

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева»

**Программа дополнительного профессионального образования
«Прикладные методы, средства и технологии искусственного интеллекта»**

Дисциплина «Методы и системы искусственного интеллекта в организациях химической
отрасли»

Лекция 5. Фреймовые модели представления знаний

Понятие и классификация фреймов.

Способы представления.

Примеры разработки моделей представления знаний на основе фреймов для представления знаний о технологических процессах и типовом оборудовании химических производств

Ведущий преподаватель: кандидат технических наук,
доцент **Михайлова Павла Геннадьевна**

Фреймы

Марвин Ли Мински (Marvin Lee Minsky), 1927-2016) — американский учёный в области искусственного интеллекта, сооснователь Лаборатории искусственного интеллекта в Массачусетском технологическом институте. Основоположник теории фреймов (1970 гг.).



- Фрейм — разновидность упорядоченной структуры семантической сети.
- Фрейм (англ. **frame** — кадр, рамка, каркас) – абстрактный образ для представления некоего стереотипа восприятия.
- В химии и химической технологии фрейм — это минимальное смысловое описание в словесной структурно-классифицированной форме иерархических знаний о каком-либо стереотипном понятии (объект, субъект, операция, явление, состояние или событие) [1].

Фреймовые модели представления знаний

Классификация фреймов

1. По познавательному назначению различают:

фреймы-прототипы и фреймы-примеры.

Фреймы-прототипы (шаблоны, классы) отображают значения о некоторых абстрактных стереотипных понятиях. (Например: химический реактор, ректификационная колонна).

Фреймы-примеры (экземпляры или образцы) отображают значения о конкретных сущностях и явлениях.

При присвоении каждой характеристике фрейма-прототипа определённого значения, получается фрейм-пример. (Например: эмалированный химический реактор с рубашкой с нижним спуском, ректификационная колонна для разделения смеси ацетон – вода).

2. По функциональному назначению выделяют: **фреймы-объекты** («Химический реактор»), **фреймы-ситуации** («Аварийный режим работы установки»), **фреймы-операции** («Процесс синтеза аммиака»), **фреймы-сценарии** («Ликвидация аварийной ситуации»).

Способы представления фреймов

- 1) Блочно-функциональная форма;
- 2) Нотация Бекуса-Науэра;
- 3) Табличная форма.

Блочно-функциональная форма фрейма

Блочно-функциональная форма фрейма представляет собой иерархическую блочную структуру, состоящую из упорядоченной совокупности блоков двух видов: блоков-вопросов (q) и блоков-ответов (a).

Блоки-вопросы соответствуют **атрибутам стереотипного понятия**.

Блоки-ответы соответствуют **значениям этих атрибутов**.

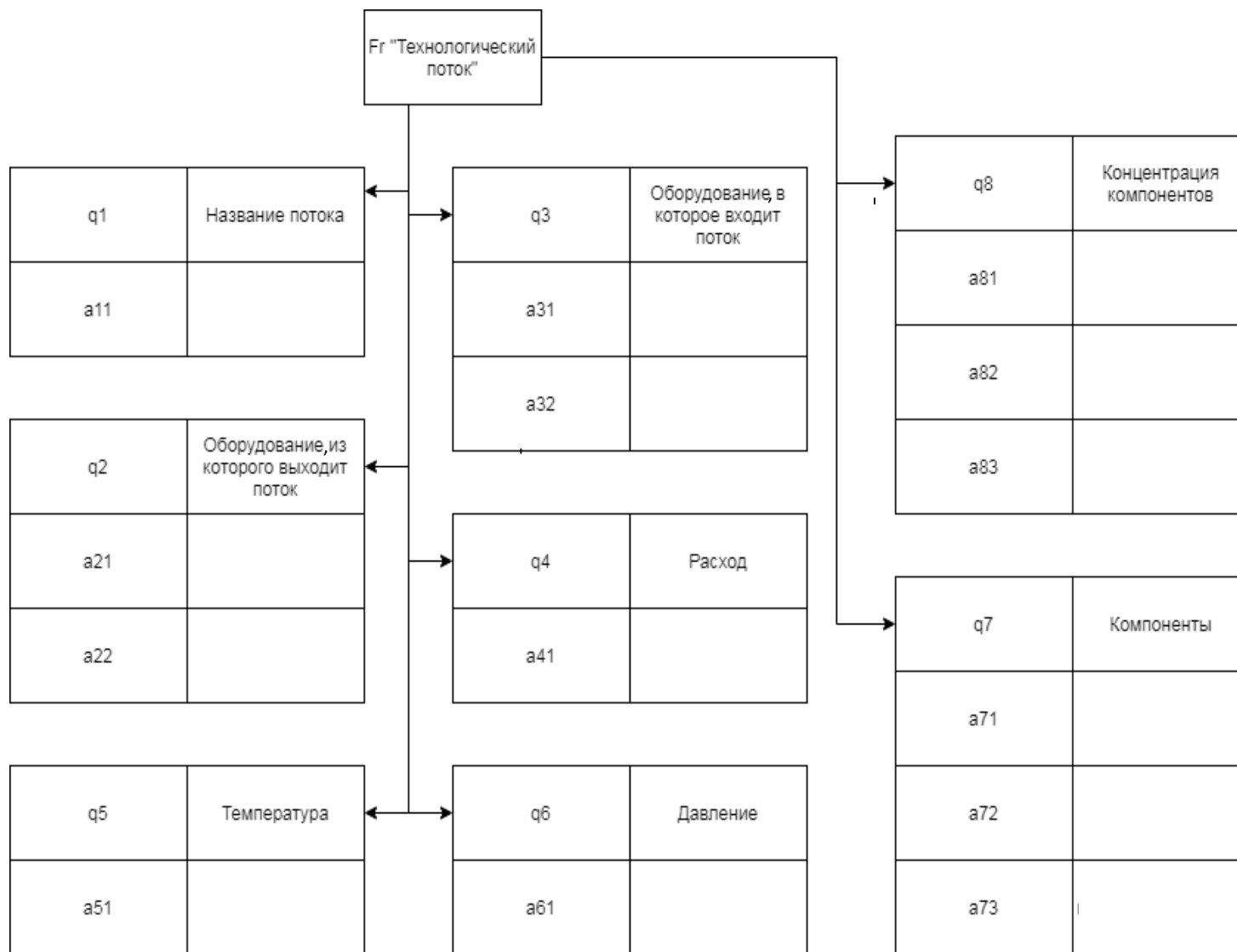
Блоки-вопросы содержат разнообразные вопросы, которые необходимо задать ЛПР для установления смысла и сущности некоторых свойств рассматриваемого стереотипного понятия.

Блоки-ответы раскрывают смысл определенных свойств этого понятия.

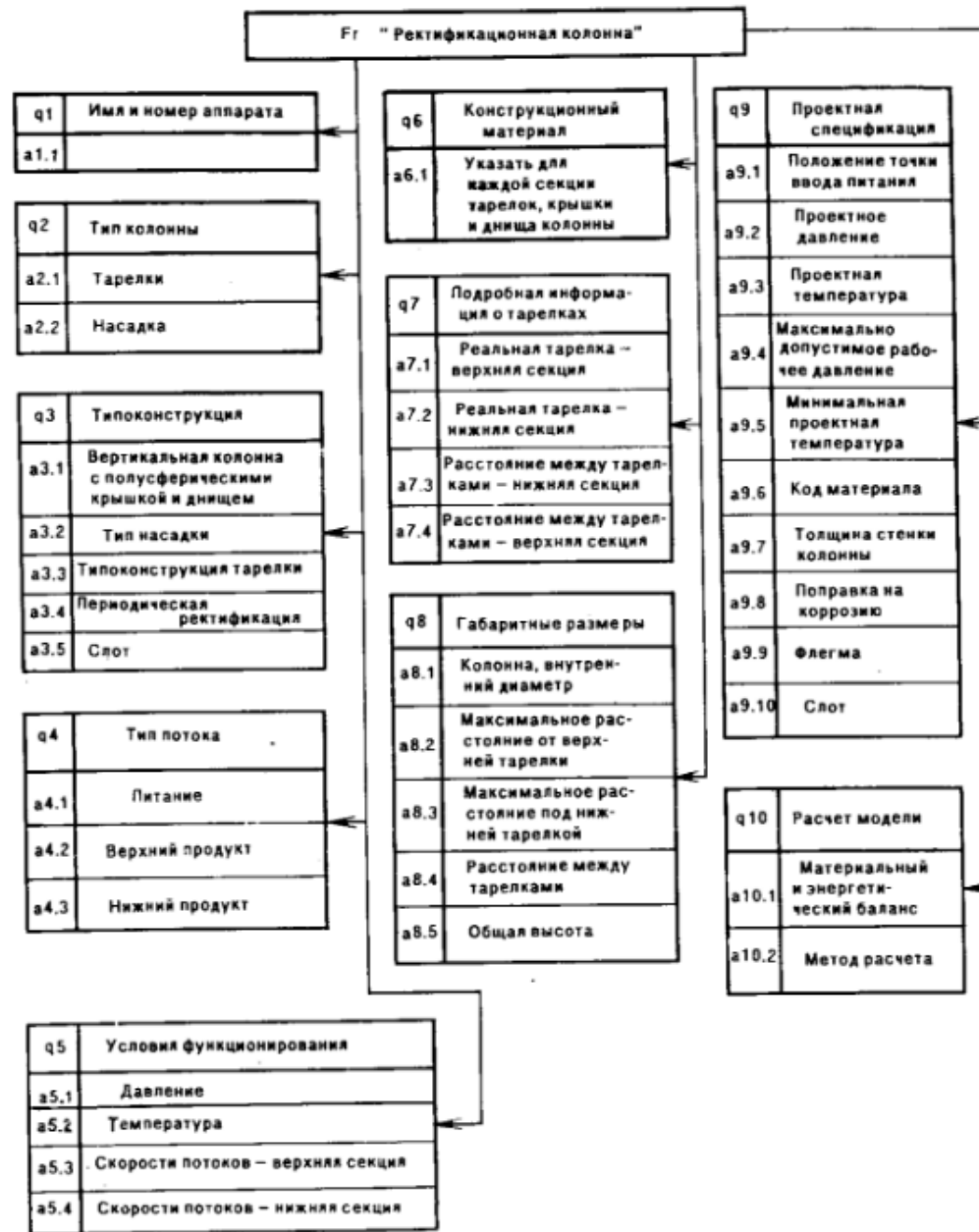
С каждым блоком-вопросом может быть связано произвольное число **незаполненных, или пустых, блоков-ответов**, называемых **слотами**. Слоты заполняются лицом, принимающим решения, и принципиально позволяют ему использовать свои интеллектуальные способности для углубления и расширения знаний о рассматриваемом объекте. В качестве блоков-ответов могут быть использованы другие фреймы, что обеспечивает классификационные взаимосвязи и определенные ситуационные отношения между различными фреймами.

Взаимосвязанная совокупность фреймов называется **сетью фреймов**

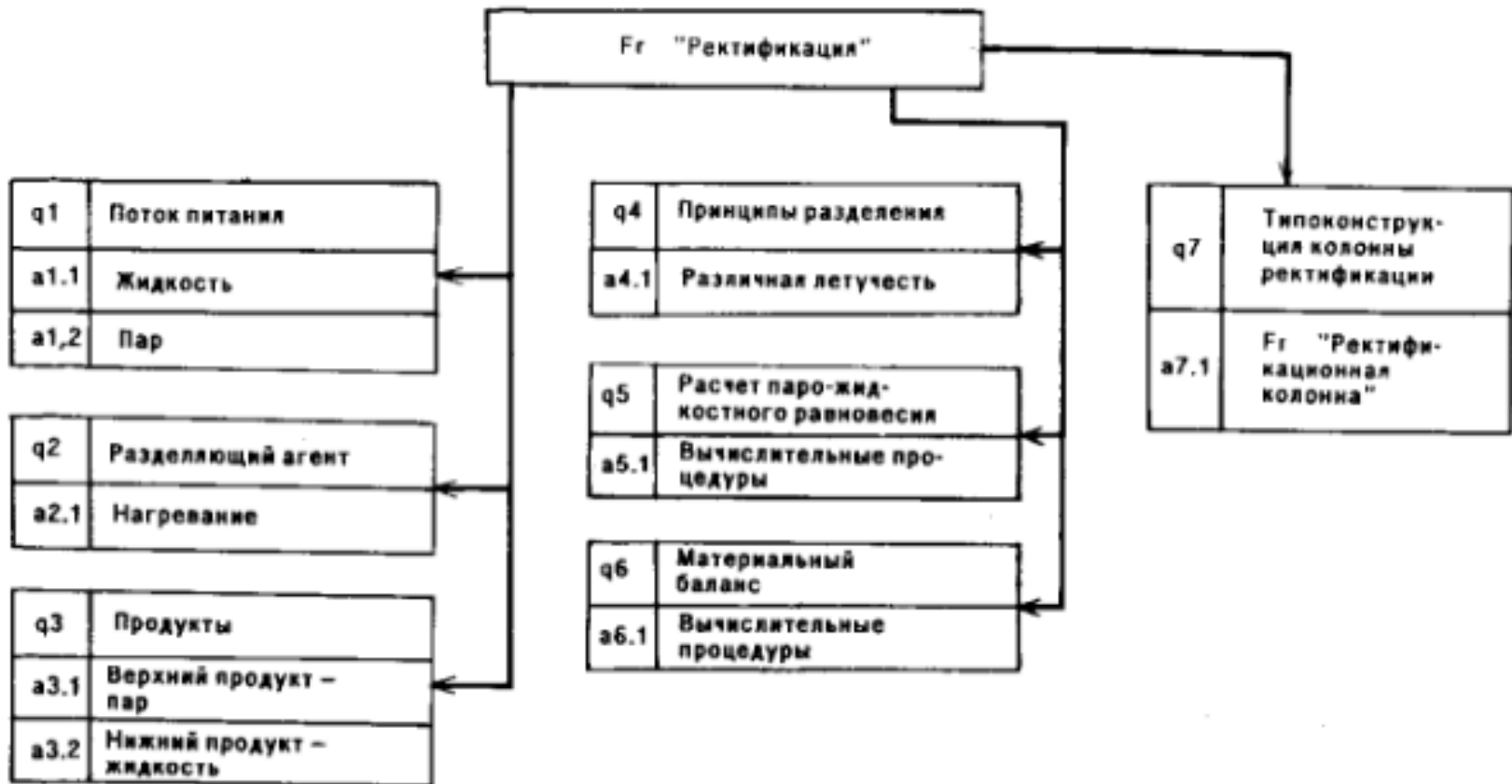
Фрейм "Технологический поток"



Фрейм-объект «Ректификационная колонна»



Фрейм-операция «Ректификация»



Нотация Бекуса-Науэра

$Fr_i := \langle \text{имя}_i, \text{атрибут}_{ij}, \text{характеристика атрибута}_{ijk} \rangle$.

Имя фрейма – слово, которое характеризует некоторое стереотипное понятие.

Атрибут фрейма – один из ключевых признаков, необходимых для описания этого стереотипного понятия.

Характеристика атрибута - значение атрибута.

Атрибут и характеристику атрибута можно представить с помощью нотации Бекуса-Науэра:

$\langle \text{атрибут} \rangle ::= (\langle \text{символ} \rangle \mid \langle \text{процедура} \rangle);$

$\langle \text{характеристика} \rangle ::= (\langle \text{число} \rangle \mid \langle \text{символ} \rangle \mid \langle \text{функция} \rangle \mid \langle \text{таблица} \rangle \mid \langle \text{рисунок} \rangle \mid \langle \text{ссылка} \rangle \mid \langle \text{пустой слот} \rangle)$

где знак « $\mid$ » - разделение альтернатив.

Пару $(\text{атрибут}_{ij}, \text{характеристика атрибута}_{ijk})$ называют **слотом** фрейма.

Составными частями слота являются фасеты, или ячейки.

$Q = \langle q_1 \div q_8 \rangle$, где Q - это количество атрибутов "технологический поток".

$A = \langle a_{11}, a_{21}, \dots, a_{83} \rangle$, где A - это значения атрибутов.

Например, **фрейм «Химическая реакция»** может содержать следующие **атрибуты**:

- q1 - реагенты,
- q2 - продукты,
- q3 - катализатор,
- q4 - теплота реакции,
- q5 - условие протекания реакции.

Некоторым атрибутам может соответствовать только одна характеристика. Например, характеристика, соответствующая атрибуту «катализатор» для ФР «Химический синтез аммиака» может быть заполнена понятием

a31 - оксид железа.

В ряде случаев каждому атрибуту может соответствовать набор характеристик. Например, атрибуту «катализатор» могут соответствовать характеристики:

- a31 – носитель
- a32 – активный компонент
- a33 – наполнители
- a34 – отравляющие вещества

Фрейм можно представить в виде вложенных списков:

(Понятие = имя)

(атрибут-1, характеристика -11)

(атрибут - 2, характеристика -21, ..., характеристика -2n)

((атрибут - 3, характеристика -31, ..., характеристика - 311)

(характеристика - 32, ..., характеристика – 321)))

(Химическая реакция)

(q1 – реагенты),

(q2 – продукты),

(q3 - катализатор, a31 – носитель, a32 – активный компонент, a33 – наполнители, a34 – отравляющие вещества),

(q4 - теплота реакции),

(q5 - условие протекания реакции).

Табличная форма

Имя фрейма			
Имя слота	Значение слота	Способ получения значения слота	Присоединённая процедура
q_1	a_{11}		

Способы получения значения слотов.

1) По умолчанию от прототипа.

Слоту присваивается значение, определённая по умолчанию во фрейме–прототипе.

2) Через наследования.

Отличается от первого способа тем, что значение задано в специальном слоте фрейма–прототипа, соединённого с текущим фреймом связью АКО.

3) По формуле.

4) Через присоединённую процедуру.

Слоту назначается процедура, позволяющие получить значение слота автоматически.

5) Из внешних источников. (базы данных, датчики, пользователи системы и т.п.).

Наиболее распространённый способ – присоединенная процедура.

Присоединенная процедура является программой процедурного типа, которая является значением слота и запускается по сообщению, переданному из другого фрейма.

Демон (daemon - служба) – особая разновидность присоединенной процедуры, которая запускается автоматически при выполнении некоторого условия или события при обращении к соответствующему слоту.

Условия:

1) IF-REMOVED (если удалено);

2) IF-ADDED (если добавлено);

3) IF-NEEDED (по требованию - если необходимо установить значение пустого слота);

4) IF-DEFAULT (по умолчанию).

Значения слотов

Каждый слот может содержать следующую информацию:

- значение параметра, представленного слотом;
- ссылка на другой фрейм;
- информация по умолчанию (значения слотов, которые должны быть использованы для типа объекта и сохраняются для него, если они не были изменены в ходе моделирования);
- дескрипторы для значений слотов (конкретные значения конкретных свойств стереотипных объектов, которые используются для определения соответствия новых объектов стереотипу, описанному в фрейме);
- присоединенная (связанная) процедура;
- неинициализированные значения. Слоты могут оставаться незаполненными, пока они не понадобятся для решения какой-либо задачи;
- метаинформация — информация о допустимых значениях для заполнения слотов.

В слот может входить не одно, а несколько значений. Иногда слот включает компонент, называемый фасетом, который задает диапазон или перечень его возможных значений.

Иерархическая структура фреймов

Основной особенностью фреймов является их иерархическая структура.

ФР обычно соответствует представлению общего понятия в виде таксономической (классификационной) иерархической структуры. Особенность такой иерархической структуры состоит в том, что информация об атрибутах, которую содержит ФР верхнего уровня, совместно используется всеми ФР нижних уровней, связанными с ним. Значения характеристик фреймов могут передаваться по умолчанию фреймам, находящимся ниже них в иерархии, но, если последние содержат собственные значения данных характеристик, то в качестве истинных данных принимаются именно они. Это обстоятельство позволяет легко учитывать во фреймовых системах различного рода исключения.



Иерархическая структура понятия «вещество»

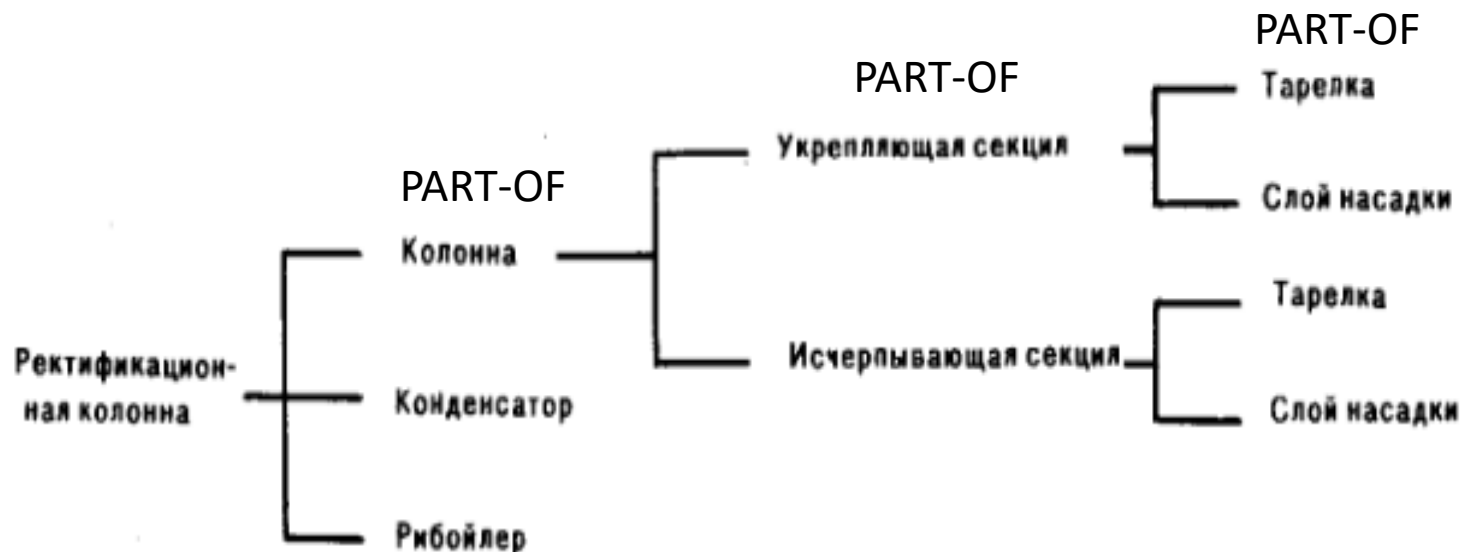
Такая структура позволяет систематизировать и запоминать схожие понятия предметной области, избегая лишних сложностей, касающихся информации об атрибутах, и добавлять новые понятия или знания в соответствующие позиции в этой иерархии при обучении. При этом упрощается обнаружение противоречий в знаниях и управление последовательностью знаний.

Иерархическая структура фреймов

Построение иерархической структуры ФР основывается на отношениях:

- «абстрактное - конкретное» («является», «есть» - отношение «IS-A»; «является видом» - отношение «AKO», т.е. «A-KIND-OF»),
 - «целое - часть» («является частью» - отношение «PART-OF»; «имеет часть» - «HAS-PART»)
- при описании структуры объектов ПО или структуры решаемой задачи.

Практическое применение во ФР-системах получили лишь отношения «абстрактное - конкретное». Иногда требуется описывать структурированные объекты и управление ими, в таких случаях не обойтись без использования отношений типа «целое-часть». При этом составляющие системы описываются отношениями «IS-A», а структура – отношениями «PART-OF».



Иерархическая структура понятия «Ректификационная колонна»

Иерархическая структура фреймов

Фреймы-прототипы, хранящиеся в базе знаний, позволяют реализовать наследование свойств одних фреймов от других. Аналогично тому, как в семантической сети наследование происходит по транзитивным отношениям («имеет частью», «это есть»), фреймы-экземпляры могут наследовать свойства фреймов-прототипов через специальные слоты АКО. Слот АКО указывает на фрейм более высокого уровня иерархии, откуда неявно наследуются, т. е. переносятся, список и значения слотов.

Фреймы-экземпляры создаются в БЗ для отображения реальных объектов и ситуаций на основе поступающих данных. Возможно наследование свойств от нескольких прототипов. Такой вид наследования получил название **множественное наследование**.

Различают статические и динамические системы фреймов. В системах статических фреймы не могут быть изменены в процессе решения задачи, в динамических системах это допустимо.

Множественное наследование

Множественное наследование в системе фреймов не влечет за собой никаких проблем только до тех пор, **пока информация, поступающая от различных родителей (фреймов-прототипов), не становится противоречивой.** В такой ситуации некоторые системы, использующие механизм наследования, отказываются давать однозначное заключение. Системы с таким поведением получили наименование **скептических**. Другие, обнаружив подобный конфликт, осуществляют выбор случайно. За ними закрепилось определение **доверчивые**.

Разумеется, эти стратегии не могут гарантированно разрешить конфликт. **Самый правильный выход в этой ситуации — это явно указать значения для конфликтующих слотов.** Есть и альтернативный вариант — подключить к слоту специальную процедуру — демон по требованию (IF-NEEDED), использующий для устранения неоднозначности какие-либо «посторонние» знания, которыми мы не располагаем на стадии конструирования системы фреймов.

Множественное наследование

Другая известная слабая сторона в архитектуре множественного наследования получила название проблема **хрупкости базового класса**. Базовое (корневое) понятие в иерархии является «хрупким» в том смысле, что ***изменения во фрейме этого узла могут быть небезопасными для наследуемых фреймов***. На основании анализа одного базового уровня иерархии невозможно определить, приведут ли эти изменения к нарушениям функционирования фреймов более низкого уровня наследования.

Наконец, еще одной проблемой часто оказывается ***непомерно большой граф иерархии наследования***. Для работы с этим графом необходимо постоянно перескакивать с одного узла иерархии на другой, чтобы понять логику представляемого процесса или концепта. Эта ситуация получила название **проблема йо-йо**, так как работа с подобной иерархией напоминает слежение за движением игрушки «йо-йо» (вращающаяся катушка с намотанной на нее ниткой) вверх-вниз. Единственное решение в данной ситуации максимально сократить иерархию наследований и прибегнуть к композиции свойств (добавление слотов со ссылкой на фреймы) вместо наследования.

Организация процедуры вывода в системах фреймов

Используются три основных подхода.

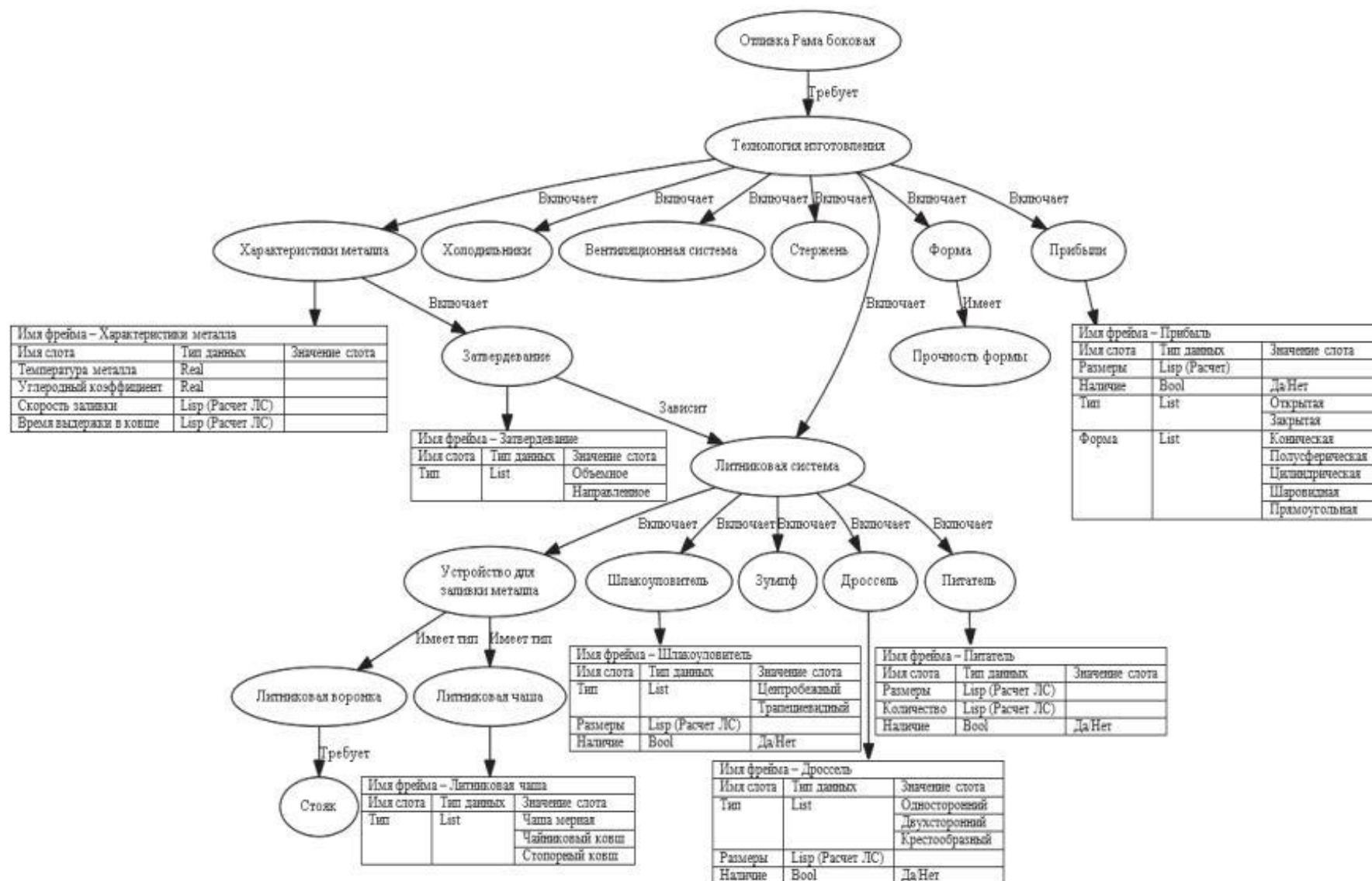
- 1. Модель знаний реализуется в виде совокупности фреймов-прототипов. Организация вывода возлагается на пользователя.** С этой целью используются универсальные языки функционального программирования, например, язык FRL (Frame Relation Language); KRL (Knowledge Relation Language); ЛИСП (LISP - LISt Processing language), расширенный аппаратом присоединенных процедур.
- 2. Для систем фреймов определенной конструкции вводится единый вычислительный процесс, в основе которого лежит выбор фрейма, управляющего дальнейшими вычислениями.** В языке KRL в основе такого процесса лежит **сопоставление с образцом**. Образец представляет собой фрейм, в котором заполнены не все структурные единицы, а только те, по которым среди фреймов, хранящихся в памяти системы, будут отыскиваться нужные фреймы.
 - Образец может, например, содержать имя фрейма, а также имя некоторого слота во фрейме с указанием значения слота. Такой образец проверяет наличие в памяти системы фрейма с данным именем и данным значением слота, указанного в образце.
 - В образце может быть указано имя некоторого слота и его значение. Тогда процедура поиска по образцу должна обеспечить выборку всех фреймов, в которых содержится слот с таким именем и таким значением слота, как у образца.
- 3. Выделяются узкие подклассы фреймов, для которых разрабатываются унифицированные алгоритмы поиска решений.**

Фреймы и семантические сети

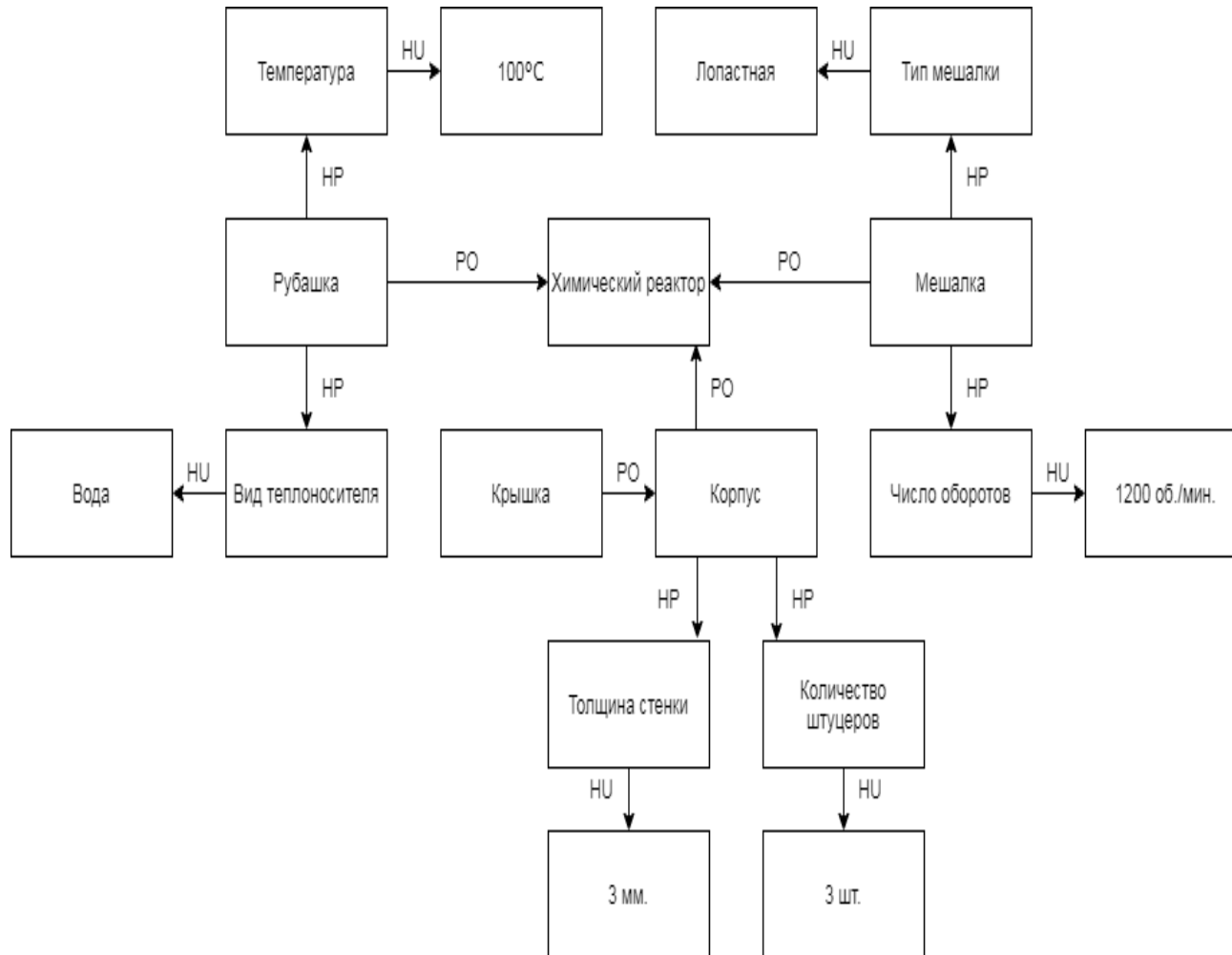
Использование фреймов совместно с семантическими сетями позволяет сделать модель представления знаний значительно более наглядной и гибкой. Заменяя **вершины-понятия в сети на вершины-фреймы**, можно перейти от громоздкой сети к более компактным диаграммам, где **иерархические отношения и структура понятий описываются фреймами, а семантика отношений между понятиями представляется сетью**.

Следует отметить, что отношения также могут быть реализованы в виде фреймовых структур, что позволит адаптировать заданные типы отношений под конкретную ситуацию.

Фрагмент семантической сети «Технология изготовления отливок»



Семантическая сеть "Химический реактор"



1) Отношение принадлежности (**является**), абстрактное - конкретное.

IA (is a...).

2) Отношение "**свойство**".

HP (has property).

3) Отношение "**является видом**".

AKO (a kind of...).

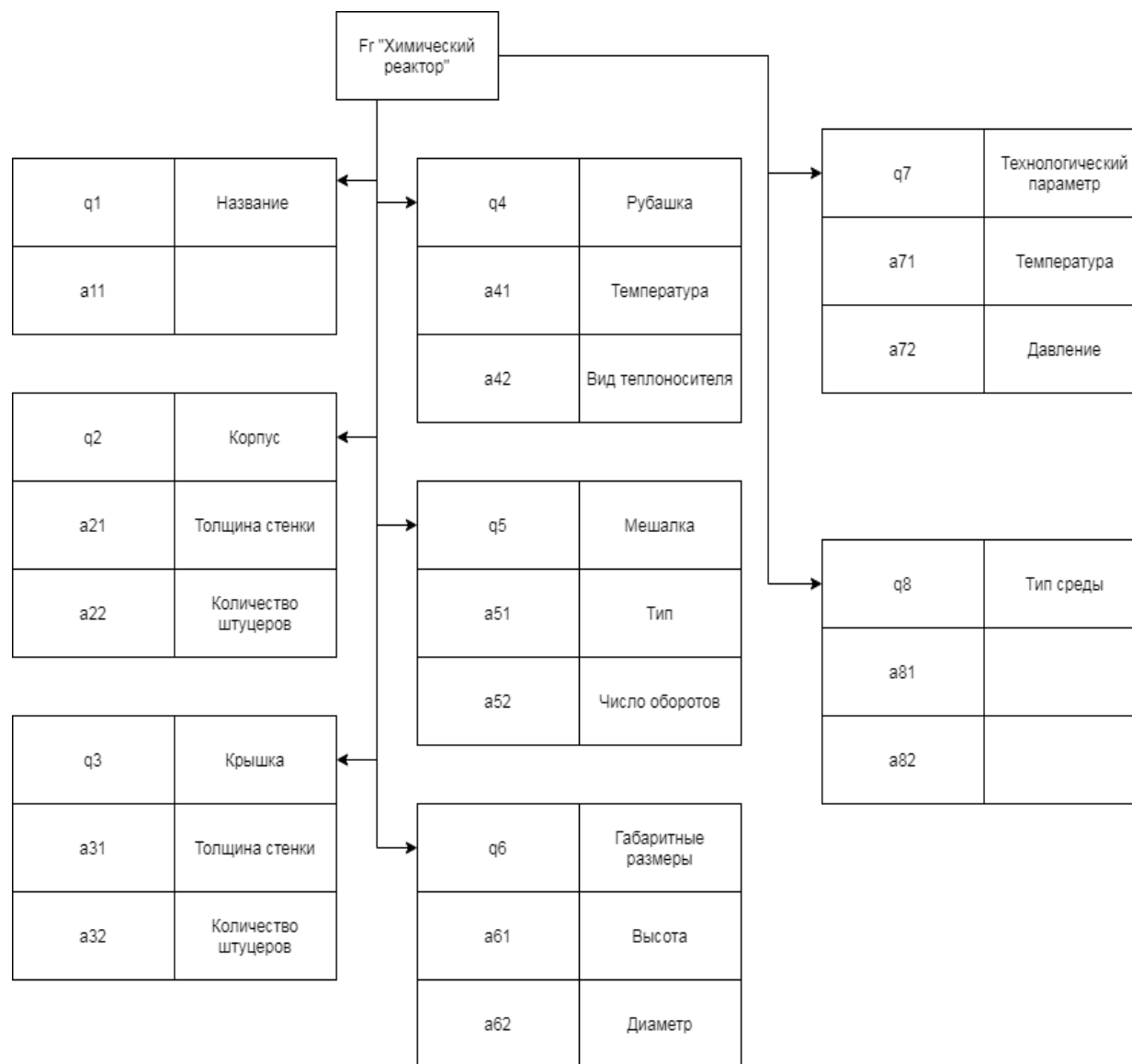
4) Отношение "**является частью**" / "**имеет часть**".

PO (part of...)/ HPt (has part).

5) Отношение "**имеет значение**".

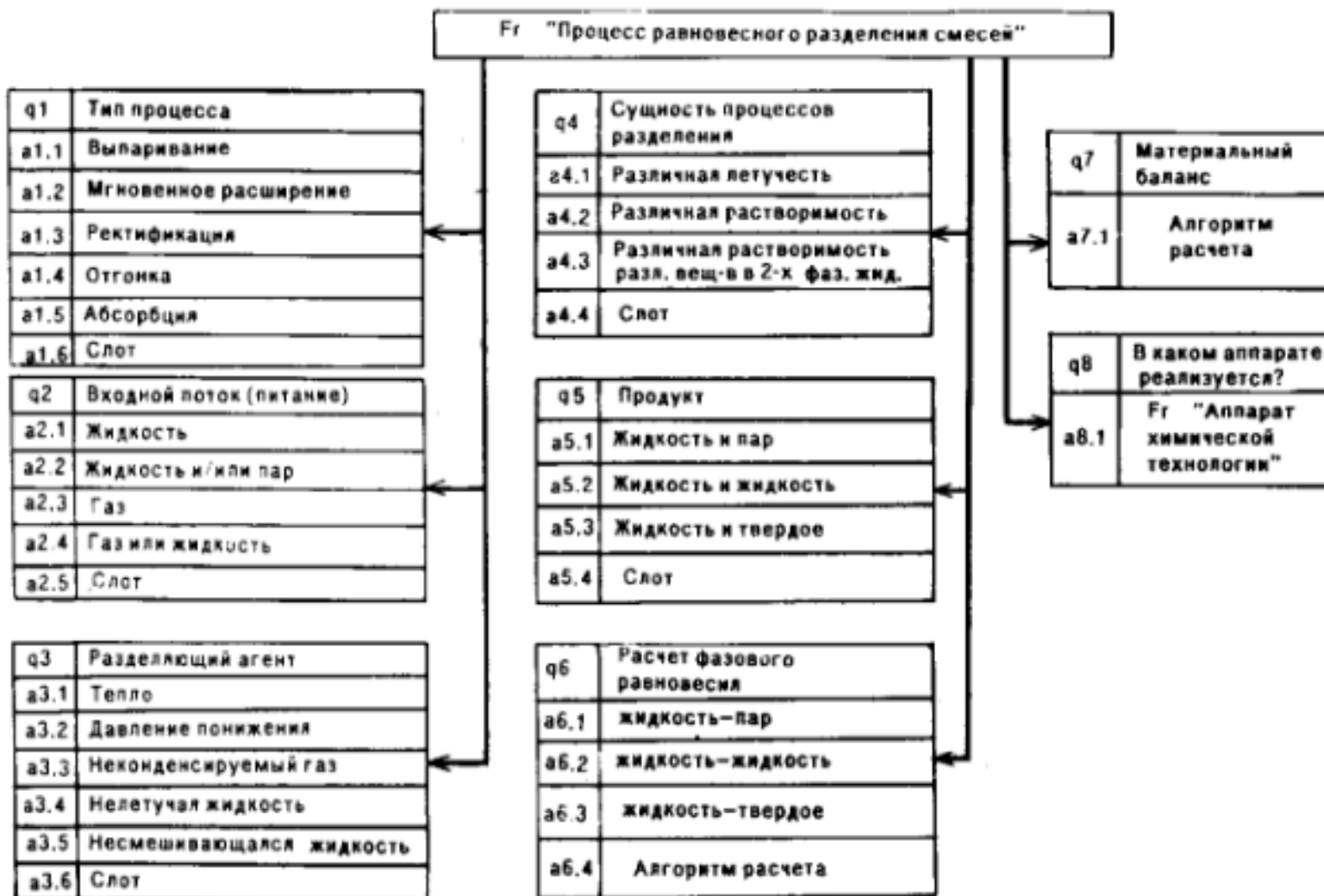
HU (has unit).

Фрейм-прототип "Химический реактор"

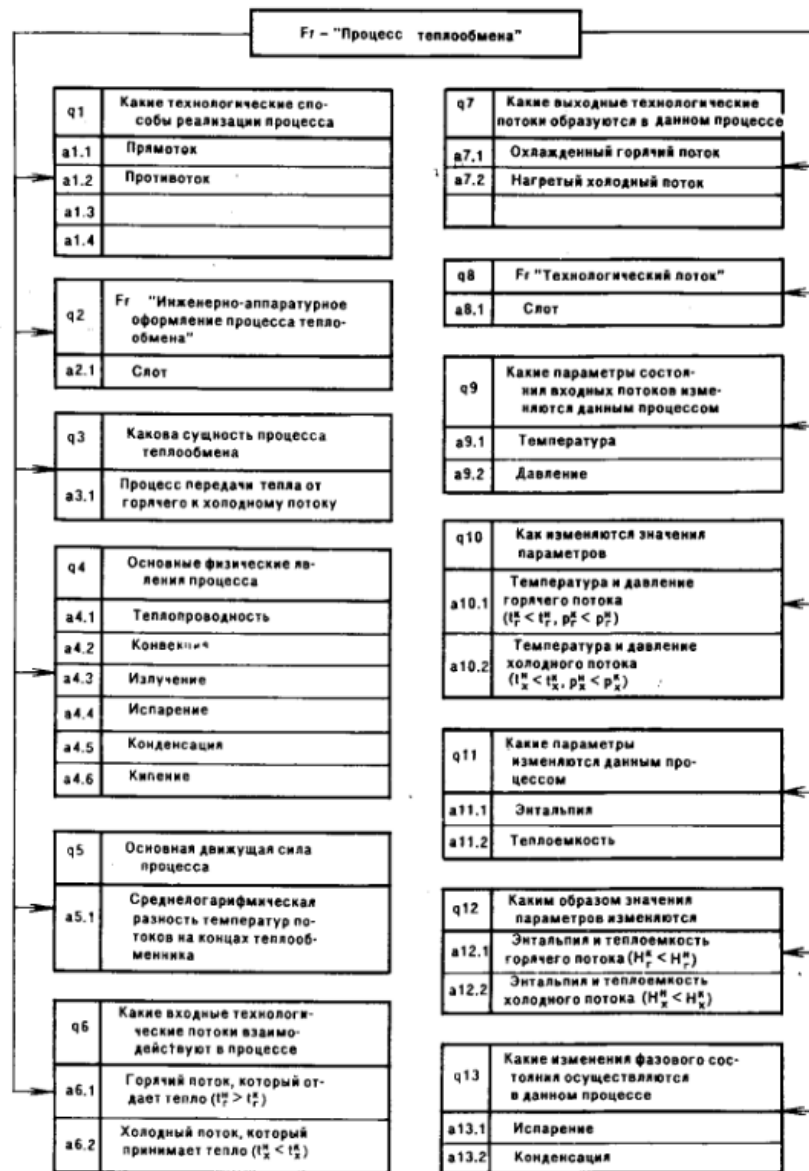


Фрейм-операция

«Процесс равновесного разделения смесей»



Фрейм-операция «Процесс теплообмена»



Фрейм-объект «Теплообменник»

