

# НФБК (Нормальная Форма Бойса-Кодда)

При приведении отношений при помощи алгоритма нормализации к отношениям в 3НФ неявно предполагалось, что все отношения содержат один потенциальный ключ. Это не всегда верно.

**Пример.** Пусть требуется хранить данные о поставках деталей некоторыми поставщиками. Предположим, что наименования поставщиков являются уникальными. Кроме того, каждый поставщик имеет свой уникальный номер.

# НФБК (Нормальная Форма Бойса-Кодда)

PNUM	PNAME	DNUM	VOLUME
1	Фирма 1	1	100
1	Фирма 1	2	200
1	Фирма 1	3	300
2	Фирма 2	1	150
2	Фирма 2	2	250
3	Фирма 3	1	1000

# НФБК (Нормальная Форма Бойса-Кодда)

**Опр.** Отношение  $R$  находится в *нормальной форме Бойса-Кодда (НФБК)* тогда и только тогда, когда детерминанты всех функциональных зависимостей являются потенциальными ключами.

**Замечание.** Если отношение находится в НФБК, то оно автоматически находится и в ЗНФ.

# НФБК (Нормальная Форма Бойса-Кодда)

Отношение "Поставки" не находится в НФБК, т.к. имеются зависимости ( $PNUM \rightarrow PNAME$  и  $PNAME \rightarrow PNUM$ ), детерминанты которых не являются потенциальными ключами.

Для того чтобы устранить зависимость от детерминантов, не являющихся потенциальными ключами, необходимо провести декомпозицию, вынося эти детерминанты и зависимые от них части в отдельное отношение.

# НФБК (Нормальная Форма Бойса-Кодда)

Поставщики	
PNUM	PNAME
1	Фирма 1
2	Фирма 2
3	Фирма 3

Поставки 2		
PNUM	DNUM	VOLUME
1	1	100
1	2	200
1	3	300
2	1	150
2	2	250
3	1	1000

# НФБК (Нормальная Форма Бойса-Кодда)

**Пример.** Предположим, что по-прежнему необходимо учитывать поставки, но каждый акт поставки должен иметь некоторый уникальный номер ("сквозной номер поставки").

# НФБК (Нормальная Форма Бойса-Кодда)

PNUM	PNAME	DNUM	VOLUME	NN
1	Фирма 1	1	100	1
1	Фирма 1	2	200	2
1	Фирма 1	3	300	3
2	Фирма 2	1	150	4
2	Фирма 2	2	250	5
3	Фирма 3	1	1000	6

# НФБК (Нормальная Форма Бойса-Кодда)

Одним потенциальным ключом данного отношения является, как и раньше, пара атрибутов  $\{PNUM, DNUM\}$ . Другим ключом, в силу уникальности сквозного номера, является атрибут **NN**.

Зависимость атрибутов от первого ключа отношения:

- $\{PNUM, DNUM\} \rightarrow \mathbf{VOLUME}$ ,
- $\{PNUM, DNUM\} \rightarrow \mathbf{NN}$

# НФБК (Нормальная Форма Бойса-Кодда)

Зависимость атрибутов от второго ключа отношения:

- $NN \rightarrow PNUM,$
- $NN \rightarrow DNUM,$
- $NN \rightarrow \mathbf{VOLUME}$

Зависимости, являющиеся следствием зависимостей от ключей отношения:

- $\{PNUM, DNUM\} \rightarrow \{\mathbf{VOLUME}, NN\},$
- $NN \rightarrow \{PNUM, DNUM\},$
- $NN \rightarrow \{PNUM, \mathbf{VOLUME}\},$
- $NN \rightarrow \{DNUM, \mathbf{VOLUME}\},$
- $NN \rightarrow \{PNUM, DNUM, \mathbf{VOLUME}\}.$

# 4НФ (Четвертая Нормальная Форма)

Пусть требуется учитывать данные об абитуриентах, поступающих в ВУЗ. При анализе предметной области были выделены следующие требования:

- Каждый абитуриент имеет право сдавать экзамены на несколько факультетов одновременно.
- Каждый факультет имеет свой список сдаваемых предметов.
- Один и тот же предмет может сдаваться на нескольких факультетах.
- Абитуриент обязан сдавать все предметы, указанные для факультета, на который он поступает, несмотря на то, что он, может быть, уже сдавал такие же предметы на другом факультете.

Предположим, что нам требуется хранить данные о том, какие предметы должен сдавать каждый абитуриент.

# 4НФ (Четвертая Нормальная Форма)

Абитуриент	Факультет	Предмет
Иванов	Математ	Матем
Иванов	Математ	Информ
Иванов	Физическ	Матем
Иванов	Физическ	Физика
Петров	Математ	Матем
Петров	Математ	Информ

# 4НФ (Четвертая Нормальная Форма)

Абитуриент	
№	Фамилия
1	Иванов
2	Петров

Факультет	
№	Название
1	Математ
2	Физическ

Предметы	
№	Предмет
1	Матем
2	Информ
3	Физика

# 4НФ (Четвертая Нормальная Форма)

**Опр.** Пусть  $R$ - отношение, и  $X, Y, Z$ - некоторые из его атрибутов (или *непересекающиеся* множества атрибутов). Тогда атрибуты (множества атрибутов)  $Y$  и  $Z$  **многозначно зависят** от (обозначается  $X \twoheadrightarrow Y|Z$ ), тогда и только тогда, когда из того, что в отношении  $R$  содержатся кортежи  $r_1 = \{x, y, z\}$  и  $r_2 = \{x, y, z\}$  следует, что в отношении содержится также и кортеж  $r_3 = \{x, y, z\}$ .

# 4НФ (Четвертая Нормальная Форма)

Для каждого факультета (для каждого значения из  $X$ ) каждый поступающий на него абитуриент (значение из  $Y$ ) сдает *один и тот же список* предметов (набор значений из  $Z$ ), и для каждого факультета (для каждого значения из  $X$ ) каждый сдаваемый на факультете экзамен (значение из  $Z$ ) сдается *одним и тем же списком* абитуриентов (набор значений из  $Y$ ). Именно наличие этой зависимости не позволяет независимо вставлять и удалять кортежи. Кортежи обязаны вставляться и удаляться одновременно *целыми наборами*.

# 4НФ (Четвертая Нормальная Форма)

Если в отношении  $R$  имеется не менее трех атрибутов  $X, Y, Z$  и есть функциональная зависимость  $X \rightarrow Y$ , то есть и многозначная зависимость  $X \twoheadrightarrow Y|Z$ . Таким образом, понятие многозначной зависимости является обобщением понятия функциональной зависимости.

**Опр.** Многозначная зависимость  $X \twoheadrightarrow Y|Z$  называется **нетривиальной многозначной зависимостью**, если не существует функциональных зависимостей  $X \rightarrow Y$  и  $X \rightarrow Z$ .

# 4НФ (Четвертая Нормальная Форма)

**Теорема (Фейджина).** Пусть  $X, Y, Z$ -  
непересекающиеся множества  
атрибутов отношения  $R(X, Y, Z)$ .

Декомпозиция отношения на проекции  
 $R_1 = R[X, Y]$  и  $R_2 = R[X, Z]$  будет  
декомпозицией без потерь тогда и  
только тогда, когда имеется  
многозначная зависимость  $X \twoheadrightarrow Y | Z$ .

# 4НФ (Четвертая Нормальная Форма)

**Опр.** Отношение находится в *четвертой нормальной форме (4НФ)* тогда и только тогда, когда отношение находится в НФБК и *не содержит нетривиальных многозначных зависимостей*.

Отношения с нетривиальными многозначными зависимостями возникают, как правило, в результате естественного соединения двух отношений по общему полю, которое *не является ключевым ни в одном из отношений*. Фактически это приводит к попытке хранить в одном отношении информацию о двух *независимых* сущностях.

# 5НФ (Пятая Нормальная Форма)

X	Y	Z
1	1	2
1	2	1
2	1	1
1	1	1

# 5НФ (Пятая Нормальная Форма)

Пусть  $R$  является отношением, а  $A, B, \dots, Z$  - произвольными (возможно пересекающимися) подмножествами множества атрибутов отношения  $R$ . Тогда отношение  $R$  удовлетворяет **зависимости соединения**  $*(A, B, \dots, Z)$  тогда и только тогда, когда оно равносильно соединению всех своих проекций с подмножествами атрибутов  $A, B, \dots, Z$ , т.е.

$R = R[A] \text{ Join } R[B] \text{ Join } \dots \text{ Join } R[Z]$ .

Можно *предположить*, что отношение в примере 3 удовлетворяет следующей зависимости соединения:  $*(XY, XZ, YZ)$ .

# 5НФ (Пятая Нормальная Форма)

Зависимость соединения  $*(A, B, \dots, Z)$  называется **нетривиальной зависимостью соединения**, если выполняется два условия:

- Одно из множеств атрибутов  $A, B, \dots, Z$  не содержит потенциального ключа отношения  $R$ .
- Ни одно из множеств атрибутов  $A, B, \dots, Z$  не совпадает со всем множеством атрибутов отношения  $R$ .

# 5НФ (Пятая Нормальная Форма)

**Опр.** Отношение находится в *пятой нормальной форме (5НФ)* тогда и только тогда, когда *любая имеющаяся зависимость соединения является тривиальной*.

Возвращаясь к примеру 3, становится понятно, что не зная ничего о том, какие потенциальные ключи имеются в отношении и как взаимосвязаны атрибуты, нельзя делать выводы о том, находится ли данное отношение в 5НФ (как, впрочем, и в других нормальных формах). По данному конкретному примеру можно только предположить, что отношение в примере 3 не находится в 5НФ.

# Алгоритм нормализации (приведение к 5НФ)

- Шаг 1 (Приведение к 1НФ).
- Шаг 2 (Приведение к 2НФ).
- Шаг 3 (Приведение к 3НФ).
- Шаг 4 (Приведение к НФБК).
- Шаг 5 (Приведение к 4НФ).
- Шаг 6 (Приведение к 5НФ).

# Алгоритм нормализации (приведение к 5НФ)

**Шаг 4 (Приведение к НФБК).** Если имеются функциональные зависимости, то необходимо провести дальнейшую декомпозицию отношений. Те атрибуты, которые зависят от детерминантов, не являющихся потенциальными ключами выносятся в отдельное отношение вместе с детерминантами.

# Алгоритм нормализации (приведение к 5НФ)

- **Шаг 5 (Приведение к 4НФ).** Если в отношениях обнаружены нетривиальные многозначные зависимости, то необходимо провести декомпозицию для исключения таких зависимостей.
- **Шаг 6 (Приведение к 5НФ).** Если в отношениях обнаружены нетривиальные зависимости соединения, то необходимо провести декомпозицию для исключения и таких зависимостей.