

## 8. Методика разработки типовых и экспертных технологических процессов

### 8.1. Введение

В этой главе рассматривается методика подготовки различных вариантов диалогового проектирования технологических процессов с точки зрения разработчика САПР. Изложение ведется на примере конкретной системы — ТЕМП, созданной в МГТУ.

Для понимания содержания главы необходимо иметь некоторые представления об особенностях терминологии и структуры САПР ТЕМП. В БД системы ТЕМП могут храниться как данные об объектах (например, сверлах, резцах, станках), так и знания о правилах принятия решений. Такие знания оформлены в виде специальных “Справочных таблиц” (“Норматив”). Кроме табличного, система ТЕМП обеспечивает возможность процедурного представления знаний, которые хранятся в библиотеке (“Процедура”).

Процедуры — это алгоритмы принятия проектных решений и ведения диалога с пользователем. Процедуры записываются на специальном языке “SML”.

В дальнейшем для определенности рассмотрим такой информационный объект (“предмет”), как “Технологический процесс” (синонимы: техпроцесс, тп, процесс). ТП может быть единичным или унифицированным.

Единичный техпроцесс (ЕТП) — это результат проектирования.

Унифицированный ТП (УТП) — это результат обобщения опыта проектирования. УТП — это носитель профессиональных знаний, представленных в той же форме, что и ЕТП. Обычно ЕТП представляется в хорошо известной форме — в виде маршрутной карты (МК). В этом (т.е. в единстве формы) проявляется отличие УТП от других способов представления знаний.

Частный случай УТП — типовой ТП (ТТП). ТТП — это описание последовательности, способов и средств изготовления изделия определенного типа (класса).

Заметим, что кроме УТП (вообще, кроме унифицированного предмета), возможны и другие формы представления знаний (алгоритмы, таблицы решений и т.д.). Достоинство “предметной” формы представления знаний (т.е. представления знаний в виде УТП) — в максимально возможной наглядности.

“Недостаток” УТП — избыточность, т.е. включение в текст информации, заведомо ненужной при разработке единичного ТП. “Экспертные ТП” (ЭТП), о которых речь впереди — это

развитие УТП, которое использует их достоинство и в значительной мере устраняет недостатки.

## 8.2. Типовые техпроцессы

### Начальные сведения

Итак, техпроцессы могут быть единичными (ЕТП) и унифицированными (УТП). В свою очередь УТП также делятся на виды, одним из которых является типовой ТП (ТТП).

Часто термины "УТП" и "ТТП" считают синонимами. В нашем случае, как будет показано ниже, этого делать нельзя!

ТТП с точки зрения системы ТЕМП можно рассматривать как некоторый избыточный текст с переменными частями ("окнами"). ЕТП получается из ТТП путем заполнения окон и удаления избыточных (лишних для конкретного случая) фрагментов.

ТТП может относиться к одной из двух разновидностей:

- полный ТТП;
- фрагментарный ТТП.

В результате доработки (т.е. заполнения окон и удаления избыточных фрагментов) из полного ТТП получается завершённый ЕТП.

В результате доработки фрагментарного ТТП получается фрагмент ЕТП (например, операция или группа операций).

Фрагментарные ТТП легче разработать, чем полные. Более того, полный ТТП лучше строить как последовательность фрагментарных ТТП.

### Пример полного ТТП

Рассмотрим пример полного ТТП для изготовления "учебных" деталей типа "Планка" (длиной  $L$ , шириной  $H$  и несколькими одинаковыми отверстиями диаметра  $D$ ).

Полный ТТП изготовления деталей типа "Планка" представлен в табл.8.1 в привычной форме маршрутной карты (из методических соображений ТТП предельно упрощен и не претендует на промышленное применение; это касается и всех остальных примеров). Предполагается, что пользователь с помощью специальной диалоговой программы сможет "доработать" данный ТТП, т.е. учесть особенности конкретной планки. Для этого в ТТП оставлены "окна". Положение "окна" отмечено знаком "&". Это означает, что при работе в редакторе системы ТЕМП по команде "&" будет происходить "перескакивание" курсора на очередное окно текста слева-направо и сверху-вниз.

По мере изложения пример, представленный в табл.8.1, будет постепенно развиваться.

## 240 Глава 8. Методика разработки типовых и экспертных ТП

Таблица 8.1. ТП "Планка"

обозначение		планка		комплект		типовой	
масса заготовки		а		лист		листов	
а	цех	опер	вид операции			Тшт	
о		содержание перехода					
а 01	а	заготовительная					
о 02	отрезать заготовку в размеры n=a					.L=a	
а 03	а	фрезерная					
о 04	фрезеровать в размеры n=a					.L=a	
о 05	сверлить отверстие фd						
а 06	а	сверлильная					
о 07	сверлить a отверстием фd						

## Фрагментарные ТП

В отличие от полного ТП фрагментарный ТП обычно выпускается для выполнения работ определенного вида при изготовлении изделий определенного типа (или для всех типов изделий).

Из определения фрагментарного ТП следует, что классификация фрагментарных ТП строится по матричному принципу — см. пример в табл.8.2. Примечание. В клетках таблицы стоят номера (Z) возможных разновидностей. Код ТП строится в соответствии с рис.8.1.

Таблица 8.2. Классификация фрагментарных ТП

тип изделия		вид работ (УУ)		
наименование	код xx	заготовительные   фрезерные   сверлильные		
		01	02	03
планка	01	0	0	0
крышка	02	1,2	1,2	
штулка	03	0		1,2

Разновидности ТП рекомендуется сводить в один документ (табл.8.3).

Примечание. Код разновидности применяются тогда, когда признаков "Тип изделия" и "Вид работ" недостаточно. В противном случае разновидность Z=0.

Фрагментарные ТП рекомендуется выпускать комплексами. В состав комплекса могут входить также один или несколько полных ТП, составленных из фрагментарных. Практика ти-

пизации показала, что удобнее всего разрабатывать фрагментарный ТТП на одну типовую операцию или на группу неразрывно связанных операций. При этом полные ТТП целесообразно делать "фрагментированными" — состоящими из ссылок на фрагментарные ТТП.

Код полного ТТП аналогичен коду фрагментарного, но для полного ТТП код вида работ принимается равным нулю (YY=0).

#### Пример комплекса ТТП

Полный ТТП из табл.8.1 разделим на фрагментарные, каждый из которых — типовая операция (табл.8.4). В этом случае полный ТТП (см. табл.8.1) может быть переписан в компактном виде — как последовательность ссылок на фрагментарные ТТП (табл.8.5).

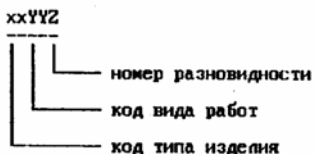


Рис.8.1. Структура кода

Таблица 8.3. Разновидности ТТП

код ТТП	наименование и содержание
01010	заготовительная операция для планок
01020	фрезерная операция для планок
01030	сверлильная операция для планок
02011	заготовительная операция для крышек массой до 15 кг
02012	заготовительная операция для крышек массой свыше 15 кг
...	...

Примечание. Полный ТТП записан в виде, обращений к фрагментарным, рассматриваемым как "процедуры". Сам полный ТТП также рассматривается как процедура и может быть выполнен по команде

"?и" (когда ТТП — в карте) или по команде  
% в 0,Т01001 (% в 0,Т01002 ... 003 ... 004 ...)

Итак, в таблицах 8.4 и 8.5 представлен комплекс ТТП "Планка". Комплекс ТТП — это более высокий уровень представления знаний, чем полный нефрагментированный ТТП, т.к. одни и те же фрагментарные ТТП можно использовать в составе разных комплексов. Удобство работы с разветвленными комплексами ТТП повышается, если их тщательно прокомментировать.

## 242 Глава 8. Методика разработки типовых и экспертных ТП

Таблица 8.4. Фрагментарные ТТП

т01011				
обозначение		заготовит	комплект	планка
а	цех	опер	вид операции	Тшт
здесь и далее штамп заполнен как в табл. 1				
а 01	а	заготовительная		
о 02		отрезать заготовку в размеры n=a		,L=a
обозначение		фрезерная	комплект	планка
...				
а 01	а	фрезерная		
о 02		фрезеровать в размеры n=a		,L=a
о 03		сверлить отверстие фd		
обозначение		сверлильная	комплект	планка
...				
а 01	а	сверлильная		
о 02		сверлить в отверстие фd		

Таблица 8.5. Фрагментированный полный ТТП

т01001 - имя для команды /арх0 (здесь и далее)

обозначение		маршрут	комплект	планка
а	цех	опер	вид операции	Тшт
х 01	х	имя т01011 (во);		
02		имя т01021 ;		
03		имя т01031 ;		

## Комментированный ТТП

ТПП целесообразно снабжать комментариями, которые разъясняют, во-первых, правила заполнения окон и, во-вторых, условия применения отдельных частей ТТП (операций, переходов, оснастки, ...). В комментариях могут содержаться также и другие рекомендации по работе с ТТП. Результат комментирования комплекса ТТП "Планка" представлен в табл.8.6.

Комплекс комментированных ТТП — это результат первого (основополагающего) этапа работы по формированию базы знаний.

## Формат проектных документов

Прежде чем продолжить изучение методики разработки УТП, покажем, каким образом описывается в системе ТЕМП на языке

Таблица 8.6. Комплекс ТТП "Планка" (комментированный)

T01002

обозначение	маршрут	комплект	планка
a	цех   опер	вид операции	Тшт
% 01	[заготовительная операция:		]
02	%выз T01011 (шо);		
03	[фрезерная операция:		
04	%выз T01021;		
05	[сверлильная операция:		
06	[ (применяется когда число отверстий > 1)		
07	%выз T01031;		

T01011

обозначение	заготовит	комплект	планка
a	цех   опер	вид операции	Тшт
a 01	заготовительная		]
o 02	отрезать заготовку в размеры n=a ,L=a		

T01021

обозначение	фрезерная	комплект	планка
a 01	фрезерная		]
o 02	фрезеровать в размеры n=a , L=a		
% 03	[сверлильный переход		
04	[ (применяется когда число отверстий = 1)		
o 05	сверлить отверстие фa		

T01031

обозначение	сверлильная	комплект	планка
a 01	сверлильная		]
o 02	сверлить a отверстий фa		

"FDL" макет МК (рис.8.2). В дальнейшем мы будем ссылаться на окна и строки этого макета. Более подробно описание шаблона дано в главе "Лингвистическое обеспечение".

### 8.3. Экспертные техпроцессы

#### Начальные сведения

Помимо типовых техпроцессов (ТТП) возможен и другой вид унифицированных ТП — "Экспертные ТП" (ЭТП). ЭТП — это более высокий уровень представления знаний, чем ТТП.

Как было показано ранее, в ТТП хранятся предложения, которые в результате диалоговой доработки ТТП встраиваются в единственный ТП (ЕТП). Кроме этих предложений (называемых "неоператорными"), в ТТП могут присутствовать и комментарии.

В ЭТП, кроме неоператорных предложений и комментариев, присутствуют "знания", представленные на формальном языке. Можно сказать, что комментарии, содержащие неформальное и, следовательно, понятное только человеку описание знаний,

## 244 Глава 8. Методика разработки типовых и экспертных ТП

```

*****
этапная карта ===== форма М 903          =****
UD="903",UR1=72,UR2=1,UR3=72,UR4=2,UR6=0,UR7=1;  =****
-----
|обозначение?011                |комплект?021                | =ЗС**
|                               |лист?031|листов?041        | =ЗС**
|                               |                               | =ЗС**
-----
|обозначение?051                |комплект?061                | =ЗН**
|                               |лист?081|листов?091        | =ЗН**
|                               |                               | =ЗН**
-----
а | цех $ опер | вид операции                * тшт   =ЗОН1
-----
о |             | обозначение перехода                =****2
т |             | наименование оснастки                =****3
р |             | режимы и нормы времени                =****4
-----
| 001 |                               =****
-----

поле подшивки:
111
описание зон:
01з05
02з03
03л41
04к42
05ч05.0и обозначение изделия
06ч03.0к обозначение комплекта
07ч08.Мз масса заготовки
08л41
09к42
*****

```

Рис.8.2. Описание макета проектного документа

при переходе от ТТП к ЭТП интерпретируются в “операторных предложениях”, которые “понятны” не только человеку, но и ЭВМ.

Знания в ЭТП представляются не только в операторных предложениях, но и в различных вычисляемых 169 функциях”, которые могут присутствовать как в операторных, так и в неоператорных предложениях.

Язык описания ЭТП получил название SML. Всякий подготовленный на этом языке ЭТП — это “SML-процедура”, а комплекс ЭТП — это комплекс SML-процедур. Комплекс ЭТП рекомендуется формировать, опираясь на комплекс ТТП. В этом случае происходит так называемое “экспертирование” ТТП, т.е. встройка в них операторных предложений и функций. Экспертирование ТТП — это последовательное обогащение их “знаниями”, представленными на формальном языке. Экспертирова-

ние рекомендуется проводить поэтапно. Рассмотрим первый (простейший) этап экспертирования.

### Параметризация ТТП

Нетрудно представить, что если присвоить имена заложенным в ТТП окнам и организовать диалоговый ввод в них информации, то работа технолога существенно упростится: не нужно будет устанавливать курсор вручную в те позиции текста ТТП на экране, куда необходимо заносить информацию.

На этапе параметризации окнам присваиваются имена SML-переменных. Затем принимается решение, какие из переменных сделать анкетными — они будут вводиться без показа пользователю контекста, а какие (неанкетные) переменные будут вводиться с помощью оператора “%запросить” с показом технологу части текста ТП (“контекста”).

Можно запрашивать у пользователя и неанкетные переменные в виде анкеты, используя SML-оператор “%ввести”.

На этапе параметризации рекомендуется установить автоматический контроль правильности вводимых значений (в т.ч. проверять вводимое пользователем значение на вхождение в список допустимых значений). Аналогичный контроль рекомендуется проводить и на других этапах экспертирования. Кроме того, уже на этапе параметризации можно включать в ЭТП “первого поколения” расчеты по формулам и другие функции.

Пример комплекса ЭТП, полученных в результате параметризации комплекса ТТП “Планка”, показан в табл.8.7.

Полученный в результате параметризации ЭТП уже можно отдавать технологам для эксплуатации. Дальнейшее повышение степени автоматизации можно обеспечить, выполнив второй этап экспертирования — “адресацию”.

### Адресация ЭТП

В результате адресации знания, заложенные в комментариях, интерпретируются SML-операторами, которые производят “отбор” из ТТП необходимых операций и переходов (неоператорных предложений). С этой целью чаще всего при адресации используются операторы %если и %выбрать.

Пример комплекса ЭТП, полученного в результате адресации представлен в табл.8.8.

ЭТП, полученный в результате адресации, обладает большей “интеллектуальностью”, чем ЭТП, полученный на предыдущем этапе параметризации.

Можно пойти еще дальше и встроить в ЭТП различные операторы и функции по о с к а в базе данных и знаний (БДЗ), вычислений и т.п. В этом случае будет выполнен этап “обогащения” ЭТП.



## 246 Глава 8. Методика разработки типовых и экспертных ТП

Таблица 8.7. Комплекс ЭТП "Планка"  
(параметризация)

p01003 (результат параметризации)

обозначение	маршрут	комплект	планка
a	цех   опер	вид операции	Тшт
X 01	Заг (p01003)	изготовление планки;	
X 02	Хоб	Ia=N число отверстий,	
X 03		Ia=N высота, Ia=L длина, Ia=D диаметр,	
X 04		сайц цех;	
X 05		[заготовительная операция ]	
X 06	Хвз	p01013/N=an, L=AL;	
X 07		[фрезерная операция ]	
X 08	Хвз	p01023/N=an, L=AL, L=AL, N=an, D=AD;	
X 09		[сверлильная операция ]	
X 10		[ (применяется когда число отверстий > 1) ]	
X 11	Хвз	p01033/N=an, D=AD;	
X 12	Х03, ш05="A";	[заполнен штамп]	

p01013

обозначение	заготовит	комплект	планка
a	цех   опер	вид операции	Тшт
X 01	Заг (p01013)	заготовительная операция;	
X 02	Хоб	Ia=N высота детали, Ia=L длина детали,	
X 03		сайц цех, I=Z припуск,	
X 04		I=Nz высота заготовки,	
X 05		I=Lz длина заготовки;	
X 06	Зап	(задайте припуск ) Z;	
X 07	нз=х	(an+az); Lz=х(AL+az);	
a 08	шц	заготовительная	
o 09		отрезать заготовку в размеры n=an x L=ALZ	

p01023

обозначение	фрезерная	комплект	планка
X 01	Заг (p01023)	фрезерная операция;	
X 02	Хоб	Ia=N число отверстий,	
X 03		Ia=N высота, Ia=L длина, Ia=D диаметр,	
X 04		сайц цех;	
a 05	шц	фрезерная	
o 06		фрезеровать в размеры n=an, L=AL	
X 07		[сверлильный переход ]	
X 08		[ (применяется когда число отверстий = 1) ]	
o 09		сверлить отверстие фAD	

p01033

обозначение	сверлильная	комплект	планка
X 01	Заг (p01033)	сверлильная операция;	
X 02	Хоб	Ia=N число отверстий,	
X 03		Ia=D диаметр,	
X 04		сайц цех;	
a 05	шц	сверлильная	
o 06		сверлить an отверстий фAD	

Таблица 8.8. Комплекс ЭТП "Планка"  
(адресация)

p01004 (результат адресации)

обозначение	маршрут	комплект	планка
а	цех	шпер	мнд операции
× 01	Заг (p01004)	изготовление	планки;
× 02	Job IaN	число отверстий,	
× 03	IaM	высота детали, Ia=L	длина детали,
× 04	Ia=D	диаметр,	
× 05	саяц	цех;	
× 06		заготовительная операция	]
× 07	Звз p01014/N=AN,	L=AL;	
× 08		фрезерная операция	]
× 09	Звз p01024/n=an,	L=AL,L=AL,N=AN,D=AD;	
× 10	Если AN>1	то	
× 12		сверлильная операция	]
× 13	Звз p01034/N=AN,D=AD;		
× 14	ш03,ш05="a";		

p01014

обозначение	заготовит	комплект	планка
× 01	Заг (p01014)	заготовительная операция;	
× 02	Job I=M	высота детали, I=L	длина детали;
× 03	Звз p01013/n=an,	L=AL;	
× 04		процедура p01014	новых возможностей по ]
× 05		сравнению с p01013	не содержит ]

p01024

обозначение	фрезерная	комплект	планка
× 01	Заг (p01024)	фрезерная операция;	
× 02	Job IaN	число отверстий,	
× 03	Ia=M	высота, Ia=L	длина, Ia=D
× 04	саяц	цех;	
× 05	шц	фрезерная	
× 06		фрезеровать в размери n=an,L=AL	
× 07	Если AN=1	то ; Звз;	
× 08		сверлить отверстие φD	
× 09	шкон;		

p01034

обозначение	сверлильная	комплект	планка
× 01	Заг (p01034)	сверлильная операция;	
× 02	Job I=H,	I=D;	
× 03	Звз p01033/N=AN,D=AD;		

### Обогащение ЭТП

Общие сведения. При обогащении ЭТП используются заложённые в SML средства доступа к БДЗ:

- функция %т (найти в нормативе),
- функция %н (найти в классификаторе),
- оператор %арх (работа с архивом) и др.

На этом этапе от разработчика требуется знание SML в полном объеме.

**248 Глава 8. Методика разработки типовых и экспертных ТП**

**Использование норматива.** Пусть в ЭТП P01012 (см. табл.8.8) припуск Z определяется по хранящейся в нормативе табл.8.9.

Описание этой таблицы на языке “NDL” выглядит следующим образом:

```
./ DeLete pRip
./ sataL pRip;припуск на обработку листовой заготовки=
ent;a,e,4,,2,наибольший размер листа=
sol;result,e,4,i,1,0,значение припуска=
50; 2= 100; 4= 300; 6= ; 8=
```

В результате обогащения ЭТП, содержащегося в табл.8.8, получится ЭТП, приведенный в табл.8.10.

**Использование классификатора.** Обращение к классификатору (так называется раздел БД в системе ТЕМП) применяется, когда нужно указывать в ЭТП различные средства производства.

Допустим, что исходное представление информации о средствах производства СВЕРЛО имеет табличный вид (табл.8.11). На рис.8.3 дано формальное описание того же фрагмента классифи-

Таблица 8.9. Справочная таблица припуска на обр-ку листовой заготовки

наибольший размер листа (a, мм)	значение припуска (RESULT, мм)
до 50	2
до 100	4
до 300	6
св. 300	8

катора на языке SDL.

Усложним теперь исходную постановку задачи (см. табл.8.1), приняв, что в карте нужно указывать наименования фрезы и сверла. Обычно такие усложнения происходят в процессе эксплуатации комплекса ЭТП, созданного на предыдущем этапе. С учетом новых сведений комплекс ЭТП представлен в табл.8.12.

Отметим, что при выборе инструмента (вообще — средства производства) перед запросом к классификатору нужно готовить параметры для этого запроса, используя SML-операторы и, в общем случае, обращение к разделу БД системы ТЕМП “Норматив”.

**Нормирование времени.** Рассмотрим характерный пример нормирования техпроцесса. Пусть норма времени на сверление определяется по табл.8.13.

В зависимости от материала режущей части табличное время умножается на поправочный коэффициент k (см. табл.8.13)

Таблица 8.10. Комплекс "Планка" (1-е обогащение)

p01005 (результат 1-го обогащения)

обозначение	маршрут	комплект	планка
а	цех	опер	вид операции
× 01	×заг	(p01005)	изготовление планки;
× 02	×об	I=Н	число отверстий,
× 03		I=н	высота детали, I=L длина детали,
× 04		I=0	диаметр,
× 05			с/ц цех;
× 06	×вмз	p01015/	N=Δn, L=ΔL;
× 07	×вмз	p01025/	N=Δn, L=ΔL, L=ΔL, N=ΔN, D=ΔD;
× 08			если ΔN>1 то
× 09	×вмз	p01035/	N=ΔN, D=ΔD;
× 10			ш03, ш05="а";

p01015

обозначение	заготовит	комплект	pPoc
× 01	×заг	(p01015)	заготовительная операция;
× 02	×об	I=н	высота детали, I=L длина детали,
× 03			с/ц цех,
× 04		I=2	припуск,
× 05		I=нз	высота заготовки,
× 06		I=Lz	длина заготовки;
× 07	Z=IT(pRIP)RESULT, a=MAX(Δn, ΔL);		
× 08	nз=I*(Δn+2*ΔZ); Lз=I*(ΔL+2*ΔZ);		
а 09			заготовительная
о 10			отрезать заготовку в размеры n=Δnз x L=ΔLз

p01025

обозначение	фрезерная	комплект	планка
× 01	×заг	(p01025)	фрезерная операция;
× 02	×об	I=Н	число отверстий,
× 03		I=н	высота, I=L длина, I=D диаметр;
× 04	×вмз	p01024/	N=Δn, L=ΔL, D=ΔD, M=ΔM;

p01035

обозначение	сверлильная	комплект	планка
× 01	×заг	(p01035)	сверлильная операция;
× 02	×об	I=Н, I=D;	
× 03	×вмз	p01034/	N=ΔN, D=ΔD;

Комплекс справочных таблиц "Время сверления" можно представить на языке "NDL" (рис.8.4).

В результате наш комплекс ЭТП примет вид табл.8.14.

Отметим, что при нормировании в SML-процедурах (ЭТП) нужно обеспечивать доступ к признакам инструмента, хранимым в классификаторе. Эти признаки используются при запросах к нормативу.

**Материальное нормирование.** Усложним в очередной раз исходную постановку задачи. Пусть в штампе карты нужно помимо обозначений изделия и комплекта указывать массу заго-

**250 Глава 8. Методика разработки типовых и экспертных ТП**

Таблица 8.11. Первичная информация о сверлах

фреза концевая учебная		код 9864		
обозначение:	D	L	мрс	...
1203-0010	8	20	p9k5	...
1203-0020	8	30	p9k5	...
1203-0030	10	30	p6m5	...
1203-0040	10	40	p6m5	...

пример наименования фрезы:

фреза 1203-0020 ф8 x 30 стп 68-83

УА Т 986400

в т0

р:фреза концевая учебная;9864;

фреза 8черт 8D x 8L СТП 68-84;

\*\*\*D диаметр;\*\*\*L длина;

\*\*\*мрс материал режущей части 00

в д 98640

1203-0010;1 :8;20;p9k50

1203-0020;1 :8;30;p9k50

1203-0030;1 :10;30;p6m50

1203-0040;1 :10;40;p6m500

Рис.8.3. Описание на языке SDL

товки (МЗ). "Обозначение" и "Комплект" — это соответственно 5-й и 3-й признаки предмета "Техпроцесс" с SML-именами ш05 и ш03 (см. карту на рис.8.2). Примем, что мз — это 8-й признак предмета (ш08).

Комплекс SML-процедур (ЭТП) после очередного обогащения представлен в табл.8.15.

Элементарные ЭТП. Разработать полный ЭТП не всегда удается в приемлемые сроки. Фрагментарный ЭТП, охватывающий целиком операцию, также может вызывать затруднения при его разработке. В этих условиях полезно перейти к "Элементарным ЭТП". Под "Элементарным ЭТП" (э-ЭТП) понимается фрагментарный ЭТП, распространяющийся на один или несколько переходов обработки (сборки) какого-либо элемента детали (узла).

В результате применения э-ЭТП формируется фрагмент ЭТП, состоящий из одного или нескольких переходов. В общем случае эти переходы снабжены сведениями об оснастке, режимах и нормах времени.

Продолжим рассмотрение примера из табл.8.15. Сначала составим SDL-описание типовых переходов (рис.8.5).

После занесения этого описания в классификатор, к типовым переходам можно будет обращаться так же, как и к инструментам (при помощи подсистемы "Анализатор").

Таблица 8.12. Комплекс "Планка" (2-е обогащение)

p01006 (результат 2-го обогащения)

обозначение		маршрут		комплект	планка
а	цех	опер	вид операции		шт
× 01	изг	(p01006)	изготовление планки;		
× 02	зоб	1а	н	число отверстий,	
× 03		1а	ч	высота детали, 1а=L длина детали,	
× 04		1а	д	диаметр,	
× 05	сац	цех, 1а	1	толщина листа;	
× 06	звыз	p01016//n=dn, L=dl;			
× 07	звыз	p01026//n=dn, L=dl, L=dl, N=dN, D=dD, т=dt;			
× 08	зесли	dn>1	это		
× 09	звыз	p01036//N=dN, D=dD, т=dt;			
× 10	ш03, ш05	= "а";			

p01016

обозначение		заготовит		комплект	планка
× 04	изг	(p01016)	заготовительная операция;		
× 05	зоб	1	ч	высота детали, 1=L длина детали;	
× 06	звыз	p01015//n=dn, L=dl;			

p01026

обозначение		фрезерная		комплект	планка
× 01	изг	(p01026)	фрезерная операция;		
× 02	зоб	1а	н	число отверстий, сац цех,	
× 03		1а	ч	высота, 1а=L длина, 1а=d диаметр,	
× 04		1а	т	толщина листа, 1.Нрсс ирч сверла;	
а 05	шц	фрезерная			
о 06	фрезеровать в размеры n=dn, L=dl				
т 07	ш(p 79864//L>dt, ?0a);				
× 08	зесли	dn=1	это звып; звести ирсс;		
о 09	сверлить отверстие фd				
т 10	ш(p 79865//D=dD, L>dt, ирс=dирсс, ?0a);				
× 11	зкон;				

p01036

обозначение		сверлильная		комплект	планка
× 01	изг	(p01036)	сверлильная операция;		
× 02	зоб	1а	н	число отверстий, сац цех,	
× 03		1а	т	толщина листа, 1а.Нрсс ирч сверла,	
× 04		1а	д	диаметр;	
а 05	шц	сверлильная			
о 06	сверлить dn отверстия фd				
т 07	ш(p 79865//L>dt, D=dD, ирс=dирсс, ?0a);				
× 08	зесли	dn=1	это звып; звести ирсс;		
о 09	сверлить отверстие фd				
т 10	ш(p 79865//D=dD, L>dt, ирс=dирсс, ?0a);				
× 11	зкон;				

## 252 Глава 8. Методика разработки типовых и экспертных ТП

Таблица 8.13. Справочная таблица  
"Время сверления"  
норма времени на сверление 1, мин

диаметр D, мм	длина L, мм			
	до 12	до 25	до 50	св 50
до 5	1	2	4	7
до 10	2	3	6	8
до 14	4	7	8	10
св. 14	5	7	12	14

мрс	р6м5	р9х5	...
к	0.8	1.2	...

```

./ complx TSU
./ delete TSU0
./ catal
TSU0: норма времени на сверление; н: TSU1 =
ent: D, e, 4, 2, диаметр сверла =
ent: L, e, 4, 2, длина сверления =
sol: t, e, 4, 2, 0, норма времени =
      12; 20; 25; 50; =
      5; 1; 3; 2; 4; 7 =
      8; 3; 20; 3; 4; 5 =
      10; 2; 4; 3; 6; 8 =
      14; 4; 5; 7; 8; 10 =
      ; 5; 2; 7; 12; 14 =
./ delete TSU1
./ catal
TSU1: поправочный коэффициент на мрс =
ent: мрс, V, B, X, , материал резцовой части =
sol: t, e, 4, 2, 0, поправочный коэффициент (к) =
      р6м5; 0.8 =
      р9х5; 1.2 =

```

Рис.8.4. Описание на языке NDL

Учитывая, что переходы, как правило, присутствуют в карте "вместе" с инструментом, можно составить SML-описания элементарных ЭТП (табл.8.16).

ЭТП, приведенными в табл.8.16, можно пользоваться автономно, вызывая их макрокомандой редактора %v. В то же время, можно переписать фрагментированный полный ЭТП (табл.8.15) так, что будут использоваться э-ЭТП из табл.8.16.

Окончательный вид комплекса ЭТП приведен в табл.8.17. Примечание. ЭТП e9410, e9421 и e9431 приведены в табл.8.16.

#### 8.4. Заключение

Таким образом, мы рассмотрели следующие этапы создания экспертных ТП:

Таблица 8.14. Комплекс ЭТП "Плаяка" (3-е обогащение)

p01007 (результат 3-го обогащения)

обозначение	маршрут	комплект	планка
а	цех	опер	вид операции
× 01	изаг (p01007)	изготовление	планки;
× 02	×05	ia#N	число отверстий,
× 03		ia#ч	высота, ia#L длина, ia#D диаметр,
× 04		сацц	цех, ia#T толщина листа;
× 05	извз p01017	//N=#N, L=#L;	
× 06	извз p01027	//N=#N, L=#L, N=#N, D=#D, T=#T;	
× 07	иссли #N>1	кто	
× 08	извз p01037	//N=#N, D=#D, T=#T;	
× 09	#03, #05	= "a";	

01017

обозначение	заготовит	комплект	планка
× 01	изаг (p01017)	заготовительная	операция;
× 02	×06	I=#ч, I=#L;	
× 03	извз p01016	//N=#N, L=#L;	

01027

обозначение	фрезерная	комплект	планка
× 01	изаг (p01027)	фрезерная	операция;
02	×06	I=#ч	высота, ia#L длина, ia#D диаметр,
03		ia#N	число отверстий, сацц
04		ia#т	толщина листа, I.#рсс
05		I=#т1	норма времени, I=#Ф D фрез,
06		.Up;	
а 07	фц	фрезерная	
о 08	фрезеровать	в размеры	N=#N, L=#L
о 09	из(р)	[79864//L>#т, 70a, ирс_ирс, D_ДФ];	
10		[ирсс	время используется как ирс фрез]
× 11	Up=#tko(тFR);		
× 12	т1=#т(тFR01T, D=#ДФ, L=#з(2*(#N+#L)), ирс=#ирсс);		
р 13	н тв=#т1;		
× 14	иссли #N=1	кто	извз; извести ирсс;
о 15	сверлить	отверстие	ф#D
т 16	из(р)	[79865//D=#D, L>#т, ирс=#ирсс, 70a];	
× 17	Up=#tko(тSU);		
× 18	т1=#т(тSU01T, D=#D, L=#т, ирс=#ирсс);		
р 19	н тв=#т1;		
× 20		ком;	
× 21	изед S	a4, тв; изед цу	1, к, р;

p01037

обозначение	сверильная	комплект	планка
× 01	изаг (p01037)	сверильная	операция;
× 02	×06	ia#D	диаметр,
03		ia#N	число отверстий, сацц
04		ia#т	толщина листа, ia.#рс
05		I=#т1;	
× 06	извести	ирс;	
а 07	фц	сверильная	
о 08	сверлить	#N	отверстий ф#D
о 09	из(р)	[79865//D=#D, L>#т, ирс=#ирс, 70a];	
× 10	т1=#т(тSU1T, D=#D, L=#т, ирс=#ирс);		
р 11	н тв=#(#т1+#N);		
× 12	изед S	a4, тв; изед цу	1, к, р;



## 254 Глава 8. Методика разработки типовых и экспертных ТП

Таблица 8.15. Комплекс ЭТП "Планка"  
(4-е обогащение)

p01007 (результат 3-го обогащения)

обозначение	маршрут	комплект	планка
а	цех	опер	вид операции
% 01	%заг	(p01008)	изготовление планки;
% 02	%об	Ia=N	число отверстий,
03		Ia=N	высота, Ia=L
04		Ia=L	длина, Ia=D
05		Ia=D	диаметр,
06		Ia=D	толщина листа,
07		Ia=D	марка материала детали,
08		Ia=D	используемый параметр,
09		Ia=D	расчет массы заготовки ]
10		Ia=D	Uр=I*ko(pLt);
11		Ia=D	Uр=I*(aL-aN)*t*(Umat*ReSULT,марка=aNd)*aQ);
12		Ia=D	pLt - комплекс справочных таблиц ]
13		Ia=D	"Плотность" ]
14		Ia=D	об Ia.Ob обозначение изделия,
15		Ia=D	Ia.Ox обозначение комплекта;
16		Ia=D	w03=aon; w05=aok;
17		Ia=D	жвыз p01018//n=aN,L=aL;
18		Ia=D	жвыз p01028//n=aN,L=aL,N=aN,D=aD,t=aT;
19		Ia=D	жвыз p01038//N=aN,D=aD,t=aT;
20		Ia=D	жред ца номо 5,5; жред от; жред см;

p01018

обозначение	заготовит	комплект	планка
% 01	%заг	(p01018)	заготовительная операция;
% 02	%об	I=n, I=L;	
% 03	%выз	p01017//n=aN,L=aL;	

p01028

обозначение	фрезерная	комплект	планка
% 01	%заг	(p01028)	фрезерная операция;
% 02	%об	I=n, I=L, I=D, I=N, I=t;	
% 03	%выз	p01027//n=aN,L=aL,D=aD,N=aN,t=aT;	

p01038

обозначение	сверлильная	комплект	планка
% 01	%заг	(p01038)	сверлильная операция;
% 02	%об	I=N, I=D, I=t;	
% 03	%выз	p01037//N=aN,D=aD,t=aT;	

Этап 1. "Типизация" — создается комплекс ТТП.

Этап 2. "Параметризация" — создается первая очередь комплекса ЭТП как результат объявления SML-переменных, использования операторов ввода и простейших вычислительных функций.

Этап 3. "Адресация" — создается вторая очередь комплекса ЭТП как результат встройки в ЭТП первой очереди условий применения отдельных фрагментов.

```

У т 9411 00
в т 0 х:сверлить отверстие ф_____ ; 9411;
      сверлить отверстие фd;
      .+D диаметр сверления 00
в д 9411 0 9411-1:1; ; a_____ 00
У т 9412 00
в т 0 х:сверлить _____ отверстие ф_____ ; 9412;
      сверлить dN отверстие фd;
      .+N число отверстий;
      .+D диаметр сверления 00
в д 9412 0 9412-1:1; ; a_____ 00
У т 9421 00
в т 0 х:фрезеровать в размеры n=_____,L=_____ ;9421;
      фрезеровать в размеры n=dn,L=dL;
      .+n ширина; .+L длина 00
в д 9421 0 9421-1:1; ; a_____ ; a_____ 00
У т 9431 00
в т 0 х:отрезать заготовку в размеры n=_____,L=_____ ;9431
      отрезать заготовку в размеры n=dn,L=dL;
      .+n ширина; .+L длина 00
в д 9431 0 9431-1:1; ; a_____ ; a_____ 00

```

Рис.8.5. SDL-описание типовых переходов

Этап 4. “Обогащение” — создается третья очередь комплекса ЭТП как результат встройки в ЭТП второй очереди операторов и функций доступа к БДЗ и другим средствам SML.

Для ускорения внедрения ЭТП и обеспечения высокого качества их разработки рекомендуется руководствоваться следующими принципами:

*Модульность* — не следует создавать очень большие (перенасыщенные) ЭТП. Нужно стремиться разрабатывать именно комплексы ЭТП, состоящие из небольших функционально замкнутых модулей (процедур);

*Этапность* — комплекс ЭТП следует создавать поэтапно (этапы: типизация, параметризация, адресация, обогащение, документирование);

*Очередность* — каждый из этапов создания ЭТП должен заканчиваться внедрением (передачей в эксплуатацию) следующей очереди комплекса ЭТП;

*Доступность* — необходимо обеспечить альтернативные варианты доступа к ЭТП (простейший, каталоговый, пакетный, кодированный); пакетный и кодированный доступы должны быть диалогизированы, т.е. снабжены средствами диалоговых подсказок.

## 256 Глава 8. Методика разработки типовых и экспертных ТП

Таблица 8.16. Элементарные ЭТП

e9410

обозначение   сверление			комплект   переход	
a	цех	опер	вид операции	Tшт
o   содержание перехода				
x 01	заг (e9410) сверление отверстий;			
x 02	об Iа=N число отверстий,			
03	Iа=D диаметр,			
04	Iа=L длина,			
05	Iа.Mrc материал режущей части,			
06	I.T1 норма времени,			
07	I.Код код перехода;			
x 08	если $\Delta N=1$ %то код="x 79411//D=ΔD";			
x 09	иначе код="x 79412//D=ΔD,N=ΔN";			
o 10	n(Δкод,70a);			
t 11	n(p 79865//D=ΔD,L>ΔL,Mrc=Δmrc,70a);			
x 12	t1= tko(rSU);			
x 13	t1= t(rSU01T,D=ΔD,L=ΔL,Mrc=Δmrc);			
p 14	n тн= в(Δt1=ΔN);			
x 15	хред S a4,тн;  хред ну 1,к,р;			

e9421

обозначение   фрезерование			комплект   переход	
a	цех	опер	вид операции	Tшт
o   содержание перехода				
x 01	заг (e9421) фрезерование по контуру;			
x 02	об Iа=т толщина заготовки,			
03	Iа=н высота, Iа=L длина,			
04	I.Mrc мрц сверла,			
05	I=D диаметр, I.Uр временной параметр,			
06	I.T1 норма времени, I=D ф D фрезы;			
o 07	n(x 79421//n=Δn,L=ΔL,70a);			
t 08	n(p 79864//L>Δt,70a,Mrc=Mrc,D_Dф);			
x 09	Uр= tko(rFR);			
x 10	t1= t(rFR01T,D=ΔD,L= в(2*(Δn+ΔL)),Mrc=Δmrc);			
p 11	n тн=Δt1;			

e9431

обозначение   отрезка			комплект   переход	
a	цех	опер	вид операции	Tшт
o   содержание перехода				
x 01	заг (e9431) отрезка заготовки;			
02	об Iа=н высота, Iа=L длина,			
03	т норма времени;			
o 04	n(x 79431//n=Δn,L=ΔL,70a);			
x 05	зап (задайте норму времени на отрезку) т;			
p 06	n тн=Δt;			

Таблица 8.17. Комплекс ЭТП "Планка"  
(окончательный вид)  
p01009 (окончательный вид)

обозначение	маршрут	комплект	планка	
масса заготовки			лист	листов
a	цех	опер	вид операции	
o	содержание перехода			
× 01	Заг (p01009) изготовление планки;			
× 02	об Iа=N число отверстий,			
03	Iа=H высота, Iа=L длина, Iа=D диаметр,			
04	саяц цех, Iа=t толщина листа,			
05	Iа=H марка материала детали, I.Up вр пар,			
06	I=Q Iзн(0.000001);			
× 07	Up=Iтх(рLт);			
08	M0B=Iв(ΔL*Δn*Δt*т(Umat)ReSULT,марка=Δnd)=ΔQ);			
× 09	об Iа.Dn обозначение изделия,			
10	Iа.Iк обозначение комплекта;			
11	M03=Δon; M05=Δox;			
× 12	Iэмз p01019/n=Δn, L=ΔL;			
× 13	Iэмз p01029/n=Δn, L=ΔL, N=ΔN, D=ΔD, т=Δт;			
× 14	если ΔN>1 то			
× 15	Iэмз p01039/n=ΔN, D=ΔD, т=Δт;			
× 16	Iред S а4, т; Iред цу I.к.р;			
× 17	Iред номо S,5; Iред от; Iред сн;			

p01019

обозначение	заготовит	комплект	планка	
× 01	Заг (p01019) заготовительная операция;			
× 02	об Iа=H высота детали, Iа=L длина детали,			
03	саяц цех,			
04	I=Z припуск,			
05	I=H высота заготовки,			
06	I=Lз длина заготовки;			
× 07	Z=т(pRlр,а=Iмакс(Δn,ΔL));			
× 08	nз=Iв(Δn*Z*ΔZ); Lз=Iв(ΔL*Z*ΔZ);			
а 09	Δц заготовительная			
× 10	Iэмз с943L/n=Δnз, L=ΔLз;			

p01029

обозначение	фрезерная	комплект	планка	
× 01	Заг (p01029) фрезерная операция;			
× 02	об Iа=H высота, Iа=L длина, Iа=D диаметр,			
03	Iа=N число отверстий, саяц цех,			
04	Iа=t толщина листа, I.Mрс мрс сверла;			
а 05	Δц фрезерная			
× 06	Iвести мрс;			
× 07	Iэмз с942I/n=Δn, L=ΔL, т=Δт, мрс_мрс;			
× 08	если ΔN=1 то кто Iэмз Iвести мрс;			
× 09	Iэмз с9418/D=ΔD, L=Δт, N=1, мрс=Δмрс;			
× 10	Iкон;			

p01039

обозначение	сверлильная	комплект	планка	
× 01	Заг (p01039) сверлильная операция;			
× 02	об Iа=D диаметр,			
03	Iа=N число отверстий, саяц цех,			
04	Iа=t толщина листа;			
а 05	Δц сверлильная			
× 06	Iэмз с9418/D=ΔD, L=Δт, N=ΔN;			
07	[для автономного использования] ]			
× 08	Iред S а4, т; Iред цу I.к.р; Iред от; Iред сн;			
× 09	Iред номо S,5;			