

Нормальная форма Бойса — Кодда

2025-04-08

Рассмотрим таблицу с расписанием

Пятница

⌚	Неделя	Аудитория	Дисциплина	Вид	Преподаватель
11:40 ↓ 13:10	13,14,15,16	415 Кронверкский пр., д.49, лит.А	Базы данных для игровых приложений	Лабораторные занятия	Лавров Алексей Валерьевич
	1,3,4,6,8,10,11,12	415 Кронверкский пр., д.49, лит.А	Базы данных для игровых приложений	Лекции	Лавров Алексей Валерьевич
13:30 ↓ 15:00	1,3,4,6,8,10,11,12,13,14,15,16	415 Кронверкский пр., д.49, лит.А	Базы данных для игровых приложений	Лабораторные занятия	Лавров Алексей Валерьевич

Нарушения 1НФ

Разносим в разные строки

В разные столбцы

🕒	Неделя	Аудитория	Дисциплина	Вид	Преподаватель
11:40 ↓ 13:10	13,14,15,16	415 Кронверкский пр., д.49, лит.А	Базы данных для игровых приложений	Лабораторные занятия	Лавров Алексей Валерьевич
	1,3,4,6,8,10,11,12	415 Кронверкский пр., д.49, лит.А	Базы данных для игровых приложений	Лекции	Лавров Алексей Валерьевич
13:30 ↓ 15:00	1,3,4,6,8,10,11,12,13,14,15,16	415 Кронверкский пр., д.49, лит.А	Базы данных для игровых приложений	Лабораторные занятия	Лавров Алексей Валерьевич

Пустая
ячейка

В разные
столбцы

Приведение к 1НФ

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Время конца	Аудитория	Корпус	Дисциплина	Вид	Преподаватель
P33681	Пт	13	11:40	13:10	415	Кронв.	БДДИП	Лаб	Лавров
P33701	Пт	13	11:40	13:10	415	Кронв.	БДДИП	Лаб	Лавров
P33681	Пт	14	11:40	13:10	415	Кронв.	БДДИП	Лаб	Лавров
P33701	Пт	14	11:40	13:10	415	Кронв.	БДДИП	Лаб	Лавров
P33681	Пт	3	11:40	13:10	415	Кронв.	БДДИП	Лекц	Лавров
P33701	Пт	3	11:40	13:10	415	Кронв.	БДДИП	Лекц	Лавров
P33681	Пт	4	11:40	13:10	415	Кронв.	БДДИП	Лекц	Лавров
P33701	Пт	4	11:40	13:10	415	Кронв.	БДДИП	Лекц	Лавров

Ищем ключевые атрибуты...

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Время конца	Аудитория	Корпус	Дисциплина	Вид	Преподаватель
P34682	Пт	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин
P34702	Пт	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин
P34702	Вт	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин
P34702	Чт	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин
P34702	Чт	12	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин
P34702	Вт	12	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин
P34702	Вт	12	13:30	15:00	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин

Атрибуты «Группа», «День недели» и «Неделя» обязательно входят в любой потенциальный ключ (СК) этого отношения. Один из атрибутов «Время начала» и «Время конца» тоже должен быть в любом СК.

Ищем ключевые атрибуты

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Время конца	Аудитория	Корпус	Дисциплина	Вид	Преподаватель
P34702	Вт	12	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин
P34702	Вт	12	11:40	13:10	405-3	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Малышев
P34702	Пт	12	11:40	13:10	428	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин
P34702	Пт	12	11:40	13:10	428	Бирж.	Технол. VR	Лаб	Малышев

Если убрать из суперключа атрибут «Аудитория», то оставшиеся атрибуты остаются суперключом, так как даже если группа, день недели, неделя, время, корпус, дисциплина и вид совпадают, преподаватель должен быть разным (один преподаватель не может быть одновременно в двух разных аудиториях). Поэтому в любой СК входит либо атрибут «Аудитория», либо «Преподаватель».

То же самое и с корпусом (преподаватель не может быть одновременно в двух корпусах), поэтому в любой СК входит либо атрибут «Корпус», либо «Преподаватель».

Ищем потенциальные ключи

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Время конца	Аудитория	Корпус	Дисциплина	Вид	Преподаватель
P34702	Пт	12	11:40	13:10	428	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин
P34702	Пт	12	11:40	13:10	428	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин

Если убрать из суперключа атрибут «Дисциплина», то оставшиеся атрибуты остаются суперключом, причём если совпадают группа, день недели, неделя, время, аудитория и корпус, то остальные атрибуты (дисциплина, вид, преподаватель) тоже должны совпадать. То есть не может быть двух кортежей с одинаковыми значениями множества атрибутов {Группа, День недели, Время начала, Время конца, Неделя, Аудитория, Корпус} — это суперключ. Из этого суперключа можно убрать атрибут «Время начала» или атрибут «Время конца», и получившийся ключ будет уже несократим (на предыдущих слайдах были показаны примеры кортежей, доказывающих это).

Таким образом, множества атрибутов {Группа, День недели, Время начала, Неделя, Аудитория, Корпус} и {Группа, День недели, Время конца, Неделя, Аудитория, Корпус} являются потенциальными ключами.

Находим СК и неключевые атрибуты

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Время конца	Аудитория	Корпус	Дисциплина	Вид	Преподаватель
P34702	Пт	12	11:40	13:10	428	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин
P34702	Пт	12	11:40	13:10	428	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин

Ранее было показано, что вместо атрибутов «Аудитория» и «Корпус» в СК может входить атрибут «Преподаватель». Очевидно, что если совпадают группа, день недели, неделя, время и преподаватель, то остальные атрибуты (аудитория, корпус, дисциплина, вид) тоже должны совпадать. Из множества атрибутов {Группа, День недели, Время начала, Время конца, Неделя, Преподаватель} можно убрать атрибут «Время начала» или атрибут «Время конца», и получившийся ключ будет уже несократим (на предыдущих слайдах были показаны примеры кортежей, доказывающих это).

Таким образом, **потенциальные ключи** этого отношения:

{Группа, День недели, Время начала, Неделя, Аудитория, Корпус};

{Группа, День недели, Время конца, Неделя, Аудитория, Корпус};

{Группа, День недели, Время начала, Неделя, Преподаватель};

{Группа, День недели, Время конца, Неделя, Преподаватель}.

Неключевые атрибуты:

Дисциплина,
Вид

Проверка 2НФ

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Время конца	Аудитория	Корпус	Дисциплина	Вид	Преподаватель
P34682	Пн	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин

Возьмём части потенциального ключа без атрибута «Группа».

Попробуем привести примеры двух разных значений неключевых атрибутов «Дисциплина» и «Вид».

Видим, что в один и тот же день в одно и то же время в одной аудитории не может быть двух разных дисциплин или двух разных видов занятий, то есть имеются ФЗ, нарушающие 2НФ:

{День недели, Время начала, Неделя, Аудитория, Корпус} → Дисциплина, Вид.

{День недели, Время конца, Неделя, Аудитория, Корпус} → Дисциплина, Вид.

{День недели, Время начала, Неделя, Преподаватель} → Дисциплина, Вид.

{День недели, Время конца, Неделя, Преподаватель} → Дисциплина, Вид.

Нужно выполнить декомпозицию по правилу Хеза, взяв любую из этих ФЗ.

Приведение к 2НФ по правилу Хеза

R:

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Время конца	Аудитория	Корпус	Дисциплина	Вид	Преподаватель
P34682	Пн	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин

Возьмём ФЗ {День недели, Время начала, Неделя, Аудитория, Корпус} → Дисциплина, Вид
и выполним декомпозицию:

R2:

<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	Дисциплина	Вид
Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб

R1:

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Время конца	Аудитория	Корпус	Преподаватель
P34682	Пн	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Смолин

Доказательство соблюдения 2НФ и 3НФ в R2

В отношении R2 потенциальный ключ: {День недели, Неделя, Время начала, Аудитория, Корпус}.
Неключевые атрибуты: Дисциплина, Вид.

Докажем отсутствие ФЗ:

{Неделя, Время начала, Аудитория, Корпус, Дисциплина} → Вид;
{Неделя, Время начала, Аудитория, Корпус, Вид} → Дисциплина;
{День недели, Время начала, Аудитория, Корпус, Дисциплина} → Вид;
{День недели, Время начала, Аудитория, Корпус, Вид} → Дисциплина;
{День недели, Неделя, Аудитория, Корпус, Дисциплина} → Вид;
{День недели, Неделя, Аудитория, Корпус, Вид} → Дисциплина;
{День недели, Неделя, Время начала, Корпус, Дисциплина} → Вид;
{День недели, Неделя, Время начала, Корпус, Вид} → Дисциплина;
{День недели, Неделя, Время начала, Аудитория, Дисциплина} → Вид;
{День недели, Неделя, Время начала, Аудитория, Вид} → Дисциплина;

Доказательство соблюдения 2НФ и 3НФ в R2

Докажем отсутствие ФЗ:

{Неделя, Время начала, Аудитория, Корпус, Дисциплина} → Вид;

{Неделя, Время начала, Аудитория, Корпус, Вид} → Дисциплина;

R2:

<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	Дисциплина	Вид
Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб
Вт	11	11:40	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лекц
Ср	12	18:40	428	Бирж.	Философия	Практ
Чт	12	18:40	428	Бирж.	Эргономика	Практ

Доказательство соблюдения 2НФ и 3НФ в R2

Докажем отсутствие ФЗ:

{День недели, Время начала, Аудитория, Корпус, Дисциплина} → Вид;

{День недели, Время начала, Аудитория, Корпус, Вид} → Дисциплина;

R2:

<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	<u>Дисциплина</u>	<u>Вид</u>
Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб
Пн	12	11:40	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лекц
Ср	11	18:40	428	Бирж.	Философия	Практ
Ср	12	18:40	428	Бирж.	Эргономика	Практ

Доказательство соблюдения 2НФ и 3НФ в R2

Докажем отсутствие ФЗ:

{День недели, Неделя, Аудитория, Корпус, Дисциплина} → Вид;

{День недели, Неделя, Аудитория, Корпус, Вид} → Дисциплина;

R2:

<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	<u>Дисциплина</u>	<u>Вид</u>
Пн	11	10:00	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лекц
Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб
Ср	12	11:40	428	Бирж.	Философия	Практ
Ср	12	13:30	428	Бирж.	Эргономика	Практ

Доказательство соблюдения 2НФ и 3НФ в R2

Докажем отсутствие ФЗ:

{День недели, Неделя, Время начала, Корпус, Дисциплина} → Вид;

{День недели, Неделя, Время начала, Корпус, Вид} → Дисциплина;

R2:

<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	<u>Дисциплина</u>	<u>Вид</u>
Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Технол. VR	Лаб
Пн	11	11:40	428	Кронв.	Технол. VR	Лекц
Ср	12	13:30	428	Бирж.	Философия	Практ
Ср	12	13:30	436	Бирж.	Эргономика	Практ

Доказательство соблюдения 2НФ и 3НФ в R2

Докажем отсутствие ФЗ:

{День недели, Неделя, Время начала, Аудитория, Дисциплина} → Вид;

{День недели, Неделя, Время начала, Аудитория, Вид} → Дисциплина;

R2:

<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	Дисциплина	Вид
Вт	11	11:40	428	Кронв.	Технол. VR	Лаб
Вт	11	11:40	428	Бирж.	Технол. VR	Лекц
Чт	12	13:30	428	Кронв.	Философия	Практ
Чт	12	13:30	428	Бирж.	Эргономика	Практ

Таким образом доказано, что отношение R2 находится в 3НФ.

Рассмотрим отношение R1

R1:

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Время конца	Аудитория	Корпус	Преподаватель
P34682	Пн	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Смолин

Потенциальные ключи:

{Группа, День недели, Время начала, Неделя, Аудитория, Корпус};

{Группа, День недели, Время конца, Неделя, Аудитория, Корпус};

{Группа, День недели, Время начала, Неделя, Преподаватель};

{Группа, День недели, Время конца, Неделя, Преподаватель}.

Неключевых атрибутов нет. Отношение находится в 3НФ.

Тем не менее, тут есть две нетривиальные ФЗ, детерминант которых не является полным ключом:
Время начала → Время конца. Время конца → Время начала.

Нормальная форма Бойса-Кодда (НФБК)

- Отношение находится в НФБК, если во всех его нетривиальных ФЗ детерминант является суперключом.

Иными словами:

- Отношение находится в НФБК, если во всех его нетривиальных неприводимых слева ФЗ детерминант является потенциальным ключом.

Иными словами:

- Отношение находится в НФБК, если оно находится в 3НФ, и в нём нет ФЗ ключевых атрибутов от такой комбинации других атрибутов, которая не содержит в себе полный потенциальный ключ.

Чтобы привести отношение к НФБК, нужно выполнить декомпозицию по правилу Хеза.

Краткая историческая справка

- 1970 год - Эдгар Кодд описал реляционную теорию и 1НФ.
- 1971 год - Эдгар Кодд описал определения 2НФ и 3НФ (при этом 3НФ определялось как отношение в 2НФ, не имеющее транзитивных зависимостей).
- 1971 год - Йэн Хез описал нормальную форму, эквивалентную НФБК, но посчитал тогда, что это 3НФ, просто в более строгой формулировке.
- 1974 год - Эдгар Кодд и Рэймонд Бойс описали НФБК как отдельную нормальную форму, отличающуюся от 3НФ.

Иногда НФБК называют «третьей с половиной нормальной формой» или «усиленной третьей нормальной формой» и обозначают «3.5НФ» или «3½НФ».

От чего может зависеть ключевой атрибут?

Ключевой атрибут не может зависеть от неключевого, иначе можно было бы заменить в ключе зависимый атрибут на тот, от которого он зависит, и тогда неключевой атрибут оказывается ключевым.

По этой же причине ключевой атрибут не может неприводимо зависеть от любой комбинации других атрибутов, содержащей неключевой атрибут.

Значит, ключевые атрибуты могут находиться в неприводимых слева нетривиальных ФЗ только от других ключевых атрибутов.

Но может ли ключевой атрибут зависеть от других ключевых атрибутов, входящих вместе с ним в один потенциальный ключ?

Зависимости между ключевыми атрибутами

- Ключевой атрибут не может функционально зависеть от множества атрибутов, входящего вместе с ним в один потенциальный ключ.
- Например, если в отношении есть СК: $\{A, B, C, D\}$, то не может существовать ФЗ $\{A, B\} \rightarrow C$. Докажем это.
- Существование СК $\{A, B, C, D\}$ означает, что в отношении не может быть двух кортежей, в которых значения A, B, C, D совпадут. Поскольку СК несократим, это означает, что в отношении может быть несколько кортежей, в которых совпадают значения $\{A, B, C\}$ (так же аналогично для $\{A, B, D\}$, $\{B, C, D\}$, $\{A, B\}$, $\{A, C\}$, и т.д.)
- Если бы существовала ФЗ $\{A, B\} \rightarrow C$, то в двух кортежах, имеющих одинаковые значения $\{A, B, D\}$, должны были бы быть одинаковыми и значения C . Но тогда получалось бы, что в отношении может быть два кортежа с одинаковыми значениями A, B, C, D - значит, $\{A, B, C, D\}$ не является СК. Либо это означает, что в отношении не может быть двух кортежей с одинаковыми значениями $\{A, B, D\}$ - но тогда $\{A, B, D\}$ является СК, а $\{A, B, C, D\}$ в этом случае становится сократимым суперключом.

<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>	E
1	1	1	1	1
0	1	1	1	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1

Зависимости между ключевыми атрибутами

- Иными словами, если в некотором суперключе один атрибут зависит от подмножества других атрибутов этого суперключа, то такой суперключ является сократимым: из него может быть убран зависимый атрибут, и оставшееся множество атрибутов всё равно останется суперключом.
- А потенциальный ключ является несократимым суперключом, поэтому в потенциальном ключе атрибут не может зависеть от подмножества других атрибутов этого потенциального ключа.
- Таким образом, ключевой атрибут может функционально зависеть только от такого множества других ключевых атрибутов, в котором обязательно присутствует хотя бы один атрибут из другого потенциального ключа.

Зависимость потенциальных ключей

- Если потенциальный ключ состоит только из одного ключевого атрибута, то такой ключевой атрибут не может находиться в ФЗ от неполных частей другого потенциального ключа.
- В противном случае, если бы такая ФЗ существовала бы, то каждое значение её детерминанта могло бы встречаться в отношении только по одному разу (так как повторная встреча требовала бы повторения значения зависящего от него потенциального ключа, что невозможно). Значит, детерминант этой ФЗ тоже был бы потенциальным ключом, и не мог бы быть неполной частью потенциального ключа.
- Следовательно, ключевой атрибут может зависеть от неполной части составного СК, только если он сам является неполной частью другого составного СК.

Упрощение доказательств

Таким образом, мы можем сформулировать определение НФБК так:
Отношение находится в НФБК, если оно находится в ЗНФ, и в нём нет ФЗ ключевых атрибутов составного потенциального ключа от такой комбинации других ключевых атрибутов, которая не содержит в себе полный потенциальный ключ.

Из этого следует, что:

- Если отношение находится в ЗНФ, и в нём нет двух или более составных потенциальных ключей, то это отношение находится в НФБК.
- Если отношение состоит только из двух атрибутов, то это отношение точно находится в 2НФ (кроме редкого случая зависимости от пустого множества), в ЗНФ и в НФБК.

Приведение отношения к НФБК

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Время конца	Аудитория	Корпус	Преподаватель
P34682	Пн	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	13:10	405-2	Кронв.	Смолин
P34682	Вт	12	13:30	15:00	405-2	Кронв.	Смолин
P34702	Вт	12	13:30	15:00	405-2	Кронв.	Смолин

Ф3:
Время начала →
Время конца

Декомпозиция:

R3:

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Аудитория	Корпус	Преподаватель
P34682	Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Смолин
P34682	Вт	12	13:30	405-2	Кронв.	Смолин
P34702	Вт	12	13:30	405-2	Кронв.	Смолин

R4:

<u>Время начала</u>	<u>Время конца</u>
11:40	13:10
13:30	15:00

Проверка соблюдения НФБК

R3:

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Аудитория	Корпус	Преподаватель
P34682	Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Смолин
P34682	Вт	12	13:30	405-2	Кронв.	Смолин
P34702	Вт	12	13:30	405-2	Кронв.	Смолин

R4:

<u>Время начала</u>	<u>Время конца</u>
11:40	13:10
13:30	15:00

СК:
{Время начала},
{Время конца}.

СК: {Группа, День недели, Время начала, Неделя, Преподаватель};
{Группа, День недели, Время начала, Неделя, Аудитория, Корпус};

- Отношение R4 содержит два потенциальных ключа, но они оба не составные. В отношении нет неключевых атрибутов, поэтому оно находится в 3НФ, и в нём не может быть нарушений НФБК, так как нет составных потенциальных ключей.
- В отношении R3 два составных потенциальных ключа, и нужно доказать, что в нём нет ещё каких-нибудь ФЗ, нарушающих НФБК.

Доказательство соблюдения НФБК

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Аудитория	Корпус	Преподаватель
P34682	Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Смолин
P34682	Вт	12	13:30	405-2	Кронв.	Смолин
P34702	Вт	12	13:30	405-2	Кронв.	Смолин

СК: {Группа, День недели, Неделя, Время начала, Преподаватель};
{Группа, День недели, Неделя, Время начала, Аудитория, Корпус};

В первом потенциальном ключе есть атрибут «Преподаватель», которого нет во втором СК. А во втором СК есть атрибуты «Аудитория» и «Корпус», которых нет в первом.

Нужно доказать отсутствие ФЗ этих атрибутов от неполных частей потенциального ключа, содержащих атрибуты из другого потенциального ключа.

Доказательство соблюдения НФБК

СК: {Группа, День недели, Неделя, Время начала, Преподаватель};
{Группа, День недели, Неделя, Время начала, Аудитория, Корпус};

Рассмотрим следующие возможные ФЗ:

- {День недели, Неделя, Время начала, Аудитория, Корпус} → Преподаватель;
- {День недели, Неделя, Время начала, Преподаватель} → Аудитория, Корпус;
- {Группа, Неделя, Время начала, Аудитория, Корпус} → Преподаватель;
- {Группа, Неделя, Время начала, Преподаватель} → Аудитория, Корпус;
- {Группа, День недели, Время начала, Аудитория, Корпус} → Преподаватель;
- {Группа, День недели, Время начала, Преподаватель} → Аудитория, Корпус;
- {Группа, День недели, Неделя, Аудитория, Корпус} → Преподаватель;
- {Группа, День недели, Неделя, Преподаватель} → Аудитория, Корпус.

Проверка соблюдения НФБК

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Аудитория	Корпус	Преподаватель
P34682	Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Смолин

Проверяя ФЗ {День недели, Неделя, Время начала, Аудитория, Корпус} → Преподаватель видим, что не может быть двух разных преподавателей в одной аудитории и в одно время. Значит, есть такая ФЗ, и она нарушает НФБК.

Так же есть ФЗ {День недели, Неделя, Время начала, Преподаватель} → Аудитория, Корпус т.к. преподаватель не может быть в разных корпусах или разных аудиториях одновременно. Выберем одну из этих ФЗ, чтобы сделать декомпозицию по правилу Хеза.

Декомпозиция

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Аудитория	Корпус	Преподаватель
P34682	Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	405-2	Кронв.	Смолин

Возьмём ФЗ {День недели, Неделя, Время начала, Преподаватель} → Аудитория, Корпус

R5:

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Преподаватель
P34682	Пн	11	11:40	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	Смолин

R6:

<u>Преподаватель</u>	<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	Аудитория	Корпус
Смолин	Пн	11	11:40	405-2	Кронв.

Проверка НФБК после декомпозиции

R5:

Группа	День недели	Неделя	Время начала	Преподаватель
P34682	Пн	11	11:40	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	Смолин

Здесь только один СК: {Группа, День недели, Неделя, Время начала, Преподаватель} и нет ключевых атрибутов, следовательно, отношение R5 находится в НФБК.

R6:

<u>Преподаватель</u>	<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	Аудитория	Корпус
Смолин	Пн	11	11:40	405-2	Кронв.

В отношении R6 два составных потенциальных ключа:
{Преподаватель, День недели, Неделя, Время начала} и
{День недели, Неделя, Время начала, Аудитория, Корпус}.
Нужно доказать отсутствие нарушений НФБК.

Доказательство соблюдения НФБК

СК: {День недели, Время начала, Неделя, Аудитория, Корпус};
{День недели, Время начала, Неделя, Преподаватель}.

Рассмотрим следующие возможные ФЗ:

- {День недели, Время начала, Аудитория, Корпус} → Преподаватель;
- {День недели, Время начала, Преподаватель} → Аудитория, Корпус;
- {День недели, Неделя, Аудитория, Корпус} → Преподаватель;
- {День недели, Неделя, Преподаватель} → Аудитория, Корпус;
- {Неделя, Время начала, Аудитория, Корпус} → Преподаватель;
- {Неделя, Время начала, Преподаватель} → Аудитория, Корпус.

Доказательство соблюдения НФБК

	<u>День недели</u>	<u>Время начала</u>	<u>Неделя</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	<u>Преподаватель</u>
1	Вт	8:20	6	3212	Лом.	Петров
2	Вт	8:20	7	3212	Лом.	Иванов
3	Вт	8:20	8	206	Кронв.	Иванов
4	Вт	13:30	8	3212	Лом.	Иванов
5	Вт	15:20	8	3212	Лом.	Петров
6	Ср	15:20	8	3212	Лом.	Иванов
7	Чт	15:20	8	206	Кронв.	Иванов

{День недели, Время начала, Аудитория, Корпус} ~~×~~ Преподаватель (см. 1-ю и 2-ю строки)

{День недели, Время начала, Преподаватель} ~~×~~ Аудитория, Корпус (см. 2-ю и 3-ю строки)

{День недели, Неделя, Преподаватель} ~~×~~ Аудитория, Корпус (см. 3-ю и 4-ю строки)

{День недели, Неделя, Аудитория, Корпус} ~~×~~ Преподаватель (см. 4-ю и 5-ю строки)

{Неделя, Время начала, Аудитория, Корпус} ~~×~~ Преподаватель (см. 5-ю и 6-ю строки)

{Неделя, Время начала, Преподаватель} ~~×~~ Аудитория, Корпус (см. 6-ю и 7-ю строки).

В итоге имеем БД из четырёх отношений

R2:

<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	<u>Дисциплина</u>	<u>Вид</u>
Вт	11	11:40	428	Кронв.	Технол. VR	Лаб
Вт	11	11:40	428	Бирж.	Технол. VR	Лекц
Чт	12	13:30	428	Кронв.	Философия	Практ
Чт	12	13:30	428	Бирж.	Эргономика	Практ

R4:

<u>Время начала</u>	<u>Время конца</u>
15:20	16:50
13:30	15:00

R5:

<u>Группа</u>	<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	<u>Преподаватель</u>
P34682	Пн	11	11:40	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	Смолин

R6:

<u>Преподаватель</u>	<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>
Смолин	Пн	11	11:40	405-2	Кронв.

Одинаковые СК в разных отношениях

R6:	<u>Преподаватель</u>	<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>
	Смолин	Пн	11	11:40	405-2	Кронв.

В отношении R6 есть потенциальный ключ: {День недели, Неделя, Время начала, Аудитория, Корпус}, который является первичным ключом в отношении R2.

R2:	<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	Дисциплина	Вид
	Вт	11	11:40	428	Кронв.	Технол. VR	Лаб

Их следует объединить в одно отношение:

R7:	<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	Дисциплина	Вид	<u>Преподаватель</u>
	Вт	11	11:40	428	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин

В итоге имеем БД из трёх отношений

R7:

<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	Дисциплина	Вид	<u>Преподаватель</u>
Пн	11	11:40	428	Кронв.	Технол. VR	Лаб	Смолин
Пн	11	11:40	428	Бирж.	Эргономика	Лекц	Волосюк

R5:

<u>Группа</u>	<u>День недели</u>	<u>Неделя</u>	<u>Время начала</u>	<u>Преподаватель</u>
P34682	Пн	11	11:40	Смолин
P34702	Пн	11	11:40	Смолин
P42701	Пн	11	11:40	Волосюк

R4:

<u>Время начала</u>	<u>Время конца</u>
15:20	16:50
13:30	15:00

Все они находятся в НФБК.

А какие вообще могут быть ФЗ ?

Любые атрибуты всегда зависят от:

- потенциальных ключей (это не нарушает никакие НФ),
- самих себя или комбинаций любых других атрибутов с самими собой (такие ФЗ называются тривиальными и не нарушают никакие НФ).

Кроме того, неключевые атрибуты могут неприводимо зависеть от:

- неполных частей потенциальных ключей (это нарушение 2НФ).
- других неключевых атрибутов или комбинаций неключевых с ключевыми (это нарушение 3НФ).

А ключевые атрибуты, входящие в составные СК, могут зависеть от:

- неполных частей других составных СК (это нарушение НФБК).

Неприводимые слева ФЗ

Таким образом, все неприводимые слева ФЗ можно поделить на:

- тривиальные (ничего не нарушают);
- зависимости от потенциальных ключей (ничего не нарушают);
- нарушающие 2НФ;
- нарушающие 3НФ;
- нарушающие НФБК.

Но, чтобы отношение было в НФБК, оно должно быть в 3НФ, а чтобы оно было в 3НФ, оно должно быть в 2НФ. Значит, любое нарушение 2НФ или 3НФ является также и нарушением НФБК, так что на самом деле все неприводимые слева ФЗ делятся на:

- тривиальные;
- зависимости от потенциальных ключей;
- нарушающие НФБК.

Вернёмся к нашей декомпозиции...

Группа	День недели	Время начала	Время конца	Неделя	Аудитория	Корпус	Дисциплина	Вид	Преподаватель
P3469	Пн	17:00	18:30	6	415	Кронв.	Эргономика	Лаб	Сысоева
U33751	Пн	17:00	18:30	6	415	Чайк.	Технол.нов.	Практ	Уваев

ФЗ, нарушающие ЗНФ и НФБК:

{День недели, Время начала, Неделя, Аудитория, Корпус} → Дисциплина, Вид, Преподаватель;

{День недели, Время начала, Неделя, Преподаватель} → Дисциплина, Вид, Аудитория, Корпус.

Выносим в новое отношение атрибуты ФЗ:

<u>День недели</u>	<u>Время начала</u>	<u>Неделя</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	Дисциплина	Вид	<u>Преподаватель</u>
Пн	17:00	6	415	Кронв.	Эргономика	Лаб	Сысоева
Пн	17:00	6	415	Чайк.	Технол.нов.	Практ	Уваев

При такой декомпозиции дублируется большое количество атрибутов. Лучше ввести суррогатный ключ.

Введём суррогатный ключ: *id занятия*

Группа	День недели	Время начала	Время конца	Неделя	Аудитория	Корпус	Дисциплина	Вид	Преподаватель
P3469	Вт	17:00	18:30	6	415	Кронв.	Эргономика	Лаб	Сысоева
U33751	Вт	17:00	18:30	6	415	Чайк.	Технол.нов.	Практ	Уваев

Декомпозиция с суррогатным ключом:
«*id занятия*» делается первичным ключом в новом отношении,
и встаёт на место атрибутов ФЗ в исходном отношении,
становясь в нём внешним ключом.

Группа	Время конца	<i>id занятия</i>
P3469	18:30	1
U33751	18:30	2

<u>id занятия</u>	<u>День недели</u>	<u>Время начала</u>	<u>Неделя</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	<u>Дисциплина</u>	<u>Вид</u>	<u>Преподаватель</u>
1	Пн	17:00	6	415	Кронв.	Эргономика	Лаб	Сысоева
2	Пн	17:00	6	415	Чайк.	Технол.нов.	Практ	Уваев

Рассмотрим получившееся отношение

Группа	Время конца	<i>id занятия</i>
P3469	18:30	1
U33751	18:30	2
P3469	18:30	3
P3472	18:30	4
P3473	18:30	4

id занятия - это, по сути:

{День недели, Время начала, Неделя, Аудитория, Корпус}

СК: {Группа, *id занятия*}

Неключевой атрибут: Время конца.

ФЗ, нарушающая 2НФ:

id занятия → *Время конца*.

Для устранения нарушения 2НФ переносим атрибут «Время конца» в то отношение, где первичным ключом является «*id занятия*»:

<u>id занятия</u>	<u>День недели</u>	<u>Время начала</u>	<u>Время конца</u>	<u>Неделя</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	Дисциплина	Вид	<u>Преподаватель</u>
1	Пн	17:00	18:30	6	415	Кронв.	Эргономика	Лаб	Сысоева
2	Пн	17:00	18:30	6	415	Чайк.	Технол.нов.	Практ	Уваев

Проверка и приведение к НФБК

<u>id занятия</u>	<u>День недели</u>	<u>Время начала</u>	<u>Время конца</u>	<u>Неделя</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	Дисциплина	Вид	<u>Преподаватель</u>
1	Пн	17:00	18:30	6	415	Кронв.	Эргономика	Лаб	Сысоева
2	Пн	17:00	18:30	6	415	Чайк.	Технол.нов.	Практ	Уваев

СК: id занятия; {День недели, Время начала, Неделя, Преподаватель};

{День недели, Время начала, Неделя, Аудитория, Корпус};

{День недели, Время конца, Неделя, Преподаватель};

{День недели, Время конца, Неделя, Аудитория, Корпус}.

ФЗ: Время начала → Время конца

Декомпозиция:

<u>Время начала</u>	<u>Время конца</u>
17:00	18:30
18:40	20:10

<u>id занятия</u>	<u>День недели</u>	<u>Время начала</u>	<u>Неделя</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	Дисциплина	Вид	<u>Преподаватель</u>
1	Пн	17:00	6	415	Кронв.	Эргономика	Лаб	Сысоева
2	Пн	17:00	6	415	Чайк.	Технол.нов.	Практ	Уваев

В итоге имеем БД из трёх отношений

<u>Группа</u>	<u>id занятия</u>
P3469	1
U33751	2
P3469	3
P3472	4
P3473	4

<u>Время начала</u>	<u>Время конца</u>
11:40	13:10
13:30	15:00
17:00	18:30
18:40	20:10

<u>id занятия</u>	<u>День недели</u>	<u>Время начала</u>	<u>Неделя</u>	<u>Аудитория</u>	<u>Корпус</u>	<u>Дисциплина</u>	<u>Вид</u>	<u>Преподаватель</u>
1	Пн	17:00	6	415	Кронв.	Эргономика	Лаб	Сысоева
2	Пн	17:00	6	415	Чайк.	Технол.нов.	Практ	Уваев
3	Чт	11:40	все	405-3	Кронв.	Базы данных	Лек	Лавров
4	Вт	13:30	все	332	Кронв.	Общ.проф.пед.	Лаб	Климов

Повторение основных моментов

- Отношение находится в НФБК, если во всех его нетривиальных ФЗ детерминант является суперключом.
- Если отношение находится в ЗНФ, то нарушение НФБК возможно только если неполная часть одного составного СК зависит от неполной части другого составного СК (или от комбинации неполных частей разных СК, если их больше двух).
- Чтобы доказать, что отношение находится в НФБК, нужно сначала доказать, что оно находится в ЗНФ, а затем доказать, что в нём нет ФЗ ключевых атрибутов одного СК от неполных частей других СК.
- Если отношение находится в ЗНФ, и в нём меньше двух составных СК, то такое отношение точно находится в НФБК.
- Если в отношении всего два атрибута, то оно точно находится в НФБК (кроме случая, когда есть атрибут, всегда имеющий одинаковое значение во всех кортежах отношения, то есть зависящий от пустого множества).

Важно помнить!

- Для устранения нарушений НФБК необходимо выполнить декомпозицию по правилу Хеза, но если ранее при приведении к 2НФ уже была выполнена декомпозиция с вынесением в новое отношение неключевых атрибутов, зависящих от такого же детерминанта, от которого теперь зависит ключевой атрибут, то следует не создавать новое отношение, дублируя в него детерминант, а **перенести зависимый атрибут** в то отношение, где этот детерминант уже является потенциальным ключом.
- При приведении отношения к НФБК нужно после декомпозиции обязательно проверить изменившиеся отношения **снова на соблюдение 2НФ, 3НФ и НФБК**, так как вынесение из отношения ключевых атрибутов меняет состав потенциальных ключей в нём, и какие-то из ключевых атрибутов могут теперь стать неключевыми и оказаться в зависимости от неполной части потенциального ключа или от других неключевых.

Домашнее задание

- Для всех отношений проектируемой БД проверить соблюдение НФБК.
- При обнаружении нарушений НФБК выполнить декомпозицию.
- Доказать, что все получившиеся в итоге отношения находятся в НФБК.