

УДК. 658.512.4.07

**Фам Куок Хоанг**, к.т.н., Ханойский технический университет им. Ле Куи Дона

E-mail: [phqhoang@gmail.com](mailto:phqhoang@gmail.com)

## **Использование системы Project – TP для автоматизированного проектирования технологических процессов в условиях единичного и мелкосерийного производства**

*Рассмотрены вопросы автоматизации подготовки технологических процессов для условий единичного и мелкосерийного производства. Показаны преимущества системы PROJECT-TP для этих условий.*

**Ключевые слова:** автоматизация подготовки технологических процессов, единичное производство, мелкосерийное производство, проектирование технологических процессов.

**Pham Quoc Hoang**

## **Using System Project - TP-Aided Design Processes in Single and Small Batch Production**

*The problems of automation of technological processes for the preparation of single and small batch production. The advantages of the system PROJECT-TP for these conditions.*

**Keywords:** automation training process, a single production, small-scale production, design processes.

### **Проблема ускоренной разработки технологических процессов в условиях единичного и мелкосерийного производства.**

В течение последнего десятилетия системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) привлекают значительное внимание исследователей и практиков. Одной из причин этого является их роль в снижении доли затрачиваемого на подготовку технологических процессов времени и в повышении качества продукции.

В настоящее время среди российских САПР ТП, реализуемых на персональных ЭВМ, наиболее заметны системы АвтоПроект, Ветикаль (АО «АСКОН»), ТехноПро (группа «Вектор»), АДЕМ (CherryCAD), САПРами «ТЕМП» (Станкин), СПРУТ (МГТУ им. Н.Э. Баумана и Sprut Technology Inc), T-FLEX CAD (АО Top Systems),

TECHCARD (НПП «Интермех»), NATTA (ГЕТНЕТ Консалтинг), TechnologiCS (Consistent Software)...

Для любого САПР ТП, исходными данными для автоматизации проектирования ТП являются сведения об информационной модели детали. Основным источником информации о детали является ее чертеж, представленный в графическом или электронном виде (2Д или 3Д). Информационная модель должна включать общие сведения о детали, ее характеристики, перечень элементов конструкции (поверхностей), составляющих деталь и значений их параметров. Анализ различных методов автоматизированного проектирования технологических процессов для обработки изделий в машиностроении позволяет выделить среди них три главенствующих направления: проектирование на основе использования единичных технологических процессов; т.е. на идее аналога; проектирование на идее унифицированных (типовых, групповых) технологических процессов; проектирование на идее синтеза процесса. Проектирование на основе модульной технологии. Первые два метода используются в упомянутых выше системах.

Вообще любой САПР ТП возможно использовать для разных типов производства. Уровень удобства и автоматизации зависит не только от САПР ТПБ, но и от уровня унификации выпускаемой продукции и типа производства.

Единичное и мелкосерийное производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых, как правило, не предусмотрено. Изделия выпускают широкой номенклатуры в относительно малых количествах и часто индивидуально. Вследствие этого разработанные унифицированные технологические процессы и технологические процессы на детали-аналоги использовать в этом случае не эффективно. Новый процесс в САПР ТП в этих условиях по существу разрабатывается самым технологом с помощью базы данных и проектных и расчетных модулей. Уровень автоматизации в этом случае – низкий.

### **Комплексная система автоматизированного проектирования технологических процессов и управления производством и ресурсами PROJECT TP**

Комплексная система автоматизированного проектирования и управления производством и ресурсами PROJECT TP предназначена для разработки технологических процессов изготовления изделий машиностроительного и приборостроительного производства. Программа разработана на идее синтеза технологических маршрутов и операций. Типизация решений в данном случае выполняется, как правило, на уровне перехода. При этом выделяются промежуточные состояния для каждой детали и выбирают методы их достижения. Технологический маршрут обработки разрабатывается на основе анализа размерных связей

элементов детали и синтеза схем базирования. Операционная технология разрабатывается на основе анализа структурных размерных связей в заготовке и детали и синтеза структуры операции. Технологические процессы, спроектированные методом синтеза, приближаются по степени учета особенностей и охвату разнообразных типоразмеров деталей к единичным технологическим процессам.

Метод проектирования, заложенный в данную систему, представляет собой синтез технологического процесса, поэтому в состав исходных данных помимо технологических указаний включается полное описание всех элементов детали, которые заносятся в так называемую ведомость исходных данных (ВИД). Для этого используют специальный проблемно ориентированный язык. Методика синтеза технологического процесса из конструктивно-технологических элементов для гибких производственных комплексов более перспективна, так как базируется на сравнительно простом языке описания объектов - языке АСТП (автоматизированной системы технологического проектирования). Язык имеет конструктивно-технологическую семантическую основу и способен к развитию.

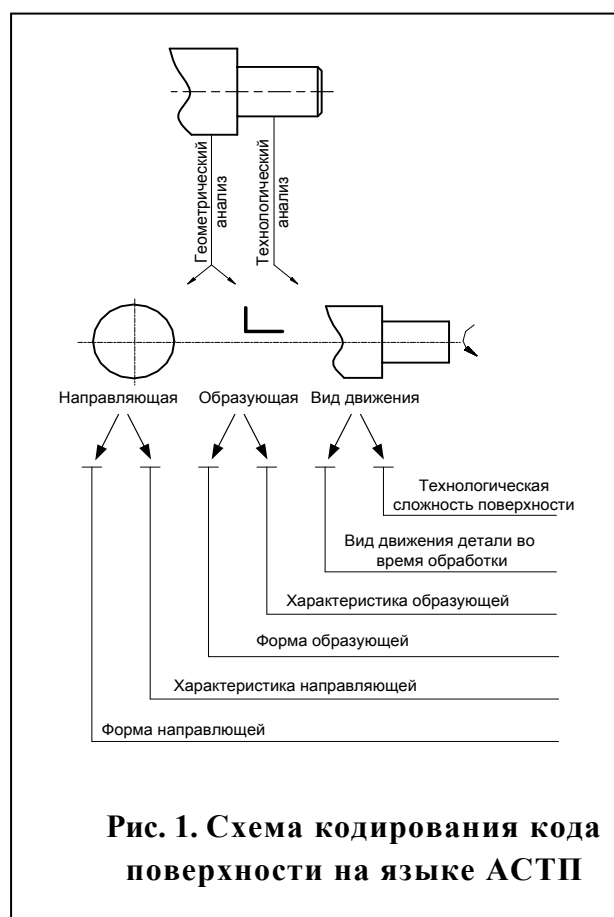
Слово в языке АСТП - предельная составляющая описания, способная непосредственно соотноситься с объектом мысли как обобщенным отражением определенного предмета во внешнем мире и отображать на последний.

В общем виде слово на языке АСТП описывается кодом:

$$P_j = \{X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}\} \quad (1)$$

где:  $P$  – код понятия, описывающие характеристику поверхности;  $J$  – номер поверхности (1, 2 ...);  $X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}$  – коды элементарных понятий (ЭП), описывающих отдельные элементы характеристики поверхности;  $n$  – номер позиции кода ( $n = 1, 2 \dots$ )

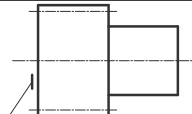
Число элементов характеристики поверхности определено в результате анализа поверхностей механообработки, а значения кодов ЭП назначены после анализа «веса» каждого ЭП при выработке технологического решения.



**Рис. 1. Схема кодирования кода поверхности на языке АСТП**

Позиция каждого элемента определяет функцию этого элемента, как это указано на рис.1. В развернутом виде возможные значения каждого элемента представлены на рис.2.

С помощью выражения (1) может быть описана любая поверхность детали, подвергаемая механообработке.



Геометрическая форма направляющей		Код
Прямая, ломаная (цилиндрическая не вращения)		1
Окружность (цилиндрическая, вращения)		2
Винтовая вращения, спиральная вращения		3

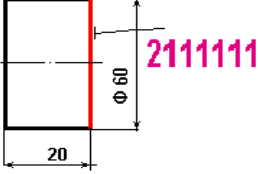
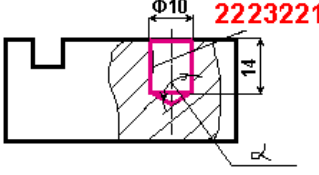
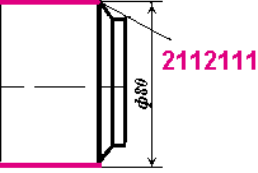
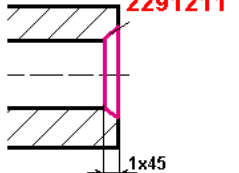
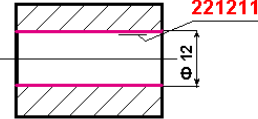
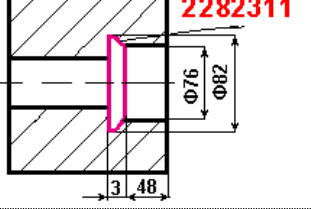
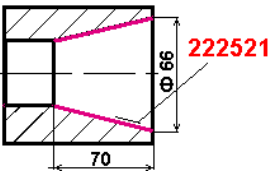
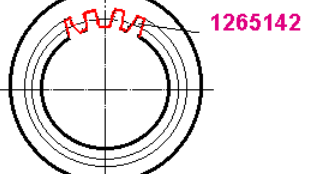
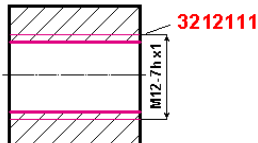
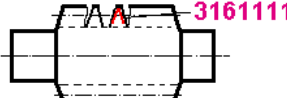
Характер направляющей		Код
Наружная (охватываемая)		1
Внутренняя (охватывающая)		2

Тип поверхности		Геометрическая форма и код образующей					
Основная	11	12	21	22	23		
			Резьба трезная цил., канавка	Резьба метрическая, канавка			
	24	25	26	34	35		
		Резьба коническая конич. поверхн.	Резьба трезная коническ.		Резьба эвольвентная паз, канавка		
	42	43	44	51	52		
				Степь	Фасонная поверхн.		
	61	62	64	65	66		
	Эвольвентный профиль	Профиль Новикова	Шлицы	Шлицы	Эвольвентные шлицы		
	Вспомогательная	71 Тип А	72 Тип В	81	82	83	
84		85	86	87	91		
					Фаска		
Доступность направляющей					Код		
Открытая (обработка на проход)					1		
Полуоткрытая (обработка в упор)					2		
Закрытая (обработка с врезанием)					3		
Регламентированное движение детали при обработке поверхности					Код		
Вращение вокруг оси поверхности					1		
Любое, кроме вращения вокруг оси и обкатки					2		
Обкатка					3		
Технологическая сложность поверхности					Код		
Простая					1		
Условно простая					2		
Абразивная					3		

Рис. 2. Элементы алфавита языка АСТП

## Примеры кодирования разных поверхностей

№	Код/ наименован ия	Эскизы объекта	№	Код/ наименован ия	Эскизы объекта
1	<b>2111111</b> Торец		6	<b>2223221</b> Отверстие ступенчатое Угол >90°	
2	<b>2112111</b> Наружный открытый цилиндр вращения		7	<b>2291211</b> Фаска внутренняя	
3	<b>2212113</b> Отверстие сквозное (шлифов. обработка)		8	<b>2282311</b> Канавка вспомогатель ная	
4	<b>2225211</b> Отверстие коническое (токарная обработка)		9	<b>1265142</b> Внутренние шлицы	
5	<b>3212111</b> Резьба метрическая внутренняя		10	<b>3161111</b> Нарезать червяк	

В рассматриваемой системе исходным объектом при проектировании служит не деталь и не отдельные поверхности, а специальные наборы поверхностей – комплекты либо заданные технологом, либо сформированные в соответствии с указанными технологическими базами.

На практике формообразование детали осуществляется путем получения ряда промежуточных поверхностей, которые постепенно приближаются и на финишных операциях достигают формы, размеров, уровня точности и технологических требований, заданных в чертеже. В ВИД содержатся только сведения о конструктивных связях поверхностей и отдельные технологические указания, позволяющие построить конструкторско-технологическую структуру детали. Как только технолог-

документалист заполнит ВИД, тогда он заканчивает свою работу, остальные этапы проектирования автоматически исполняются ЭВМ.

ЗАГОЛОВОК		СТРОКИ (поверхности) Сетка		СТРОКИ (поверхности) Лист		СПЕЦИФИКАЦИЯ			
Код изделия ЕСКД	Наименование детали (узла)			Масса	D (B)				
71312300	ПРИВОД ДАТЧИКА ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ РЕМНЕ			00008.4000	00000.				
Длина	Высота	Наименование и обозначение материала			Группа мат-ла	Код заготовки			
00123.0	00000.	10X18N10ТЛ ГОСТ 2176-77			02	0100			
Наименование и обозначение заготовки'				Код сортамента материала	D (B)	Длина	Высота		
Пример				000000081345900	0.0	00100.0	00000.		
Кол. дет	Норма расхода	Доп. размер	Пр-ма	КС1и2	ЦехУч'	Разраб	Квалитет Шерох RA	Расп.волок.	
0000	00000.0000	000000.	00000	00000	02600	11112	14	000.0	00
F1 Инструкция		F3 Подсказка		Дата в архиве 15062006			F10 Выход из ВИД		

Рис. 3. ЗАГОТОВОК ведомости исходных данных (ВИД)

ЗАГОЛОВОК		СТРОКИ (поверхности) Сетка		СТРОКИ (поверхности) Лист		СПЕЦИФИКАЦИЯ														
Мдет	8.400	D(B)z	0.0	Ld	123	Нд	0.0	Материал	10X18N10ТЛ ГОСТ 2176-77	Гр.м	2	Код.з	100	Код сорт	813459000					
Заг-ка	Пример		D(B)z	0.0	Lz	100.0	Hz	0.0	Дл р-г	0.0	Кд	0	Н.р	0.00000	Пр-ма	0	КС12	0	ЦУ	2600
Номер строки	5	5	5	41 Тех.треб.		0000	0													
25 Призн.стр	П		П	42 N пов.отс		000	0	57 Нхт п.отс		0	0							Вперед		
63 N компл-а	02		2	43 Коорд.р-р		00000.000	0.00000											Назад		
58 N переуст	01		1	44 Кр.р-р ВО		000.0000	0.0000											Первая		
59 Код базир	000		0	45 Кр.р-р НО		00.0000	0.0000											Последняя		
60 Сп.инст				52 Тверд HRC		00	0											F1 Инстр		
66 N связи	004		4	53 Тверд HBR		000	0											F3 Подск		
26 N совок	000	0	000	000	000	000	000	54		000	0							F4 Нов.стр		
27 Код совок	000	000	000	000	000	000	000	55		00.00	0.00							F5 Копир		
28 Кол.с	000	000	000	000	000	000	000	56 Коэф.увел		00.00	0.00							F7 Удалить		
30 Код комб.	000	000	000	000	000	000	000	57 Коэф.увел		00.00	0.00							F8 Нов доп стр		
31 Кол.к	000	000	000	000	000	000	000	58 Коэф.увел		00.00	0.00							F9 Сорт по ТП		
29 N комбин	000	000	000	000	000	000	000	59 Коэф.увел		00.00	0.00									
30 Код комб.	000	000	000	000	000	000	000	60 Коэф.увел		00.00	0.00									
31 Кол.к	000	000	000	000	000	000	000	61 Коэф.увел		00.00	0.00									
32 N поверхн	004		4	62 Коэф.увел		00.00	0.00	63 Коэф.увел		00.00	0.00							Связка с СП		
33 Код пов-и	000		0	64 Коэф.увел		00.00	0.00	65 Коэф.увел		00.00	0.00							F2 Калькулятор		
34 Кол.пов-й	0000		0	66 Коэф.увел		00.00	0.00	67 Коэф.увел		00.00	0.00							Спец.Оснастка		
35 Доп.свед.				68 Коэф.увел		00.00	0.00	69 Коэф.увел		00.00	0.00							F10 Выход из ВИД		
36 Р-р дл.св	0000.000		0.000	70 Коэф.увел		00.00	0.00	71 Коэф.увел		00.00	0.00									
36 Р-р дл.св	0000.000		0.000	72 Коэф.увел		00.00	0.00	73 Коэф.увел		00.00	0.00									
46 Основ.р-р	00012.000		12.00000	74 Коэф.увел		00.00	0.00	75 Коэф.увел		00.00	0.00									
47 Посадка	M-6g			76 Коэф.увел		00.00	0.00	77 Коэф.увел		00.00	0.00									
48 Квалитет	14		14	78 Коэф.увел		00.00	0.00	79 Коэф.увел		00.00	0.00									
49 Осн.р-рВО	00.0000		0.0000	80 Коэф.увел		00.00	0.00	81 Коэф.увел		00.00	0.00									
50 Осн.р-рНО	00.0000		0.0000	82 Коэф.увел		00.00	0.00	83 Коэф.увел		00.00	0.00									
51 Шерох. RA	000.00		0.00	84 Коэф.увел		00.00	0.00	85 Коэф.увел		00.00	0.00									

Рис. 4. Строки ВИД в ПРОЕКТ – ТР

Изначально в системе для каждой исходной поверхности детали в зависимости от указанной точности и шероховатости, а также группы материала по обрабатываемости, указанной в ЗАГОЛОВКЕ, автоматически образуются гипотетические промежуточные поверхности (ГПП), число

которых заведомо больше числа необходимых обрабатываемых поверхностей. Формируется уровень состояния ГПП, начиная от нуля-состояния (зародышевый – заготовительный уровень) до уровня финишного– окончательного. Всего число уровней – 10. Число реальных обрабатываемых поверхностей зависит от возможностей средств производства, способных в результате обработки достигнуть определенного уровня состояния, производственной обстановки, а также экономических факторов.

Следующий этап проектирования – выбор оборудования. Здесь для каждого уровня ГПП формируется характеристика так называемой обобщенной поверхности. Для этого в каждой зоне состояния выделяют диапазоны изменений ее характеристик по всем поверхностям, попавшим в данную зону. Обобщенные поверхности формируют следующим образом: для реквизитов, содержащих максимум какого-нибудь параметра, заносят большее из сравниваемых значений, для минимума – меньшее. Когда все строки данного комплекта обработаны, на каждую зону выбирают станок из массива технологических потенциалов металлорежущих станков(СМС-2). Выбор осуществляется сравнением сведений об обобщенных поверхностях, полученных после просмотра всех поверхностей одного комплекта, и соответствующих реквизитов из СМС-2. Таким образом, задача решается по всем промежуточным поверхностям детали. У каждого станка в линейном файле строк с описанием оборудования (СМС-2) среди прочих параметров указан достижимый уровень состояния обработки. Учитывая это обстоятельство и, следовательно, возможные пропуски некоторых ГПП, а также необходимость смены баз, определяют необходимые ГПП, а по ним, в итоге, формируют маршрут обработки детали.

Далее в цепочке следования программ срабатывает модуль выбора переходов. Реальное число промежуточных поверхностей, определяющих технологические переходы, находят в результате сжатия исходной гипотетической конструктивно-технологической структуры детали.

Выявляя на фазе подготовки линейного файла с описанием переходов (СМС-6) для каждой поверхности, какие уровни промежуточных состояний она должны пройти в процессе обработки (в наихудшем случае), чтобы достичь требуемой точности, получим перечень необходимых ГПП.

Следующий этап- выбор нормализованных приспособлений. В PROJECT – TP к каждой модели станка в массиве технологических потенциалов приспособлений(СМС-4) приписаны определенные приспособления. Там же заданы еще и условия применимости каждого приспособления в зависимости от схемы базирования, габаритов заготовки, веса и пр.

Следующие этапы – выбор режущего инструмента для каждого вида оборудования в зависимости от размера обработки и кода перехода из

файла применяемости режущего инструмента(СМС-7), также из файла применяемости вспомогательного инструмента(СМС-71).

Кроме указанных файлов- массивов, в системе используется дополнительная нормативно-справочная информация: применяемость измерительного инструмента в СМС-8, припуски на обработку в СМС-10, режимы резания (выбор скорости резания по стойкости инструмента и подачи по параметрам шероховатости) из СМС-73. Далее решаются аналогично вопросы низших этапов уточнения технологического процесса (выбор смазывающих и охлаждающих жидкостей из СМС-23, уточнения режимов резания применительно к выбранной модели станка из СМС-74, наконец, расчет основного и вспомогательного времени обработки на каждый переход и т.д.). Система PROJECT – TP формирует структуру всех операций технологического процесса в виде набора определенных единиц проектирования. Полная проработка технологического процесса проводится с участием всех проектирующих блоков системы.

Результаты работы системы оформляют в виде следующих документов: маршрутная карта технологического процесса, комплект операционных карт технологического процесса, ведомость технологического оснащения (для проектирования ТП сложных деталей), комплектовочные карты, нормировочные карты и пр.

### **Выводы**

1. Стандартные системы автоматизации проектирования технологических процессов не эффективны в условиях единичного и мелкосерийного производства.
2. Система PROJECT-TP в большей мере отвечает условиям единичного и мелкосерийного производства.

### **Список литературы**

1. **Аверченков В.И, Казаков Ю.М.** Автоматизация проектирования технологических процессов: учеб. пособие для вузов БГТУ.2004 – 228с.
2. **Автоматизированная** система конструкторско-проектной и производственно-технологической подготовки производства (АС КПП ТПП) PROJECT: Руководство инженера-документалиста. С. Петербург 1997.273с.  
Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов / Под общ. ред. С. И. Корчака.- М.: Машиностроение 1988.-352 с.
3. **Фам Куок Хоанг,** Совершенствование автоматизированной системы технологической подготовки машиностроительного производства судостроительной верфи, Диссертация к.т.н. Санкт-Петербург 2008- 207с.