

Идентификация производства.....	2
2.1. Существующие языки описания объектов производства.....	2
2.2. Построение языка теоретической технологии (ЯТТ).....	6
2.2.1. Основные принципы формирования понятий.....	6
2.2.2. Формирование производных понятий ПО ТМ.....	8
2.2.3. Структура производных понятий ПО ТМ.....	9
2.3. Формирование структурированного множества понятий предметной области технологии машиностроения (ТМ) – тезауруса ТМ.....	19
2.3.1. Основные принципы и положения.....	19
2.3.2. Содержательное описание способа формирования ПП ПОТМ.....	20

МГТУ им. Н.Э. Баумана
Факультет «Инженерный бизнес и менеджмент»
Кафедра ИБМ-2 «Экономика и организация производства»
МУХИН АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ
Моделирование и оптимизация производственных систем.
Идентификация производства
Электронное учебное пособие
МОСКВА
2010 год МГТУ им. Баумана

Идентификация производства

2.1. Существующие языки описания объектов производства

Исторически описание предметной области производства производилось в течение длительного периода времени, в основном, на естественном языке.

Возможны два принципиально различных подхода для выявления понятий в любой предметной области:

- имплицитный;
- эксплицитный.

Формирование основных понятий в производстве проводилось с применением имплицитного подхода, который предполагает процедуру выявления понятий посредством анализа технологических утверждений, которым технологи отводят роль аксиом. При этом считается, что каждая аксиома содержит определенный набор основных понятий.

Рассмотрим ряд технологических аксиом.

1. Упругие деформации технологической системы под действием сил резания вызывают погрешности формы обрабатываемых поверхностей заготовок,

2. Чем точнее должна быть обработка поверхности детали, тем позже назначаются в маршруте технологические операции ее обработки.

3. Геометрические погрешности оборудования влияют на форму и расположение обрабатываемых поверхностей заготовки, но не оказывают непосредственного влияния на их размеры.

Анализ приведенных утверждений позволяет выявить ряд основных понятий предметной области технологии машиностроения:

- технологическая системы;
- силы резания;
- форма обрабатываемой поверхности;
- заготовка;
- деталь;
- маршрут обработки;
- погрешность оборудования;
- поверхность;
- размер и т.д.

Если мы принимаем приведенные и подобные им утверждения в качестве аксиом, то имплицитный метод выявления и формирования понятий предполагает, что все они относятся к числу основных (базовых). Однако, анализ приведенных выше понятий говорит о другом.

Например, интуитивно ясно, что понятие “деталь” включает в себя такие понятия, как “поверхность”, “размер” и др.

Следовательно, можно предположить, что во множестве перечисленных понятий находятся как основные (базовые), так и производные.

А это в свою очередь означает, что приведенные утверждения (большинство) относятся не к аксиомам, а “всего лишь” к теоремам, но анализ текстов не позволяет сделать нам такое разграничение.

Отметим, что накопление знаний в технологии как наука о производстве отразилось в постепенном увеличении количества утверждений, а это в свою очередь, приводит к постоянному вовлечению к рассмотрению все новых и новых понятий. Безусловно, что эти процессы ничем не сдерживаются. Если учесть, что технология уже давно распалась на множество самостоятельных разделов (механообработка, сборка, литье, штамповка и т.д.), то процесс “размножения” понятий, отображающих практически одни и те же сущности, может продолжаться как угодно долго.

Итак, имплицитный подход к формированию множества основных понятий технологии путем извлечения их из множества утверждений, принимаемых в качестве аксиом, имеет следующие недостатки.

1. Множество извлекаемых основных понятий фактически бесконечно.
2. Отсутствие разграничений технологических утверждений на аксиомы и теоремы не позволяют установить характер понятий (базовые или производные).

Разработка и внедрение в производство систем автоматизированного проектирования показали, что сложившаяся к тому времени языковая система в технологии вызывает большие трудности при формализации необходимой для проектирования ТП информации как переменной, так и условно-постоянной.

Объясняется это многозначностью и некоторой неопределенностью естественного языка, используемого при описании предметной области технологии.

Кроме того, и это главное, обнаружилось отсутствие единой системы понятий, определяющих структурные элементы (СЭ) технологического процесса (ТП) на разных уровнях его декомпозиции и позволяющих обеспечивать развертывание или сжатие информации в зависимости от класса решаемых задач.

В вопросе формализации описания технологической информации можно выделить два принципиально различных методических подхода.

1. Разработка комплекса кодировочных таблиц.
2. Использование специального формализованного языка.

Указанные подходы напрямую связаны с методами проектирования ТП.

Использование первого подхода основано на том, что при проектировании на базе типовых технологических процессов необходимо найти соответствующий типовой ТП. Для этого вместо чертежа детали достаточно указания, к какому типу она относится. Это можно сделать с помощью классификации деталей и задания классификационных признаков типа.

На базе такой классификации формируют конструкторско-технологический код детали, который может служить ключом для поиска типового ТП.

Структура кода имеет вид приведенный на рис. 2.1.

Для анализа типового ТП и разработки на его основе технологии изготовления конкретной детали ее код дополняется сведениями, которые заносятся в таблицу кодированных сведений (ТКС). Информация в ТКС разделена на 4 группы:

- общие сведения о детали;
- сведения о заготовке;
- сведения об основных поверхностях детали;
- сведения об особенностях основных поверхностей (резьбы, канавки и т.д.).

При синтезе ТП, когда задачи технологического проектирования решают, исходя из конкретной геометрии детали и ее индивидуальных особенностей, необходимо описание каждой поверхности детали, всех ее подробностей.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Индекс предприятия				Класс		подкласс	Группа	Подгруппа	Вид	Регистрационный номер				Размерная характеристика			Группа материалов		Вид детали по ТП	Вид исходной заготовки		Точность		Параметр шероховатости		Характеристика зубчатого зацепления		Термообработка		Масса
				Код классификационной характеристики конструктивных признаков детали									Код классификационной характеристики основных признаков детали. Основной технологический код					Код классификационной характеристики определяющих вид детали. Дополнительный технологический код												
Конструкторский код детали										Технологический код детали																				

Рис. 2.1. Структура классификационного кода

Поэтому в САПР о единичных ТП для описания исходных данных используют второй подход, т.е. формализованные проблемно-ориентированные языки, обладающие большей инвариантностью относительно вида детали и поэтому более универсальные.

Языки описания технологических объектов сформулируем их основные недостатки:

- решение локальных задач;
- отсутствие единой системы понятий для описания предметной области технологии машиностроения;
- трудность разделения понятий на основные (базовые) и производные;
- недостаточный уровень формализации;
- невозможность осуществлять логический вывод любых технологических утверждений, опираясь на единые для всей технологии аксиомы.

Необходимо создать языковую систему, позволяющую представлять технологические знания в компактной форме, тесно увязанную с задачей создания аксиоматического аппарата технологии, позволяющего осуществлять логический вывод истинных технологических утверждений.

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность имплицитного метода выявления понятий?
2. Какие недостатки присущи методу представления знаний на основе кодирования?

2.2. Построение языка теоретической технологии (ЯТТ)

2.2.1. Основные принципы формирования понятий

Создание ЯТТ разделяется на два этапа:

1. вначале формируется множество базовых понятий ТТ. Базовым понятием будем называть понятие, которое в рамках данной предметной области определяется остенсивно, т.е. множество признаков, определяющих его, пустое;
2. формирование производных понятий. Производным понятием будем называть понятие, структура признаков которого содержит множество базовых понятий.

Именно такую последовательность предполагает эксплицитный метод выявления понятий в любой предметной области.

Установление множества базовых понятий - неформальная процедура, которая может быть описана и объяснена в рамках некоторой научной теории. В данном случае мы используем кибернетико-деятельностный подход к анализу производства, который позволяет установить базовые понятия технологии машиностроения, опираясь на взаимосвязи между реальными и идеальными индивидами (А).

Отличительным признаком реальных (материальных) индивидов является их вещественная природа, т.е. они состоят из вещества, являются вещами. К ним относят преобразующую систему (ПрС) - А₁, ближнюю внешнюю среду (БВС) - А₂, продукт производства (П) - А₃.

Отличительным признаком идеальных индивидов является их нематериальная (невещественная) природа. Такие индивиды существуют исключительно в сознании людей; в вещественном виде они могут существовать только в виде текстовых записей. К идеальным индивидам относят научные концепции, правила, законы, последовательности действий и т.д.

Все материальные индивиды разделяются на две группы:

- первая группа - активные индивиды. В эту группу входят все материальные индивиды, воздействующие на другие индивиды в процессе производства.

- вторая группа - пассивные индивиды. В эту группу входят все материальные индивиды, подверженные или подвергающиеся внешнему воздействию в процессе производства.

Идеальные индивиды также разделяются на две группы:

- первая группа - активные индивиды. Это индивиды, представляющие собой упорядоченные последовательности действий по преобразованию БВС. К ним относятся технологические процессы и технологические методы.

- вторая группа - пассивные индивиды. Это индивиды, представляющие собой правила, описывающие взаимоотношения между индивидами в процессе производства. Правила могут быть представлены в виде аксиом или теорем.

Основными свойствами ПрС являются способность продуцировать (F) продукт (П) и способность осуществлять действия (Д) по преобразованию БВС.

Основные свойства П - способность продуцироваться ($\lceil F$) и неспособность осуществлять действие ($\lceil Д$).

Основное свойство БВС - способность продуцировать (пассивно) продукт и неспособность осуществлять действие ($\lceil Д$).

Считается, что цель преобразования достигнута, если П приобретает заданные пространственные (Р) и вещественные (V) свойства.

Преобразование любой БВС с целью получения продукта производится путем энергетических затрат. Это означает, что одним из основных свойств ПС является энергетическое свойство (E).

Процессы, протекающие в производстве, обладают свойством времени (Т) и связаны с использованием и переработкой информации (I). Каждый из индивидов обладает, к тому же, качественными (отличительными) свойствами (Q) и количественными свойствами (K).

Таким образом перечисленные категории реального физического мира (A, F, E, V, I, Д, P, T, Q, K) являются общими понятиями в ПОТМ и для данной предметной области принимаются в качестве базовых (см. определение базовых понятий).

Все другие понятия в ПО ТМ отнесем к области производных понятий. Методы формирования производных понятий могут быть разными и зависеть от семиотических свойств принятого искусственного языка описания ПОТМ. В качестве основы ЯТТ был предложен предикатный язык описания ПОТМ, обладающий известными достоинствами, главными среди которых являются единство описания свойств предметов и отношений между ними, а также относительная простота доказательства истинности выводимых утверждений.

2.2.2. Формирование производных понятий ПО ТМ

Формирование множества производных понятий может осуществляться эксплицитным методом посредством определенного алгоритма путем “навешивания” на индивид A свойств, задаваемых базовыми понятиями (рис. 2.2). “Навешивание” осуществляется с использованием таких логических операций как “отрицание”, “конъюнкция”, “дизъюнкция”, “импликация”. Свойства индивидов формируются на базе основных понятий по следующей схеме

$$R_i(R_j(A)) = R_i(A) \wedge R_j(A), \quad (2.1.)$$

где: R_i, R_j - понятия из “набора базовых понятий”; при этом из свойств конъюнкции следует, что

$$R_2R_1(A) = R_1R_2(A). \quad (2.2.)$$

Таким образом, в качестве предикатных переменных выступают элементы множества индивидов A , а в качестве предикатных символов выступают F, E, V , и т.д.

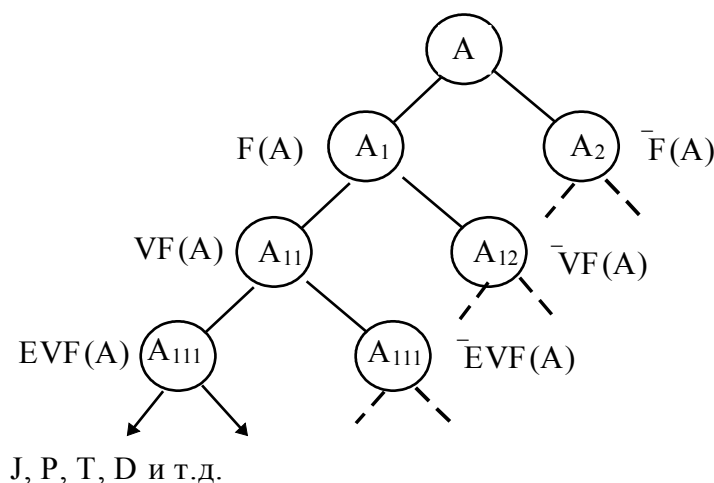


Рис. 2.2. Схема формирования производных понятий

Например:

$F(A)$ - продуцент;

$FD(A)$ - действующий продуцент;

$ED(A)$ - индивид, обладающий свойством энергии и действия и т.д.

В качестве предикатных символов используются также вспомогательные символы типа:

H - иметь;

B - быть и т.д.

Например:

$H(D(A_1), I(\dot{A}_2))$ - действующий индивид A_1 имеет событие в БВС $I(\dot{A}_2)$, где: \dot{A}_2 - конкретное событие в БВС.

Рассмотренный подход формирования конечного множества базовых понятий и возможные способы формирования множества производных понятий отвечают требованиям, предъявляемым к ЯТТ, обеспечивают полноту и непротиворечивость понятий технологии машиностроения и описания ее предметной области.

Например, применяя ЯТТ, можно записать для любой ПрС (A_1) истинное высказывание:

$$F(A_1) \wedge D(A_1). \quad (2.3.)$$

Для любой БВС (A_2) истинно следующее высказывание:

$$F(A_2) \wedge \neg D(A_2). \quad (2.4.)$$

Для любого продукта (A_3) истинно:

$$\neg F(A_3) \wedge \neg D(A_3). \quad (2.5.)$$

Если теперь рассмотреть взаимодействие этих трех вещественных индивидов (в соответствии с определением ПрС), то можно записать следующее истинное утверждение:

$$(F(A_1) \wedge D(A_1)) \wedge (F(A_2) \wedge \neg D(A_2)) \Rightarrow (\neg F(A_3) \wedge \neg D(A_3)). \quad (2.6.)$$

Рассмотрев схему взаимосвязей между индивидами в производстве, выявив множество свойств этих индивидов, можно сделать заключение о структуре понятийного аппарата, с помощью которого представляются и преобразовываются знания в предметной области технологии машиностроения.

Контрольные вопросы:

1. Какова схема формирования производственных понятий?
2. Какие символы предикатного языка отображают семантику?

2.2.3. Структура производных понятий ПО ТМ

2.2.3.1. Общие принципы структуризации понятий

Работа с технологическими знаниями опирается на мыслительный процесс специалиста и предполагает наличие трех отдельных элементов. Это реальные объекты мысли, элементы абстрактного отображения этих объектов и результаты мыслительного процесса. В связи с этим все существующее представляется в виде трех областей. Первая область - это область окружающего мира, не являющегося результатом человеческой деятельности (область природы). Вторая область - область материальных объектов, представляющих собой, в том или ином виде, результаты человеческой деятельности (область практики). Третья область включает в себя абстрактную информацию, Эта область содержит определенные абстрактные модели или соответствующие представления и понятия.

Наиболее универсальную и полную информацию несут так называемые естественные или содержательные понятия. Они часто являются образами действительности, представляемыми с помощью органов чувств. Содержательные понятия можно интерпретировать совокупностью представлений реальной действительности. Свойства этих понятий определены приближенно и не фиксированы строго. Содержательные понятия представляют собой элементы естественного языка и используются в самых разнообразных областях, в том числе и в производстве. Одной из основных характеристик содержательных понятий является некоторая неопределенность их смысла и содержания.

Эта неопределенность следует из неопределенности представлений, входящих в понятия и отражающих элементы реальности. Подобная неопределенность не препятствует содержательному или естественному мыслительному процессу. Более того, неопределенность обеспечивает

содержательный процесс мышления и значительную гибкость в процессе мышления.

В то же время подобная неопределенность содержательного понятия препятствует реализации строгих логических процедур и других формализованных методов.

Отсюда следует, что при автоматизации принятия решений в ПО ТМ необходимо переходить от естественных содержательных понятий к соответствующим формализованным понятиям, которые включают в свое содержание лишь строго определенные ограниченные свойства абстрактных объектов. Такие понятия имеют строго определенный смысл, характеризующийся ограниченным набором свойств рассматриваемого объекта.

Так как технология машиностроения развивалась, в первую очередь, в рамках феноменологического направления, т.е. на основе осмысливания и описания отдельных частных явлений и закономерностей, большинство утверждений и высказываний описывалось с помощью содержательных понятий. При автоматизации процессов проектирования, выбора и принятия решений содержательные понятия трансформируются в абстрактные формализованные понятия, в связи с чем все более актуальной становится задача структуризации понятий. Например, в работе [30] подробно рассматривается вопрос структуры понятий, отталкиваясь от структуры содержательного понятия. Здесь структура содержательного понятия рассматривается как некоторое соответствие между областью отправления и областью прибытия. Та область, где находятся объекты и явления действительности, называется областью отправления.

Та область, где содержатся различные свойства объекта, называют областью прибытия. Эта область может быть только областью, которая содержит формализованные понятия, т.е. абстрактной областью. При этом степень абстракции элементов области прибытия всегда большая, чем элементов области отправления.

Важнейшим элементом структуры понятия является промежуточная область, содержащая элементы в виде программы определенных практических действий над объектами действительности.

В процессе этих действий, выполняемых с определенной целью, может быть подтверждено или не подтверждено достижение результата. Достижение результата определяет собой основной эффект и является критерием соответствия между объектом действительности и его свойствами.

Таким образом, понятие (формализованное) может быть определено как соответствие между объектом и его свойствами, если удовлетворяется критерий в виде фиксации достижения определенного эффекта.

В связи с таким представлением о структуре понятия можно представить процедуру формирования области прибытия в виде следующих шагов:

- чувственное восприятие объектов действительности в виде образов или явлений действительности;
- фиксация определенных свойств объектов;

- осуществление практических (непосредственных) действий или проведение мысленного эксперимента с целью достижения определенного (заданного) результата;

- фиксация тех свойств объекта, при учете которых достигнут положительный результат;

- определение смысла понятия как ограничение таким способом набора свойств, удовлетворяющих желаемому результату.

На следующем примере рассмотрим особенности этой процедуры:

Допустим, что “конструкционные материалы” - это различные предметы, предназначенные для создания определенных конструкций. В результате многочисленных наблюдений и опытов установлено, что свойствами этих объектов действительности являются твердость, удельный вес, химический состав и др. Имеется программа действий или набор приемов использования этих материалов в соответствии с их свойствами, а также в соответствии с целями. Предположим, что конструкционный материал необходимо использовать при создании конструктивного элемента, не деформирующегося при определенной нагрузке. Предположим, что найден соответствующий материал и эффект достигнут. При заданных условиях функционирования в структуру свойств конструкционного материала введено свойство жесткости. Последовательными шагами (проверками) формируется множество свойств, которые и определяют смысл понятия, “конструкционные материалы”.

После того как в области прибытия сформировано ограниченное множество свойств содержательного понятия, т.е. сформировано его содержание и смысл, необходимо осуществить его формализованное описание с помощью знаков (символов), отражающих эти свойства. При формализованном описании понятия возникает другой аспект структуризации: необходимость на выбранном множестве свойств произвести упорядочивание записи знаков (символов) в такой последовательности, при которой может быть наиболее эффективным способом произведено формирование технологических высказываний.

2.2.3.2. Влияние структуры понятий на формирование высказываний технологического характера

В логике высказывание определяется как предложение, о котором разумно говорить, что оно истинно либо ложно. Как правило высказывание представляется в виде комбинации понятий. Истинный смысл высказываний состоит в адекватной интерпретации истинного смысла понятий, входящих в высказывание.

Так как истинный смысл высказываний технологического характера определяется проверкой их в реальной действительности, большинство высказываний в технологии представляются в естественном виде, т.е. как комбинация содержательных понятий со всеми вытекающими отсюда достоинствами и недостатками. При автоматизации процедур проектирования ТП и выборе технологических решений в целом требуется перевод содержательных высказываний в формализованный вид.

На первый план выступает задача структуризации высказываний во взаимосвязи со структуризацией входящих в них понятий.

Рассмотрим некоторые примеры высказываний в технологии::

1) Повышение точности изготовления заготовок снижает трудоемкость последующей механической обработки;

2) Погрешности сборки могут возникать в результате действия остаточных напряжений в материале деталей;

3) Сплошная закалка дает большую деформацию, чем поверхностная закалка;

4) Если приспособление нельзя разместить внутри детали, его устанавливают снаружи;

5) Чем точнее должна быть обработана поверхность, тем позже она обрабатывается;

6) Упрочнение поверхностей деталей машин методами чистовой обработки без снятия стружки достигается созданием наклепа в поверхностном слое;

7) Сварочные напряжения вызывают остаточные деформации в сварной конструкции, величина которых может быть значительно больше допуска на готовую деталь; и др.

Несмотря на разный смысл приведенных высказываний, их структура может быть представлена единообразно, учитывая взаимодействие трех основных элементов в логической формуле:

$$A_1 \wedge A_2 \Rightarrow A_3. \quad (2.7.)$$

Можно отметить также, что содержательное описание приведенных высказываний страдает некоторой неопределенностью, т.к. в явной форме здесь отсутствуют отдельные необходимые элементы (ПС, деталь и т.д.). Следует отметить, что отсутствие необходимых элементов не мешает специалисту правильно понять смысл высказываний, т.к. он обычно “достраивает в уме” высказывание, дополняя его мысленно легко угадываемыми пропущенными словами.

Пользуясь приемом “достраивания в уме”, представим приведенные примеры в структурированном виде, опираясь на приведенную выше логическую формулу.

1. $(A_1 \equiv \text{метод механической обработки}) \wedge (A_2 \equiv \text{заготовка повышенной точности}) \Rightarrow (A_3 \equiv \text{деталь с пониженной трудоемкостью})$.

2. $(A_1 \equiv \text{метод сборки}) \wedge (A_2 \equiv \text{детали с остаточными напряжениями}) \Rightarrow (A_3 \equiv \text{сборочная единица с погрешностями})$.

3. $((A_1^1 \equiv \text{метод сплошной закалки}) \wedge (A_2^1 \equiv \text{заготовка}) \Rightarrow (A_3^1 \equiv \text{деталь с деформацией 1})) \wedge ((A_1^{11} \equiv \text{метод поверхностной закалки}) \wedge (A_2^{11} \equiv \text{заготовка}) \Rightarrow (A_3^{11} \equiv \text{деталь с деформацией 2})); ((\text{деформация 1}) > (\text{деформация 2}))$.

4. $\{[(A_1^1 \equiv \text{метод размещения приспособления внутри детали}) \wedge (A_2^1 \equiv \text{деталь}) \Rightarrow (A_3^1 \equiv \text{ приспособление внутри детали})] \Rightarrow [(A_1^{11} \equiv \text{метод размещения приспособления снаружи детали}) \wedge (A_2^{11} \equiv \text{деталь}) \Rightarrow (A_3^{11} \equiv \text{ приспособление внутри детали})]\}$.

5. $((A^1_1 \equiv \text{обрабатывающая ПС в момент времени 1}) \wedge (A^1_2 \equiv \text{обрабатываемая поверхность}) \Rightarrow (A^1_3 \equiv \text{обработанная точная поверхность}) \wedge ((A^{11}_1 \equiv \text{обрабатывающая ПС в момент времени 2}) \wedge (A^{11}_2 \equiv \text{обрабатываемая поверхность}) \Rightarrow (A^{11}_3 \equiv \text{обработанная неточная поверхность})); ((\text{момент времени 1}) > (\text{момент времени 2})).$

6. $(A_1 \equiv \text{ПС чистовой обработки наклепом без снятия стружки}) \wedge (A_2 \equiv \text{поверхностный слой детали}) \Rightarrow (A_3 \equiv \text{упрочненная поверхность детали}).$

7. $((A^1_1 \equiv \text{идеальная ПС сварки без напряжений}) \wedge (A^1_2 \equiv \text{свариваемая конструкция}) \Rightarrow (A^1_3 \equiv \text{сварная конструкция с деформацией 1}) \wedge ((A^{11}_1 \equiv \text{реальная ПС сварки с напряжениями}) \wedge (A^{11}_2 \equiv \text{свариваемая конструкция}) \Rightarrow (A^{11}_3 \equiv \text{сварная конструкция с деформацией 2})); ((\text{деформация 2}) > (\text{деформация 1})).$

Высказывания 1, 2, 6 сведены к “простой” форме взаимодействия A_1, A_2 и A_3 .

Высказывания 3, 4, 5, 7 являются более сложными.

В высказываниях 3, 5, 7 производится сравнение двух продуктов, получающихся в результате использования двух разных ПС.

Высказывание 4 использует основную формулу $(A_1 \wedge A_2 \Rightarrow A_3)$ для описания перехода к другой ПС, когда первая не достигает цели.

В общем случае любое высказывание в ПО ТМ может быть представлено или “простой” формулой (2.7.) (примеры 1, 2, 6), или их комбинацией (примеры 3, 4, 5, 7).

Специфика высказываний в технологиизаключается в том, что “активным продуцентом” их является специалист в ПО ТМ, использующий в качестве “строительного материала” общепринятые понятия. Предполагается при этом, что с используемыми понятиями знаком не только активный продуцент высказываний, но и любой пользователь, т.е. другой специалист в области технологии.

Процедура формирования понятий относится к умственной деятельности активного продуцента. Будем исходить из принятой нами концепции, что любая деятельность опирается на логическую формулу взаимодействия

$$A^*_1 \wedge A^*_2 \Rightarrow A^*_3 \quad (2.8.)$$

где: A^*_1 - активный продуцент высказываний;

A^*_2 - множество понятий ПО ТМ;

A^*_3 - множество высказываний ПО ТМ.

Если представить механизм формирования высказываний в ПО ТМ в такой форме, то критерием его эффективности, по аналогии с другими видами деятельности, является \min вариативности действий при формировании высказываний. Действия активного продуцента по формированию высказываний носят виртуальный характер, т.к. относятся к его умственной деятельности. Как правило, высказывания в ТМ формируются на основе прошлого опыта (см. примеры высказываний) и независимо от формы анализа опыта (наблюдение в производстве, постановка активного эксперимента и статистическая обработка и т.д.), исследователь фиксирует или неизвестные ранее и обнаруженные

взаимосвязи между объектами, или интерпретирует по-новому “старые” взаимосвязи и облакает их в форму взаимосвязей между понятиями.

Как видно из приведенных выше примеров высказываний, они не отличаются между собой структурно, так как опираются на одну и ту же основную логическую формулу. В то же время они различны по смыслу и смысл отражается в характере установленных взаимосвязей. При этом различные взаимосвязи отличаются между собой различными свойствами, присущими A_1 , A_2 и A_3 в отдельности.

Например, смысл приведенного выше первого высказывания становится понятен, если объединить свойства A_1 (метод мех. обработки), A_2 (заготовки повышенной точности) и A_3 (деталь с пониженной трудоемкостью).

Действия активного продуцента по формированию высказываний заключается в “сборке” исходных понятий и могут быть наглядно представлены в следующей схеме (рис. 2.3), где решения принимаются по интуиции вынужденно, т.к. вначале ЗУ отсутствует.

Здесь: АПС - активный продуцент, “собирающий” понятия в высказывания; БВС - область отправления - исходные понятия; x - область прибытия высказывания в форме $A_1 \wedge A_2 \Rightarrow A_3$; u - требуемый результат (эффект) “сборки”, выражаемый через соответствие “собранного” высказывания его истинному смыслу (смысл определяется как ограниченное определенным аспектом содержание, т.е. ограниченное множество свойств по каждому индивиду (A_1 , A_2 , A_3) в отдельности; т.е. $u = : C^o_{1}, C^o_{2}, C^o_{2}$, где: $C^o_{1}, = (C^o_{11}, \dots, C^o_{1n},)$; $C^o_{2}, = (C^o_{21}, \dots, C^o_{2n},)$; $C^o_{3}, = (C^o_{31}, \dots, C^o_{3n},)$; y - действия по “сборке” высказываний.

В общем случае действия АПС заключаются в следующем:

- из множества понятий в БВС выбирается производная “тройка” понятий;
- понятия расставляются по “местам” (A_1, A_2, A_3);

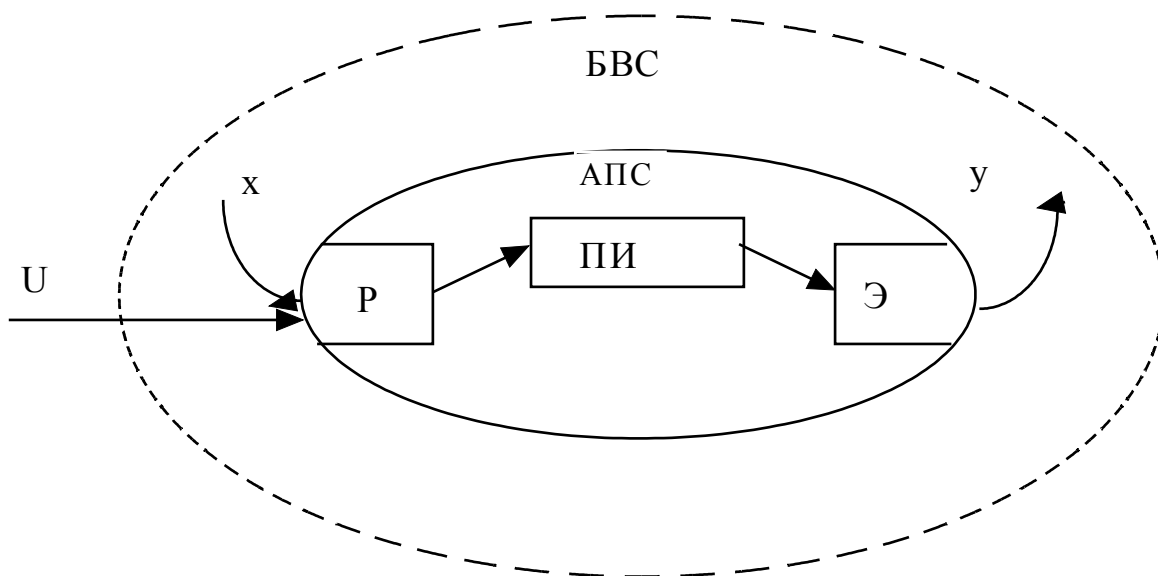


Рис. 2.3. Схема формирования высказываний человеком

- полученный смысл высказывания (x) проверяется по критерию u ;

- если полученный смысл соответствует заданному, то высказывание фиксируется;

- если полученный смысл не соответствует заданному, то высказывание отбрасывается;

- процедура повторяется до тех пор, пока не получено соответствие.

Указанную процедуру рассмотрим на примере первого высказывания:

- из множества понятий ПО ТМ АПС выбирает произвольно три понятия; допустим, что это - “станок”, “обрабатываемая поверхность”, “режущий инструмент”;

- допустим, что первоначальная расстановка понятий следующая: “станок” как A_1 ; “обрабатываемая поверхность” как A_2 ; “режущий инструмент” как A_3 .

- проверка соответствия $C^{(1)}$ и $C^{(0)}$, где: $C^{(1)}$ - свойства понятий, выбранных на первом (1) шаге:

$C^{(1)}_1 \neq C^{(0)}_1$ (свойства “станка” шире, чем $C^{(0)}_1$);

$C^{(1)}_2 \neq C^{(0)}_2$ (нет, например, свойства “повышенная точность” и т. д.);

$C^{(1)}_3 \neq C^{(0)}_3$ (нет, например, свойства “пониженная трудоемкость” и т. д.).

Таким образом, полученное высказывание, составленное из выбранных на первом шаге понятий, не соответствует заданному смыслу (нетрудно убедиться, что перестановка выбранных понятий также не приводит к нужному соответствию).

- выбирается новая тройка понятий из БВС, например, “станок”, “обрабатываемая поверхность”, “деталь” (новой называется тройка, в которой хотя бы одно понятие новое);

- проверкой устанавливается, что вновь полученное высказывание также не отвечает заданному смыслу;

- процедура повторяется до N-шага, на котором достигается

$$C^{(N)}_1 = C^{(0)}_1; C^{(N)}_2 = C^{(0)}_2; C^{(N)}_3 = C^{(0)}_3.$$

Можно показать, что вариативность действий по формированию высказываний будет разной, в зависимости от структуры исходных понятий в БВС.

Так как структура понятия определенного смысла не только ограничена составом свойств, но и расположением их относительно друг друга, введем классификацию свойств объекта, опираясь на схему взаимодействия A_1, A_2, A_3 (рис. 2.4).

C_i - собственные свойства i-го

индивида (C_1, C_2, C_3);

C_{ki} - свойства принадлежности объекта к i-му классу (C_{k1}, C_{k2}, C_{k3});

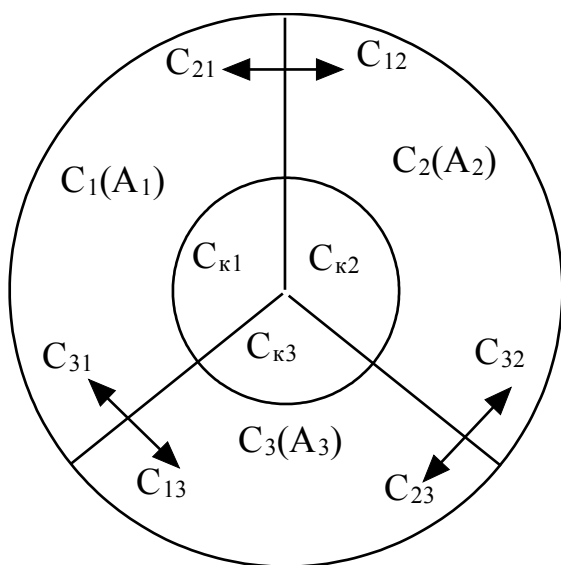


Рис. 2.4. Схема взаимодействия свойств A_1, A_2, A_3

C_{ij} - внешние свойства i -го объекта по отношению к j -му объекту - свойства связи i и j ($C_{12}, C_{21}, C_{13}, C_{31}, C_{23}, C_{32}$).

Возможны следующие структуры понятий в ПО ТМ:

- 1) Только собственные свойства ($C_1 = (C_{11}, \dots, C_{1n})$ и т.д.)
- 2) Только свойства принадлежности $\{C_{k1}\}; \{C_{k2}\}; \{C_{k3}\}$;
- 3) Только свойства связи $[C_{12}], [C_{21}]$, и т.д.
- 4) Собственные свойства классифицированного понятия: $\{C_{k1}\}$ ($C_1 = C_{11}, \dots, C_{1n}$) и т.д.
- 5) Собственные и внешние свойства: $(C_1 = C_{11}, \dots, C_{1n})[C_{12}] [C_{13}]$ и т.д.
- 6) Внешние свойства классифицированного понятия: $\{C_{k1}\} [C_{12}] [C_{13}]$ и т.д.
- 7) Собственные и внешние свойства классифицированного понятия: $\{C_{k1}\} (C_1 = C_{11}, \dots, C_{1n}) [C_{12}] [C_{13}]$ и т.д.

Проведем сравнение указанных структур и выберем оптимальную структуру понятия, исходя из критерия \min вариативности действий по формированию высказываний.

2.2.3.3. Определение оптимальной структуры понятий ПО ТМ

Работа с содержательными понятиями и высказываниями до настоящего времени составляет основу всех направлений деятельности в ТМ, включая научные исследования, проектирования технологии и средств оснащения, методологию представления знаний в учебном процессе и т.д.

Новые аспекты во всех направлениях деятельности технологов-исследователей, технологов-проектировщиков связаны с автоматизацией инженерного труда на базе вычислительной техники.

В связи с этим вопросы оптимизации структуры технологических понятий напрямую связаны с вопросами формализации представления технологических знаний. В то же время многовариантность структуры технологических понятий заставляет искать решение оптимизации структур.

Исходя из общего критерия эффективности любого вида деятельности, проведем сравнение приведенных выше семи способов представления структуры понятий.

1. В этом случае понятия в БВС могут быть размещены двумя способами:
 - а) неупорядоченно по свойствам;
 - б) упорядоченно по свойствам.

Допустим, что в случае а) тезаурус ПО ТМ включает N понятий. В предельном случае потребуется N действий, для того чтобы для класса A_1 выбрать понятие “метод механической обработки”, смысл которого соответствует заданным.

Например, для формирования высказывания 1 потребуется $3N$ действий.

В случае б) понятия ПО ТМ могут быть сгруппированы по базовым свойствам (табл. 2.1).

Табл. 2.1. Группирование ПО ТМ по базовым свойствам

	Понятия	Базовые свойства			
		Е	D	
1	Станок Резец	Мех. энергия	} n_d	обработка	
2		Мех. энергия			
.....	} n_e	
.....	Метод механической обработки	Мех. энергия			
.....			Тепл. энергия		
N					

Очевидно, что в соответствии с заданным смыслом на первом шаге АПС выбирает понятие из множества со свойством “механическая энергия”. Допустим, их число $n_e = N/e$, где: e - целое число (2, 3, 4, ...).

Далее из этих понятий АПС “образует” множество понятий, обладающих свойством действия “обработка”.

Допустим, что их число $n_d = n_e/d$, где: d - целое число (2, 3, 4, ...).

Для того, чтобы выбрать нужное по смыслу понятие (метод механической обработки) АПС в предельном случае должен совершить $N_{E,D}$ действий $N_{E,D} = ((d + 1)/d)(N/e)$.

При любых $e \geq 2, d \geq 2 N_{E,D} < N$.

2. Если понятия классифицированы по A_1, A_2 и A_3 , но не указаны их собственные и внешние свойства, то процедура выбора следующая:

- допустим, что множество понятий в каждом классе одинаково, т.е. $N_1 = N_2 = N_3 = N/3$;

- т.к. собственные свойства понятий не обозначены, то все они внутри одного класса равнозначны (например, станок ~ пила ~ режущий инструмент и т.д.).

Правильность выбора в данном случае устанавливается только после сравнения сформированного высказывания с его заданным смыслом.

Т.к. число действий по формированию соответствующего высказывания $N_k = N^3/27$, то при $N > 3 N_k > N$.

3. В этом случае указываются только внешние свойства понятий.

Допустим, что АПС формирует первое (из приведенных) высказывание. Для этого он должен выбрать из множества понятий N и поставить на первое место понятие, у которого внешние свойства соответствуют заданному смыслу, т.е. [А ≡ заготовки повышенной точности] [А ≡ деталь пониженной трудоемкости] (А). Для выполнения такой задачи АПС потребуется N действий. Понятно, что для формирования высказывания в целом ему потребуется $3N$ действий.

4. Покажем, что пересечение свойств приводит к уменьшению вариативности действий. Для рассматриваемого случая понятия не только классифицированы по A_1, A_2 и A_3 , но и имеют собственные свойства.

Например, понятие “станок” в этом случае представляется следующим образом:

СТАНОК = $\{V_1(A_1)\} (C_{11}, \dots, C_{1n}) (A_1)$,

где: V_1 - быть классом A_1 ; $C_{11} = E$ (мех.эн.); $C_{12} = D$ (точение) и т.д.

Допустим, как и прежде, что каждый класс содержит $N/3$ понятий.

Тогда число действий в этом случае становится равным

$$((d + 1)/d)(N/3e),$$

т.е. в 3 раза меньше, чем в первом случае.

5. Так как здесь указываются собственные свойства понятия, то поиск нужного понятия в высказывании может быть осуществлен с помощью $((d + 1)/d)(N/e)$ действий.

Однако, по сравнению с первым случаем наличие внешних свойств изменяет процедуру дальнейшего поиска.

Например, с помощью $((d + 1)/d)(N/e)$ действий АПС отыскал нужное по смыслу понятие “метод механической обработки”.

В первом случае он должен был точно так же повторить процедуру поиска понятий “заготовка повышенной точности” и “деталь пониженной трудоемкости”.

Наличие внешних свойств у понятия “метод механической обработки” существенно сокращает эту процедуру.

Допустим, что у этого понятия есть множество внешних свойств, намного меньше чем N .

Например, [заготовка], [заготовка пониженной точности], [заготовка повышенной точности], и т.д. Допустим, что число таких свойств $N_{cij} \ll N$. Тогда общее число действий по формированию понятий много меньше, чем в первом случае.

6) По сравнению с 3м случаем число действий уменьшается в 3 раза, если допустить, что $N_1 = N_2 = N_3 = N/3$.

7) Покажем, что в этом случае достигается наименьшая вариативность действий по формированию высказываний.

Например, для понятия “метод механической обработки” его структура в этом случае выглядит следующим образом:

метод механической обработки $\equiv \{V(A_1)\} (C_1 = E(\text{механическая энергия}); C_{12} = (D(\text{обрабатываемый}))) (A_1)$ [заготовка], [заготовка повышенной точности], ... , [деталь], ... , [деталь пониженной трудоемкости].

Т.к. принадлежность к классу A_1 в структурной формуле обозначена, АПС ведет первоначальный поиск только на множестве $N_1 = N/3$ (по принятому нами условию). Поиск понятий из классов A_2 и A_3 уменьшается за счет того, что множество внешних связей $N_{cij} \ll N$ (см. случай 5).

Нетрудно убедиться при этом, что суммированная вариативность действий по формированию высказываний в данном случае (7) наименьшая по сравнению со случаям 1 - 6.

Таким образом, наилучшая (оптимальная) структура понятий в общем виде может быть представлена так:

{свойства принадлежности к классу} (собственные свойства) [внешние свойства] (A),

где: А - абстрактный индивид ПО ТМ.

Контрольные вопросы:

1. В соответствии с какой логической формулой структурируются все высказывания в технологии?
2. Каким образом человек формирует понятия в технологии?

2.3. Формирование структурированного множества понятий предметной области технологии машиностроения (ТМ) – тезауруса ТМ

2.3.1. Основные принципы и положения

Формирование множества производных понятий (ПП) предметной области (ПО) технологии машиностроения (ТМ) опирается на существование конечного множества базовых понятий (БП) ТМ (Р - пространство, Т - время, Е - энергия и т.д.) и принятой концепции формирования ПП путем навешивания дополнительных свойств на индивиды $A_1, A_2, A_3, A_{11}, A_{12}$ и т.д. из множества $\{A\}$ индивидов, описывающих ПО ТМ.

В целях придания процессу формирования ПП определенной строгости, последовательности, упорядоченности нужно договориться в первую очередь о принципах формирования самого механизма генерирования ПП.

Принимаются следующие принципы построения механизма генерирования ПП.

1. Целесообразно все ПП в ПО ТМ представлять как Π^* , получающиеся в результате взаимодействия $ПС^*$ и $БВС^*$. Схематично это представлено на рис. 2.5

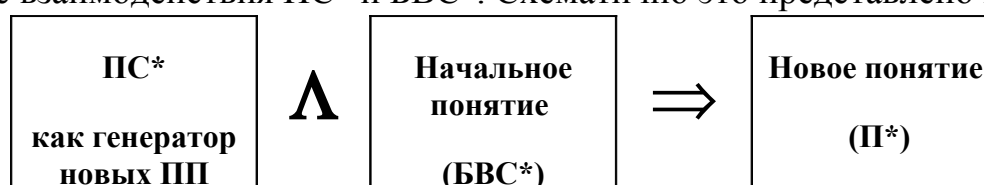


Рис. 2.5. Схема взаимодействия свойств A_1, A_2, A_3

Этот принцип называется принципом продуцирования

2. $ПС^*$ представляется как абстрактная (ментальная) неведущая система, функции продуцирования которой оговариваются специальным образом. (Примечание: знаком * оговаривается принадлежность основных компонентов ($ПС^*$, $БВС^*$, Π^*) к механизму формирования ПП в ПО ТМ. отсутствие знака * при ПС, БВС и Π указывает на их принадлежность к производственной сфере.)

3. Считается, что каждое рассматриваемое понятие ПО ТМ (начальное или новое) может быть определено специалистом хотя бы на содержательном уровне.

Например, специалист в соответствующей области может дать определение хотя бы на содержательном уровне таким понятиям, как: литье, разрушение, деформация, размер, плотность и т.д.

Этот принцип называется принципом определяемости.

4. Считается, что любое ПП ПО ТМ является “проекцией” на одну шкалу (или несколько шкал) специальной модели знаний (СМЗ). При этом под СМЗ мы понимаем составляющую тезауруса ТМ, включающую описание общезначимых понятий, соотносимых с категориями, принятыми нами в качестве БП:

- А - индивид;
- Д - действие;
- Е - энергия;
- В - вещество;
- J - информация;
- Р - пространство;
- Т - время;
- Q - качество;
- К - количество;
- Ф - продуцирование.

Тогда общезначимыми понятиями будут понятия, входящие в состав СМЗ.

Например: СМЗ - Т - специальная модель знаний, включающая общезначимые понятия времени; СМЗ - В - специальная модель знаний, включающих общезначимые понятия вещества и т.д.

Можно указать на наличие следующих СМЗ:

- СМЗ - А; СМЗ - Д; СМЗ - Е; СМЗ - В; СМЗ - J;
- СМЗ - Р; СМЗ - Т; СМЗ - Q; СМЗ - К; СМЗ - Ф.

Этот принцип называется принципом проецирования.

1.5. Будем считать, что ПО ТМ базируется на “обыденном” понимании входящих в множество БП категорий (время, вещество, энергия, пространство и т.д.). Под “обыденном” пониманием подразумевается то, что исключает “экзотические” особенности, связанные, например, с теорией относительности и другими разделами физики, химии, философии, описывающими ПП ПОТМ на более глубоком физическом, философском или другом уровне.

Этот принцип называется принципом обыденности понятий.

6. Способ формирования ПП ПОТМ должен позволять описывать все существенные с технологической точки зрения объекты и давать возможность создавать новые понятия, которым до настоящего времени еще не “придумано” соответствующих терминов.

Отсутствие в ПОТМ еще неописанных терминологически объектов должно рассматриваться не как чрезвычайное, а как естественное состояние, т.к. качество тезауруса ТМ должно зависеть от его полноты.

Этот принцип называется принципом полноты тезауруса.

2.3.2. Содержательное описание способа формирования ПП ПОТМ

Нужно “сконструировать” такую ПС* в виде $F(A_1)$, которая имела бы универсальный характер для формирования ПП внутри СМЗ и других ПП, получающихся в результате “проецирования” одной СМЗ на другую. Представляется целесообразным иметь многоступенчатую $F(A_1)$.

1 степень.

$F(A_1)$ представляется в таком виде, где в качестве A_1 , выступает индивид “отрицание” (отр.), т.е. $F(\text{отр.})$.

Тогда генерирование новых понятий происходит в результате взаимодействия по схеме:

$$F(\text{отр}) \wedge C_0(A_2) \Rightarrow C_1(A_3),$$

где: $C_0(A_2)$ - начальное понятие как БВС*;

$C_1(A_3)$ - новое понятие как продукт Π^* .

Примем для определенности, что известные на обыденном уровне (общеупотребляемые) термины можно обозначить следующим образом:

D (действие) \equiv действие;

E (энергия) \equiv энергия;

P (пространство) \equiv пространство;

T (время) \equiv время;

K (количество) \equiv количество;

V (вещество) \equiv вещество.

Примечание 1: обозначение употребляемых терминов в приведенном здесь виде необходимо для того, чтобы включить их в тезаурус в формальном виде; понятно, что формулы $D(A) \equiv$ действие, $E(A) \equiv$ энергия и др. могут быть неверны (ложны) т.к. при подстановке какого-либо наугад взятого A в предикатную формулу можно прийти к ложному высказыванию: например - $D(A \equiv \text{линия}) \neq$ действие и т.д.

Примечание 2: необходимо согласиться с особой ролью предикатных символов J и Q; на “обыденном” уровне мы будем считать, что свойствами J и Q обладают все A (например, мы будем считать, что все учитываемые объекты в технологии нам известны, т.е. обладают свойством, J, и в то же время они все обладают какими-либо качественными свойствами, т.е. обладают свойством Q).

Так как ПП, относящиеся к СМЗ (временные, пространственные, вещественные и др.) все обладают свойствами J и Q, необходимо вначале определиться по СМЗ для этих свойств.

Истинными будем считать $J(A)$ при следующей интерпретации A : (событие) (данные).

Никаких других значений A , приводящих к истинности $J(A)$, нет.

Истинными будем считать $Q(A)$ при следующей интерпретации A : (часть) (причина) (связность) (единичность) (относительность) (начало) (большой) (отрезок) (цель).

Никаких других значений A , приводящих к истинности $Q(A)$, нет.

Примечание: допускается в ходе дальнейших исследований включать в число А и другие понятия.

В соответствии с принятыми условиями покажем процедуру генерирования новых понятий на уровне СМЗ (табл. 2.2).

Многие ПП содержат свойства, взятые из разных СМЗ (например, понятие “станок” содержит, как минимум свойства: F, D, E, V, P, J, Q).

Наличие нескольких свойств в определенном понятии будем считать результатом “проецирования” объекта на несколько СМЗ. Таким образом,

“проецированием” некоторого объекта на СМЗ будем называть включение или “навешивание” свойства из СМЗ на этот объект.

Например, если объект включает свойства D, E и V, то будем считать, что ПП, отражающее этот объект, получено в результате “проецирования” его на СМЗ-D; СМЗ-E и СМЗ-V.

Многие понятия, полученные в результате проецирования на несколько СМЗ, будут сразу принадлежать нескольким СМЗ. (Например, понятие “станок” будет входить в число СМЗ-D, СМЗ-F, СМЗ-E, СМЗ-V; СМЗ-J; СМЗ-Q).

Так как ПП такого вида в ПОТМ большинство, (в отличие от специальных понятий, приведенных в табл. 2.2, будем называть их “общими”), остановимся на процедуре генерирования общих ПП в тезаурусе ТМ, учитывая следующие условия:

1. В качестве начальных (т.е. $S_0(A)$), будем выбирать общие понятия из числа тех, которые к настоящему времени вошли в неструктурированный тезаурус ТМ (например, “станок”, “приспособление”, “деталь”, “деформация” и др.).

2. Отбор начальных общих понятий из неструктурированного тезауруса ТМ будем производить таким образом, чтобы сразу наполнить все уровни СМЗ (СМЗ - D; СМЗ -E и т.д.).

3. Отнесение общих понятий к тому или иному СМЗ будем производить до некоторой степени условно (в силу возможной принадлежности одного и того же понятия сразу несколькими СМЗ), но при соблюдении правила: вошедшие в СМЗ на правах начальных, понятия должны быть разные, т.е. отличаться хотя бы по одному свойству.

Табл. 2.2 Процедура генерирования новых понятий на уровне СМЗ

	Начальное понятие	Новое понятие
D	действие	бездействие
E	энергия	отсутствие энергии
V	вещество	пустота
P	пространство	отсутствие пространства
T	время	отсутствие времени
K	количество	отсутствие количества
F	производитель	продукт
I	событие	отсутствие события
	данные	отсутствие данных
	часть	целое
	причина	следствие
	связность	бессвязность
Q	единичность	множественность
	относительность	абсолютность
	начало	конец
	большой	меньший
	отрезок	точка
	цель	средство

Покажем на примере формирование множества начальных общих понятий (табл. 2.3).

Табл. 2.3. Процедура формирования множества начальных общих понятий

	Вид СМЗ	Начальное общее понятие	Возможность отнесения к другой СМЗ
1	D	тепловое контролируемой нагревание вещи	СМЗ-Е
2	E	сила	СМЗ-Р
3	V	режущий инструмент	СМЗ-D; СМЗ-Е; СМЗ-Р
4	P	форма твердого тела	СМЗ-V
5	T	начальный момент плавления	СМЗ-Е
6	K	количество поверхностей	СМЗ-Р

4. Согласно введенному нами принципу определяемости каждое из начальных общих понятий должно быть определено специалистом хотя бы на содержательном уровне. Например, - “тепловое контролируемое нагревание вещи” - действие в течение периода на основе тепловой энергии, вызывающее в конце периода фиксированное (измеряемое) повышение температуры вещи;

- “сила” - энергия как причина, выводящая тело из состояния покоя.

- “форма твердого тела” - внешний вид, наружные очертания твердого тела.

- “начальный момент плавления” - момент времени, когда твердое тело под воздействием тепловой энергии начинает превращаться в жидкое тело и т.д.

5. Необходимо превратить содержательное определение в логическую формулу, в которой на первом месте стоит предикат, отражающий соответствующий вид СМЗ.

Например:

Тепловое контролируемое нагревание вещи \equiv (D (действие), (E (теплота), T (период)), (J (событие), ((Q (конец), T (период), (K (количество), (J (температура), V (вещь)), Q (большой))

Примечание: здесь и далее в логической формуле в целях упрощения записи опущен знак отношения H - иметь, т.е. вместо H(D(A), E(Á)) записываем D(A), E(Á).

В отличие от содержательного определения понятия тепловое контролируемое “нагревание” вещи буквальный “перевод” логической формулы звучит так:

Тепловое контролируемое нагревание вещи - действие, имеющее тепловую энергию в течение периода времени, вызывающее событие в конце периода, когда величина температуры вещи становится большей.

6. На интуитивном уровне отрицание понятия “тепловое контролируемое нагревание вещи” обычно связывают с понятием “тепловое контролируемое “охлаждение” вещи”. Покажем, что это не единственный результат отрицания.

Для того, чтобы это показать, укажем на возможные варианты в процедуре отрицания. В разобранный пример можно отрицать предикат Q (большой) и тогда получаем в логической формуле предикат Q (меньший), что при неизменяющихся

других составляющих логической формулы приведет к понятию “тепловое контролируемое “охлаждение” вещи”. Однако мы вправе проводить отрицание и по другим составляющим.

Например, отрицая предикат V (вещь) и получив в логической формуле эту составляющую в виде \bar{V} (не вещь), можно получить в оппозиции K “тепловое контролируемое “нагревание” вещи” понятие “тепловое контролируемое “нагревание не вещи”, которое на интуитивном уровне можно связать, например, с понятием тепловое контролируемое “нагревание поверхности” (“поверхность” - это “чисто” пространственное понятие и не обязательно связано с веществом).

И даже при отрицании предиката V (вещь) мы получим не единственное оппозитное новое понятие, т.к. мы еще не раскрыли входящие в этот предикат понятие “вещь”.

Представим понятие “вещь” в виде:

вещь $\equiv V$ (материал), P (геометрический объект).

Тогда отрицание “вещи” можно провести разными способами

1) $\bar{\text{вещь}} \equiv V$ (материал), \bar{P} (геом. объекты)

2) $\bar{\text{вещь}} \equiv \bar{V}$ (материал), P (геом. объекты)

3) $\bar{\text{вещь}} \equiv \bar{V}$ (материал), \bar{P} (геом. объекты)

Тогда в 1-ом случае отрицание “тепловое контролируемое нагревание вещи” приведет к понятию “тепловое контролируемое нагревание материала”; во 2-ом случае - “тепловое контролируемое нагревание геом. объекта”; в 3-м случае - “тепловое контролируемое нагревание”.

Аналогично нужно провести процедуру по отрицанию предиката E (температура). Представим понятие “температура” в виде:

температура $\equiv J$ (дан), (K (количество), (Q (след.), E (теплота)))

Тогда отрицание “температура” по аналогии с предыдущим можно провести разными способами:

1) $\bar{\text{температура}} \equiv J$ (дан), (K (кол.), (Q (след.), \bar{E} (нетеплота)));

2) $\bar{\text{температура}} \equiv J$ (дан), (K (кол.), (\bar{Q} (причина), E (теплота)));

3) $\bar{\text{температура}} \equiv J$ (дан), (\bar{K} (кол.), (Q (след.) E (теплота)));

4) $\bar{\text{температура}} \equiv \bar{J}$ (отс.дан.), (K (кол.), (Q (след.), E (теплота)));

5) $\bar{\text{температура}} \equiv J$ (дан), (K (кол), (\bar{Q} (причина), \bar{E} (нетеплота)));

6) $\bar{\text{температура}} \equiv J$ (дан), (\bar{K} (кол), (Q (след), \bar{E} (нетеплота)));

7) $\bar{\text{температура}} \equiv \bar{J}$ (отс.дан), (K (кол), (Q (след), \bar{E} (нетеплота)));

8) $\bar{\text{температура}} \equiv J$ (дан), (\bar{K} (кол), (\bar{Q} (причина), E (теплота)));

9) $\bar{\text{температура}} \equiv \bar{J}$ (отс.дан), (K (кол), (\bar{Q} (причина), E (теплота)));

10) $\bar{\text{температура}} \equiv \bar{J}$ (отс.дан), (\bar{K} (кол), (Q (след), E (теплота)));

11) $\bar{\text{температура}} \equiv J$ (дан), (\bar{K} (кол), (\bar{Q} (причина), \bar{E} (нетеплота)));

- 12) $\bar{\text{температура}} \equiv \bar{J}$ (отс.дан), (\bar{K} (кол), (\bar{Q} (причина), \bar{E} (нетеплота)));
- 13) $\bar{\text{температура}} \equiv \bar{J}$ (отс.дан), (\bar{K} (кол), (Q (след), \bar{E} (нетеплота)));
- 14) $\bar{\text{температура}} \equiv \bar{J}$ (отс.дан), (\bar{K} (кол), (\bar{Q} (причина), E (теплота)));
- 15) $\bar{\text{температура}} \equiv \bar{J}$ (отс.дан), (\bar{K} (кол), (\bar{Q} (причина), \bar{E} (нетеплота))).

Отрицание по 1-му способу нужно трактовать как нетепловую количественную характеристику. (К числу таких характеристик могут быть отнесены величина деформации, сдвига, перемещения и т.д.).

Дадим в сжатом виде отрицание “температуры” по способам 2 - 15.

- 2) $\bar{\text{температура}} \equiv$ коэффициент трения и т.д.;
- 3) $\bar{\text{температура}} \equiv$ нагретость, и др. нечеткие тепловые характеристики;
- 4) $\bar{\text{температура}} \equiv$ неизмеряемая температура;
- 5) $\bar{\text{температура}} \equiv$ любая механическая характеристика (сила, скорость и т.д.);
- 6) $\bar{\text{температура}} \equiv$ нечеткие тепловые характеристики;
- 7) $\bar{\text{температура}} \equiv$ неизмеренная нетепловая характеристика;
- 8) $\bar{\text{температура}} \equiv$ нечеткие данные о коэффициенте трения и др.;
- 9) $\bar{\text{температура}} \equiv$ неизмеренный коэффициент трения и т.п.;
- 10) $\bar{\text{температура}} \equiv$ необнаруженная температура;
- 11) $\bar{\text{температура}} \equiv$ нечеткие данные о механических характеристиках;
- 12) $\bar{\text{температура}} \equiv$ неизмеренная механическая характеристика;
- 13) $\bar{\text{температура}} \equiv$ необнаруженные механические характеристики;
- 14) $\bar{\text{температура}} \equiv$ необнаруженное трение;
- 15) $\bar{\text{температура}} \equiv$ необнаруженные величины причин механических характеристик.

В соответствии с подобными отрицаниями “температуры” отрицание понятия “тепловое контролируемое нагревание вещи” при неизменном состоянии других составляющих можно трактовать, например, для 1-го случая: “действие на основе тепловой энергии, вызывающее повышение нетепловых количественных характеристик вещи”.

Ввиду неопределенности (пока) понятия “нетепловые количественные характеристики” отрицанием “нагревания вещи” для 1-го случая могут быть понятия - “тепловое расширение”, “тепловой сдвиг”, “тепловое деформирование” и т.д.

Аналогичные “поэлементные” отрицания следует провести по предикатам: K (кол.), T (период), Q (конец), J (событие), E (теплота), D (действие).

Отрицание по предикату K (кол.)

В таблице 1 показано, что отрицание (количество) приводит к предикату \bar{K} (отс. количества). Для рассматриваемого случая это означает отсутствие только

количественной характеристики повышения температуры вещи, т.к. ни температура, ни вещь, ни Q (большой) при этом не отрицаются.

В данном случае отрицание начального понятия “тепловое контролируемое нагревание вещи” приведет к новому понятию “тепловое неконтролируемое нагревание вещи”.

Отрицание по предикату T (период)

Понятие “период” - ПП на шкале СМЗ-Т, поэтому целесообразно дать ему вначале содержательное определение и по нему составить соответствующую логическую формулу.

Пользуясь “обыденным” представлением о периоде времени, запишем содержательное определение в следующем виде:

“период” - это отрезок времени

и в виде логической формулы

период \equiv T (время), Q (отрезок)

Тогда отрицание периода можно провести разными способами:

1) $\bar{\text{период}} \equiv \bar{T}$ (время), \bar{Q} (точка);

2) $\bar{\text{период}} \equiv \bar{T}$ (отс. времени), Q (отрезок);

3) $\bar{\text{период}} \equiv \bar{T}$ (отс. времени), \bar{Q} (точка).

Если в логической формуле понятия “тепловое контролируемое нагревание вещи” оставить без изменения все составляющие, кроме T (период), то отрицание последнего приводит к следующим новым понятиям:

1) тепловое контролируемое мгновенное нагревание вещи;

2) тепловое контролируемое постоянное (монотонное) нагревание вещи;

3) тепловое контролируемое постоянное (монотонное) нагревание вещи.

Отрицание предиката Q (конец)

В соответствии с табл. 1 отрицание предиката Q (конец) приводит к понятию “начало”. Началом периода является “момент” и новое понятие в результате отрицания предиката Q (конец) аналогично тому, что было получено в предыдущем разделе по 1-ому способу отрицания T (период).

Отрицание предиката J (событие)

В соответствии с табл. 1 отрицание J (событие) приводит к новому понятию “отсутствие события”. Так как предикат J (событие) предопределяет все последующие предикаты (Q (конец), T (период), K (количество), E (температура), V (вещь), Q (большой), то отсутствие “события” приводит к следующей ситуации при формулировке нового понятия по отношению к начальному: “действие в течение периода на основе тепловой энергии не приводит в конце периода к фиксированному повышению температуры вещи”. Это может, например, случиться в том случае, если нагреватель по своей мощности (по отношению к вещи) настолько слаб, что ни один датчик (измеритель) температуры не фиксирует ее повышение. В таком случае новое понятие может быть сформулировано следующим образом:

“тепловое безрезультатное воздействие в течение периода” и “тепловое безрезультатное воздействие в момент времени” (в случае отрицания T (период).

Отрицание по предикату E (теплота)

Из физических соображений мы можем представить разными способами отрицание теплоты (тепловой энергии):

- 1) \bar{E} теплота \equiv механическая энергия;
- 2) \bar{E} теплота \equiv химическая энергия;
- 3) \bar{E} теплота \equiv электрическая энергия.

Тогда результатами отрицания рассматриваемого начального понятия могут быть:

- 1) “контролируемое нагревание механическим путем”
- 2) “контролируемое нагревание химическим путем”
- 3) “контролируемое нагревание электричеством” и т.д.

Отрицание по предикату D (действие)

В соответствии с табл. 1 отрицанием начального понятия “действие” является новое понятие “бездействие”.

Не вдаваясь в подробности анализа логической формулы, можно записать, что новым понятием по отношению к начальному рассматриваемыми в табл. 2 являются:

“тепловое случайное и контролируемое (измеряемое) нагревание вещи”.

Итак, последовательное отрицание предикатов, входящих в логическую формулу, и последовательное комбинирование (сочетание) их приводит к “веерообразному” размножению новых понятий, что можно на основе рассматриваемого примера изобразить в виде схемы на рис. 2.1.

Процедура формирования новых понятий на основе отрицания начального может быть представлена как многошаговая процедура, где количество шагов связано с количеством отрицаемых предикатов.

На первом шаге производится отрицание по каждому из предикатов в отдельности. Количество полученных новых понятий зависит от количества предикатов и от их структуры (см. предыдущий текст).

На втором шаге рассматриваются сочетания из двух отрицаемых предикатов (например, \bar{D} и \bar{E} , $Q(\bar{\delta})$ и $\bar{I}(\bar{\text{дан}})$ и т.д.).

На 3-ем - 8-ом шагах рассматриваются сочетания из 3-х, 4-х и т.д. вплоть до 8 отрицаемых предикатов. На 9-м шаге рассматривается единственное новое понятие, полученное отрицанием всех входящих предикатов. В соответствии с приведенными выше рассуждениями оно может быть записано как: “случайное мгновенное неконтролируемое, но предполагаемое воздействие, вызывающее уменьшение нетепловых характеристик невещественного объекта (поверхности) за счет нетепловой (механической) энергии.

Таким образом, процесс формирования множества новых понятий путем отрицания начального понятия является сходящимся, что позволяет алгоритмизировать эту процедуру. Аналогичные процедуры отрицания необходимо провести по всем СМЗ (см. табл. 2.2), т.е. по СМЗ-Е (начальное понятие - “сила”), СМЗ-V (начальное понятие “режущий инструмент”), СМЗ-Р (начальное понятие “форма твердого тела) и т.д.

По каждой шкале СМЗ путем отрицания начального понятия формируется конечное множество новых понятий по принципу сходящегося ряда (см. рис. 2.1).

II ступень

На этой ступени формирования тезауруса ТМ осуществляется процедура “проецирования” множества понятий внутри одной шкалы СМЗ на шкалы других СМЗ.

Это осуществляется путем подстановки одностипных предикатов (предикатов, имеющих одинаковые символы) последовательно и взаимно из одной СМЗ в другую.

Покажем это на примере взаимных подстановок одностипных предикатов на шкалах СМЗ-D и СМЗ-V.

Множество понятий СМЗ-D (включая и начальное), показано на рис. 2.1.

Аналогичным образом строится множество понятий внутри СМЗ-V, где в качестве начального понятия выступает “режущий инструмент” (см. табл. 2.2).

Допустим, что на содержательном уровне “режущий инструмент” - вещь, являющаяся средством осуществления на основе механической энергии действия с целью изменения целостности твердого тела”.

Формально это можно записать следующим образом:

режущий инструмент $\equiv V(\text{вещь}), (Q(\text{средство}) ((D(\text{действие}), (Q(\text{цель}), J(\text{соб})), (Q(\text{целое}), V(\text{тв.тела}))))), E(\text{мех. э.}))$.

Сформированное путем последовательных операций множество понятий, включая и начальное, схематично представлено на рис. 2.

В формуле “режущего инструмента” имеется предикат (J (соб.), (Q (целое), V (т.т.))), означающий “изменение целостности твердого тела”.

В формуле начального понятия из СМЗ - D имеется предикат (J (соб), (Q (конец), T (период))), (K (кол), (J (t), V (вещь)), Q (большой)).

Произведем следующую подстановку:

Вместо последнего в формулу начального понятия СМЗ-D подставим (J (соб), (Q (целое), V (т.т.))).



Рис. 2.6. Процедура подстановки предикатов

Тогда получим новое понятие в СМЗ - D (поименно указанных на рис. 1), которое формально запишется следующим образом:

Новое понятие $\equiv ((D$ (действие), E (теплота)), T (период)), J (соб), (Q (целое), V (т.т.))).

Это понятие может быть описано на содержательном уровне следующим образом:

- “действие тепловой энергии в течение периода, вызывающее изменение целостности твердого тела”.

По смыслу наиболее подходящим именем нового понятия может быть “разделение твердого тела на части с помощью тепловой энергии”. Это понятие может быть применимо к процессам плазменной, лучевой резки и т.п.

В целом процедура подстановки или проецирования понятий из одной СМЗ может быть схематично представлена следующим образом (рис. 2.6).

Если на первой ступени (ступени “отрицания”) формирование новых понятий идет с помощью ПС* типа F (отр), то на второй ступени (ступени “подстановки”) взаимодействие ПС*, БВС* и П* может быть представлено схемой (рис. 2.7).

Итак, на 1-ой ступени формирование ПП ПОТМ идет за счет отрицания, на 2-ой ступени - за счет подстановки.

Объединение продуцирования на двух ступенях назовем этапом формирования ПП ПОТМ.

В целом процедура формирования ПП ПОТМ складывается из N однотипных этапов.

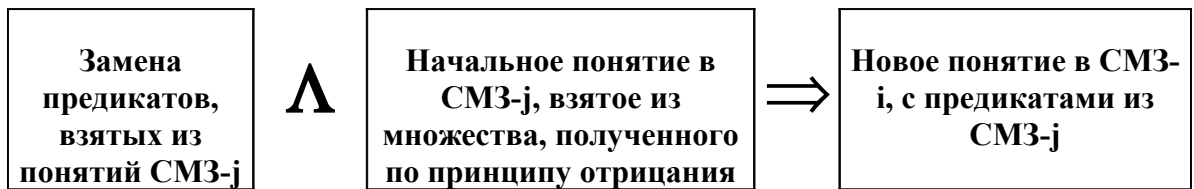


Рис. 2.7. Продуцирование новых понятий путем замены предикатов

Понятие, сформированные на k -ом этапе, становятся начальными для $(k + 1)$ -ого этапа. Процедура продолжается до тех пор, пока отрицание и подстановка не приведут к полному повторению понятий (“заикливания” в пределах сходящихся рядов).

Формирование новых понятий при прохождении двухступенчатых этапов приводит к структурированному тезаурусу ТМ. Связи между понятиями в тезаурусе отражаются в предикатных формулах и могут являться основой для:

- классификации понятий по различным признакам (действие, вещество и т.д.);
- автоматизированного перевода различных предложений (процессов, методов, объектов ТП и т.д.) из содержательного в формальный вид и наоборот;
- автоматизированного “составления” предложений в ПОТМ в целях логического вывода истинных утверждений.

Контрольные вопросы:

1. Какие механизмы генерирования понятий технологии?
2. Как понятия технологии проецируются на базовые шкалы?