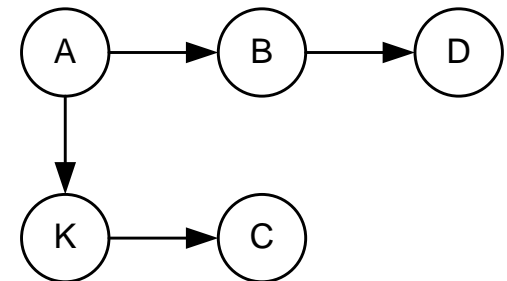
П4 (объединение)



А3 (транзитивность)



А3 (транзитивность)



# Минимальное покрытие ФЗ отношения

Набор неизбыточных ФЗ, полученный путем удаления всех избыточных ФЗ из исходного набора с помощью 6 правил вывода, называется минимальным покрытием ФЗ отношения.

Избыточные ФЗ следует удалять по одной, каждый раз заново анализируя новый набор на предмет присутствия в нем избыточных ФЗ. Эта процедура завершается, как только не останется ни одной избыточной ФЗ. Оставшийся набор является минимальным покрытием ФЗ.

Минимальное покрытие не всегда является уникальным, порядок удаления ФЗ может оказать влияние на полученный результат.

## **4.2.5.5. Модификация декомпозиционного алгоритма проектирования**

# **Модификация декомпозиционного алгоритма проектирования**

- 1. Построение универсального отношения. Оно пока является единственным в очереди еще не проверенных на НФБК отношений.**
- 2. Определение всех ФЗ, существующих между атрибутами этого отношения.**
- 3. Удаление всех избыточных ФЗ из исходного набора ФЗ с целью получения минимального покрытия.**
- 4. Использование ФЗ из минимального покрытия для декомпозиции универсального отношения в набор НФБК-отношений.**
  - 4.1. Определение ФЗ минимального покрытия для очередного отношения.**
  - 4.2. Определение того, находится ли очередное отношение в НФБК. Если да, то проектирование для него завершается, если нет – это отношение декомпозируется на два новых, которые помещаются в очередь еще не проверенных на НФБК отношений.**
  - 4.3. Повторение шагов 4.1 и 4.2 для каждого очередного отношения. Проектирование завершается, когда очередь еще не проверенных на НФБК отношений опустеет, а, значит, все полученные отношения находятся в НФБК.**

**Если может быть построено более чем одно минимальное покрытие, осуществляется сравнение результатов, полученных на основе этих минимальных покрытий, с целью определения варианта, лучше других отвечающего требованиям ПрО.**

# Проверка отношений на завершающей фазе проектирования

1. Составляются списки ФЗ для каждого отношения. Эти списки ФЗ проверяются по двум направлениям:

1.1. Одна и та же ФЗ не должна появляться более чем в одном отношении.

1.2. Набор ФЗ, полученный в результате проектирования, должен в точности совпадать с набором, присутствующем в минимальном покрытии, полученном перед началом проектирования. В противном случае, необходимо показать возможность получения итогового набора ФЗ из минимального покрытия с помощью правил вывода и наоборот.

2. Осуществляется проверка на присутствие избыточных отношений. Если устанавливается избыточность отношения, его следует исключить из проектного набора. Отношение является избыточным, если:

2.1) все атрибуты этого отношения могут быть найдены в одном другом отношении проектного набора;

2.2) все атрибуты этого отношения могут быть найдены в отношении, которое может быть получено из других отношений проектного набора с помощью серии операций соединения над этими отношениями.

3. Отношения рассматриваются с практической точки зрения. Изучается характер использования отношений в конструируемой БД и определяется, будут ли они обеспечивать те типы запросов и операций обновления, которые предполагается выполнять.

Если хотя бы одна из этих проверок окажется недостоверной, следует проанализировать процесс проектирования для выявления ошибок и/или рассмотреть другие варианты проектирования.