**1.1**

ФЗ:

1) StudentId -> StudentName

2) StudentId -> GroupId

3) GroupId -> GroupName

4) CourseId -> CourseName

5) LecturerId -> LecturerName

6) StudentId, CourseId -> Mark

7) GroupId, CourseId -> LecturerId

8) GroupName -> GroupId

Ключ:

{StudentId, CourseId}

Для данного отношения:

1. Очевидно нет повторяющихся групп атрибутов

2. Очевидно все атрибуты атомарны

3. Есть ключ

А значит оно находится в 1НФ

**1.2**

(StudentId, StudentName, GroupId, GroupName, CourseId, CourseName, LecturerId, LecturerName, Mark) => (StudentId, StudentName, GroupId, GroupName, CourseId, CourseName, LecturerId, LecturerName, Mark).

**2.1**

В ФЗ 1 слева находится часть ключа, декомпозируем по ней:

(StudentId, StudentName, GroupId, GroupName, CourseId, CourseName, LecturerId, LecturerName, Mark) => (StudentId, StudentName); (StudentId, GroupId, GroupName, CourseId, CourseName, LecturerId, LecturerName, Mark).

Первое из отношений находится в 2НФ.

Для второго отношения в ФЗ 4 слева находится часть ключа, разбиваем:

(StudentId, GroupId, GroupName, CourseId, CourseName, LecturerId, LecturerName, Mark) => (CourseId, CourseName); (StudentId, GroupId, GroupName, CourseId, LecturerId, LecturerName, Mark).

Первое из отношений находится в 2НФ.

Для второго отношения в ФЗ 7 слева находится часть ключа, разбиваем по замыканию {GroupId, CourseId}+ = {GroupId, CourseId, GroupName, LecturerId, LecturerName}:

(StudentId, GroupId, GroupName, CourseId, LecturerId, LecturerName, Mark) => (StudentId, GroupId, CourseId, Mark); (GroupId, CourseId, GroupName, LecturerId, LecturerName).

Первое из получившихся отношений разбиваем по ФЗ 2:

(StudentId, GroupId, CourseId, Mark) => (StudentId, GroupId); (StudentId, CourseId, Mark).

Второе (в нем новый ключ - (GroupId, CourseId)) - по ФЗ 3:

(GroupId, CourseId, GroupName, LecturerId, LecturerName) => (GroupId, GroupName); (GroupId, CourseId, LecturerId, LecturerName).

Итоговый список получившихся отношений:

1. (StudentId, StudentName)

2. (CourseId, CourseName)

3. (StudentId, GroupId)

4. (GroupId, GroupName)

5. (StudentId, CourseId, Mark)

6. (GroupId, CourseId, LecturerId, LecturerName)

**2.2**

(StudentId, StudentName, GroupId, GroupName, CourseId, CourseName, LecturerId, LecturerName, Mark) => (StudentId, StudentName); (CourseId, CourseName); (StudentId, GroupId); (GroupId, GroupName); (StudentId, CourseId, Mark); (GroupId, CourseId, LecturerId, LecturerName).

**3.1**

Для отношений 1-5 очевидно, что в них нет неключевых атрибутов, не зависящих непосредственно от ключей, а значит они находятся в 3НФ. Для отношения 6 существует ФЗ 5, по которой произведем разбиение:

(GroupId, CourseId, LecturerId, LecturerName) => (LecturerId, LecturerName); (GroupId, CourseId, LecturerId).

Итоговый список получившихся отношений:

1. (StudentId, StudentName)

2. (CourseId, CourseName)

3. (StudentId, GroupId)

4. (GroupId, GroupName)

5. (LecturerId, LecturerName)

6. (StudentId, CourseId, Mark)

7. (GroupId, CourseId, LecturerId)

**3.2**

(StudentId, StudentName) => (StudentId, StudentName).

(CourseId, CourseName) => (CourseId, CourseName).

(StudentId, GroupId) => (StudentId, GroupId).

(GroupId, GroupName) => (GroupId, GroupName).

(StudentId, CourseId, Mark) => (StudentId, CourseId, Mark).

(GroupId, CourseId, LecturerId, LecturerName) => (LecturerId, LecturerName); (GroupId, CourseId, LecturerId).

**Б.1**

В отношениях 1-5 существует единственная нетривиальная ФЗ, поэтому очевидно, что они находятся в НФБК (в отношении 4 GroupName определяет все множество атрибутов, а значит является ключом, а значит в ФЗ 8 слева находится надключ). В отношении 6 нетривиальной ФЗ является только ФЗ 6, в левой части которой находится ключ, а значит она в НФБК. Аналогично для отношения 7 нетривиальная ФЗ 7, слева ключ, отношение в НФБК.

**Б.2**

(StudentId, StudentName) => (StudentId, StudentName).

(CourseId, CourseName) => (CourseId, CourseName).

(StudentId, GroupId) => (StudentId, GroupId).

(GroupId, GroupName) => (GroupId, GroupName).

(LecturerId, LecturerName) => (LecturerId, LecturerName).

(StudentId, CourseId, Mark) => (StudentId, CourseId, Mark).

(GroupId, CourseId, LecturerId) => (GroupId, CourseId, LecturerId).

**4.1**

Для отношений 1-5 каждая нетривильная МЗ является ФЗ и отношения находятся в НФБК => отношения находятся в 4НФ. Стоит все же уточнить, что в них не существует МЗ вида ∅ ->> X | Y (единственно возможные нетривиальные МЗ для 2 атрибутов), поскольку наши отношения не являются декартовым произведением, и различным значениям одного атрибута могут соответствовать различные множества значений второго.

Оставшиеся отношения находятся в 4НФ, если для каждой нетривиальной МЗ в левой части находится надключ. Переберем все подмножества атрибутов, не образующих надключ, и проверим, что они не образуют МЗ.

Для отношения 6. (StudentId, CourseId, Mark):

(1) ∅ ->> StudentId| CourseId, Mark

Не декартово произведение.

(2) ∅ ->> StudentId, CourseId | Mark

Не декартово произведение.

(3) ∅ ->> CourseId | StudentId, Mark

Не декартово произведение.

(4) StudentId ->> CourseId | Mark

Множества курсов, по которым студент s имеет оценки m1 != m2 могут не совпадать.

(5) CourseId ->> StudentId | Mark

Множества студентов, которые имеют по курсу c оценки m1 != m2 могут не совпадать.

(6) Mark ->> StudentId | CourseId

Множества студентов, которые имеют оценку m по курсам c1 != c2 могут не совпадать.

Для отношения 7. (GroupId, CourseId, LecturerId):

(1) ∅ ->> GroupId | CourseId, LecturerId

Не декартово произведение.

(2) ∅ ->> GroupId, CourseId | LecturerId

Не декартово произведение.

(3) ∅ ->> CourseId | GroupId, LecturerId

Не декартово произведение.

(4) GroupId ->> CourseId | LecturerId

Множества курсов в группе g, читаемых лекторами l1 != l2 могут не совпадать.

(5) CouseId ->> GroupId | LecturerId

Множества групп, в которых курс c читают лекторы l1 != l2 могут не совпадать.

(6) LecturerId ->> GroupId | CourseId

Множества групп, в которых лектор l читает курсы c1 != c2 могут не совпадать.

Таким образом, отношения 6 и 7 находятся в 4НФ.

**4.2**

(StudentId, StudentName) => (StudentId, StudentName).

(CourseId, CourseName) => (CourseId, CourseName).

(StudentId, GroupId) => (StudentId, GroupId).

(GroupId, GroupName) => (GroupId, GroupName).

(LecturerId, LecturerName) => (LecturerId, LecturerName).

(StudentId, CourseId, Mark) => (StudentId, CourseId, Mark).

(GroupId, CourseId, LecturerId) => (GroupId, CourseId, LecturerId).

**5.1**

Согласное теореме Дейта-Фейгина 1 отношения 1-5 находятся в 5НФ.

Для отношений 6, 7 не существует нетривиальных ЗС с ненадключевым X\_i и n=2, поскольку отношения в 4НФ, следовательно в них нет нетрививиальных МЗ с ненадключом в левой части.

Разбиение на 4 и более подмножества не имеет смысла, поскольку в отношениях всего 3 атрибута.

Следовательно, содержательны могут быть только разбиения на 3 подмножества. Так как мы не рассматриваем тривиальные ЗС, то подмножества будут состоять из 1 или 2 атрибутов. Тогда в их пересечении будет находится 0 или 1 атрибут. Но в наших отношениях нет нетривиальных ФЗ с одним атрибутом в левой части, а значит соединить нашу декомпозицию не получится.

Таким образом, в отношениях 6-7 отсутствуют нетривиальные ЗС с ненадключами, а значит они находятся в 5НФ.

**5.2**

(StudentId, StudentName) => (StudentId, StudentName).

(CourseId, CourseName) => (CourseId, CourseName).

(StudentId, GroupId) => (StudentId, GroupId).

(GroupId, GroupName) => (GroupId, GroupName).

(LecturerId, LecturerName) => (LecturerId, LecturerName).

(StudentId, CourseId, Mark) => (StudentId, CourseId, Mark).

(GroupId, CourseId, LecturerId) => (GroupId, CourseId, LecturerId).