

УДК 621.001.2(075)

Б.А. Метелёв

**РАЗВИТИЕ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ ОБ ЭЛЕМЕНТАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Основываясь на принципе поэтапной обработки деталей в машиностроении и учитывая нормативный подход к вопросам проектирования технологических процессов обработки деталей приводятся уточнённые понятия основных их элементов. Эти элементы рассматриваются в развитии с целью более полного учёта всех возможных условий их назначения, в число которых входят экономически целесообразные технологические возможности оборудования, основные положения, обусловленные этапностью обработки детали, и принцип максимальной концентрации элементов технологического процесса.

*Ключевые слова:* операция, установ, позиция, технологический переход, этапы обработки детали, технологическое оборудование.

Основными элементами технологического процесса являются операция, установ, позиция, технологический переход. Ещё в 30-е годы основоположниками технологии машиностроения [1] утверждалось, что операция состоит из установов, установы – из позиций, позиции – из технологических переходов. Выделение этих элементов являлось обязательным. Со временем в технологической документации для многих технологических процессов упоминание об установах и особенно о позициях исчезло. Получается, что операция состоит только из технологических переходов.

При нормативном проектировании технологических процессов формирование основных элементов процесса и указания их в технологической документации становятся просто необходимостью. Более того, возникает потребность в терминологическом уточнении понятий основных их разновидностей.

*Технологическая операция.* Под операцией следует понимать законченную часть технологического процесса, характеризуемую выполнением совокупности установов на одном рабочем месте [2, 3]. Признаком операции является неизменность применяемого оборудования. В зависимости от количества обрабатываемых деталей, количества выполняемых установов и последовательности выполнения установов можно выделить несколько разновидностей операции.

По количеству обрабатываемых деталей:

- операции для обработки одной детали;
- операции для обработки нескольких деталей.

Для операции второй разновидности следует применять несколько одноместных приспособлений или одно многоместное.

По количеству выполняемых установов выделяются операции с одним установом ( $N_{уст} = 1$ ) и с несколькими установами ( $N_{уст} > 1$ ).

Существуют несколько видов станков, у которых конструктивно заложено  $N_{уст} = 1$  - это токарно-револьверные станки, многолезцовые токарные копировальные станки.

По последовательности выполнения установов ( для  $N_{уст} > 1$  ) различают операции с:

- последовательным выполнением;
- параллельным выполнением;
- параллельно - последовательным выполнением.

Количество установов в операции и последовательность их выполнения предопределяются выбранным оборудованием и оснасткой.

*Установ.* Под установом следует понимать часть операции, характеризуемую выполнением совокупности технологических позиций ( или переходов ) при обработке одной детали и постоянной схеме установки [3].

Можно выделить несколько разновидностей установа: по методу достижения точности, по последовательности выполнения позиций в установе, по количеству позиций в установе.

По методу достижения точности обработки различают:

- установ, реализующий индивидуальный метод достижения точности;
- установ, реализующий автоматический метод достижения точности.

Первая разновидность характерна при обработке детали в единичном производстве на ненастроенном оборудовании, установ состоит из переходов.

Вторая разновидность имеет место в серийном и массовом производствах. Обработка деталей производится на настроенном оборудовании. Установ состоит из позиций и характеризуется установкой детали в специальное, специализированное или универсальное приспособление с настройкой режущего инструмента для обработки партии деталей.

По количеству позиций в установе можно выделить однопозиционные ( $N_{\text{поз}} = 1$ ), многопозиционные ( $N_{\text{поз}} > 1$ ) и установы, не имеющие позиций ( $N_{\text{поз}} = 0$ ). Последние характерны для установов единичного производства при обработке деталей на универсальных станках.

Количество позиций предопределяется технологическими возможностями выбираемого оборудования.

По последовательности выполнения позиций установы различают с параллельным и последовательным выполнением позиций. Последовательность выполнения позиций предопределяется технологическими возможностями выбираемого оборудования.

Признаком смены установа является изменение схемы установки детали.

*Позиция.* Следует различать конструктивную позицию и технологическую позицию [3].

Конструктивная позиция предопределяется конструкцией станка. Это многошпиндельные токарные станки, где каждый шпиндель соответствует конструктивной позиции. Это многопозиционные агрегатные станки. Количество конструктивных позиций на станке используется как ограничение при проектировании технологического процесса.

Технологическая позиция – это элемент технологического процесса и он является расчётным. Что же будем понимать под технологической позицией?

Под технологической позицией будем понимать часть установа, характеризуемую выполнением совокупности технологических переходов одного вида обработки ( одной точности ) на настроенном станке.

Основным признаком технологической позиции является неизменность наладки инструментов.

Можно выделить несколько разновидностей позиций: по структуре, по последовательности выполнения технологических переходов, по виду обработки.

По структуре выделяются две разновидности позиции, при которых обеспечивается:

- а) для первой разновидности - постоянство применяемого комплекта инструментов;
- б) для второй разновидности – неизменность положения обрабатываемой детали.

Первая структура характерна для токарно–револьверных станков и токарных универсальных станков, работающих с элементарной настройкой инструментов (например, по упорам, по лимбу и т.д.) Признаком смены позиции в этом случае является смена комплекта инструментов (поворот револьверной головки). Вторая структура характерна для токарных многошпиндельных автоматов и полуавтоматов, агрегатных станков с поворотным столом. Признаком смены позиции является перемещение детали в другое положение. Для станков типа «обрабатывающий центр» (ОЦ) с горизонтальным шпинделем и поворотным столом характерны обе структуры позиции.

При первой структуре позиции поворот детали означает смену технологического перехода, а смена инструмента – изменение позиции. При второй структуре позиции смена инструмента соответствует изменению технологического перехода, а поворот детали – смене позиции. Время выполнения технологических переходов, составляющих содержание позиции первой структуры, меньше, поэтому при проектировании технологического установа вначале рассматривается возможность формирования позиции первой структуры, а потом второй.

По последовательности выполнения технологических переходов в позиции можно выделить позиции с последовательным и параллельным их выполнением. В большинстве случаев последовательность выполнения переходов predetermined технологическими возможностями выбираемого оборудования. По виду обработки следует различать позиции:

черновой обработки ( $IT_{12...13}$ ), получистовой обработки ( $IT_{11}$ ), чистовой обработки ( $IT_{10...9}$ ), повышенной точности ( $IT_{8...7}$ ), высокой точности ( $IT_6$ ), особо высокой точности ( $IT_5$ ) и отделочной обработки ( $Ra < Ra_H$ ). Технологические переходы по обработке основных поверхностей детали в каждой отдельной позиции выполняются с одинаковыми точностью и качеством.

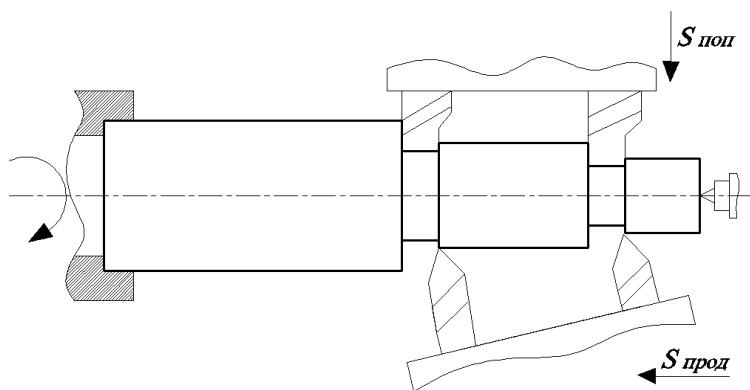
*Технологический переход.* Технологические переходы можно представить как элементарные и совокупные.

Под элементарным переходом (ЭП) понимается обработка одним простым инструментом одной поверхности при постоянном режиме резания. Изменение хотя бы одного из указанных условий обработки означает смену одного элементарного перехода на другой.

Под совокупным технологическим переходом ( $\Sigma$ ЭП) понимается законченная часть позиции (или установка), характеризующаяся выполнением нескольких элементарных технологических переходов в автоматическом режиме. Совокупный технологический переход реализуется в виде нескольких разновидностей: инструментального перехода (ИП), блочного перехода (БП), комбинированного перехода (КП) и совмещенного перехода (СП).

Инструментальный переход – это законченная часть позиции по обработке одним инструментом последовательно нескольких поверхностей детали с конкретными режимами резания в автоматическом режиме. Этот переход характерен при обработке на станках с ЧПУ, станках типа «обрабатывающий центр», при копировальной обработке по копиру.

Блочный переход – это законченная часть позиции по одновременной (параллельной) обработке нескольких поверхностей детали несколькими инструментами, закрепленными в одном инструментальном блоке (в суппорте, головке и т.п.) с конкретными режимами резания в автоматическом режиме. На рис. 1 представлена схема обработки детали в некоторой позиции на токарном многолезцовом полуавтомате.



**Рис. 1. Обработка детали на токарном многолезцовом полуавтомате**

На указанном полуавтомате в позиции реализуются два блочных перехода: один, работающий с продольной подачей и содержащий два инструмента, и второй, работающий с

поперечной подачей и содержащий также два инструмента. Блочный переход характерен для всех автоматов и полуавтоматов, исключая станки с ЧПУ и ОЦ.

Комбинированный переход – это часть позиции, выполняемая комбинированным инструментом. Комбинированный переход реализуется в виде двух разновидностей: комбинированного инструментального перехода (КИП) и комбинированного блочного перехода (КБП). Комбинированный инструментальный – это переход, когда одним комбинированным инструментом обрабатывается одна поверхность последовательно. Примером может быть обработка отверстия инструментом – «сверло-зенкер». Комбинированный блочный – это переход, когда одним комбинированным инструментом обрабатываются несколько цилиндрических поверхностей параллельно. Примером может быть обработка двух смежных отверстий инструментом – «зенкер-зенкер». Комбинированные переходы являются характерными при обработке деталей на токарно-револьверных станках, токарных многошпиндельных горизонтальных, расточных автоматах и полуавтоматах, агрегатных станках.

Совмещённый переход – это часть позиции (или установка), выполняемая одним инструментом по обработке двух смежных поверхностей. Например, обработка канавочным резцом с углом в плане  $\varphi_1 = 90^\circ$  наружной цилиндрической поверхности и смежного с ней торца. В дальнейшем совокупный технологический переход ( $\Sigma$ ЭП) будем называть просто технологическим переходом.

Указанные разновидности основных технологических переходов позволяют более определённо либо выбрать вид режущего инструмента, либо сформулировать исходную информацию для разработки инструментальной наладки или инструментального кодера, либо для разработки управляющей программы.

Формообразование поверхности связано с понятием метода обработки. В настоящее время в учебной литературе и в справочниках метод обработки именуется и как способ обработки, и как вид обработки. Тенденция формализации технологического проектирования требует от каждого термина вполне определённого смысла.

*Под методом обработки* понимают процесс обработки, осуществляемый определённым видом обрабатывающего инструмента при обработке определённого вида поверхности с целью получения необходимой точности и качества этой поверхности. В зависимости от вида обрабатываемой поверхности и применяемого оборудования можно выделить некоторые разновидности методов обработки. По виду обрабатываемой поверхности различают наружное, внутреннее и плоское шлифование, свободное и координатное протягивание и т.д. По применяемому оборудованию можно выделить три разновидности методов: основные, вспомогательные и дополнительные. Признаками этих разновидностей являются:

- а) идентичность названия метода обработки и основного предназначения применяемого оборудования;
- б) возможность выполнения технологического перехода с использованием механической подачи без применения специальных устройств.

В табл. 1 приведены разновидности методов обработки по признаку применяемого оборудования.

Таблица 1

Разновидности методов обработки поверхностей деталей по применяемому оборудованию

Разновидности методов обработки	Признаки		Оборудование			
	первый	второй	УТС	УТВС	УФС	ТРС
Основные	+	+	Т	Т, НР	Фр	Т, С, Рс, З, Р З, НР
Вспомогательные	-	+	Рс, НР	Рс	С, З, Рз	-

Дополнительные	-	-	С,З,Рз	С,З,Рз	Фр <sub>фас</sub>	-
----------------	---	---	--------	--------	-------------------	---

Принятые обозначения в табл. 1:

- УТС – универсальный токарный станок;
- УТВС – универсальный токарный винторезный станок;
- УФС – универсальный фрезерный станок;
- ТРС – токарно-револьверный станок;
- Т – точение;
- НР – нарезание резьбы;
- Рс – растачивание;
- З – зенкерование;
- Фр – фрезерование;
- Фр<sub>фас</sub> – фасонное фрезерование.

Используя понятие о выделении основной разновидности методов обработки, можно сформулировать положение о правильности выбора оборудования: совпадение назначенных методов обработки основных поверхностей детали и основных методов обработки, характерных для выбираемого технологического оборудования, является главным условием рационального его назначения.

Вспомогательные и дополнительные методы обработки на выбранном оборудовании могут быть использованы, если они составляют меньшую долю обработки по сравнению с основными.

*Способ обработки* представляется как конкретная реализация метода обработки. Способом обработки будем называть метод обработки, характеризующейся применением определённого типа обрабатывающего инструмента при обработке определённого типа деталей. В качестве примера можно привести: фрезерование торцевыми фрезами, фрезерование концевыми фрезами, точение проходными резцами, точение подрезными резцами.

*Вид обработки.* Как показывает технологическая практика, достижение высоких качественных и точностных характеристик обрабатываемых поверхностей происходит за несколько стадий обработки. Под стадией обработки поверхности обычно понимают обработку на конкретном оборудовании конкретным обрабатывающим инструментом при определённых условиях (режимах) обработки. Так отверстие по 12-му качеству обеспечивается за одну стадию – сверление, отверстие по 9-му качеству – за три стадии: сверление, зенкерование и развёртывание; наружная цилиндрическая поверхность по 9-му качеству – за три стадии: точение, точение и точение (табл. 2).

Стадию обработки поверхности, осуществляемую конкретным способом (методом) и характеризующую определённой точностью и качеством обрабатываемой поверхности, будем называть видом обработки (табл. 2).

Таблица 2

Стадии и виды обработки поверхностей детали

Обрабатываемые поверхности	Стадии обработки			Виды обработки		
	1	2	3	1 вид	2 вид	3 вид
ВЦП Ø20Н12, Ra6.3	сверление			Сверление Н12, Ra <sub>Н</sub> 6.3		
ВЦП Ø16Н9, Ra1.6	сверление	зенкерование	развёртывание	Сверление Н12, Ra <sub>Н</sub> 6.3	Зенкерование Н11, Ra <sub>Н</sub> 3.2	Развёртывание Н9, Ra <sub>Н</sub> 1.6

НЦП $\varnothing 18h9$ , $Ra 1.6$	точение	точение	точение	точение $h12, Ra_H 6.3$	точение $h11, Ra_H 3.2$	точение $h9, Ra_H 1.6$
--------------------------------------	---------	---------	---------	----------------------------	----------------------------	---------------------------

Учитывая, что стадия обработки детали, характеризуемая определённой точностью и качеством обрабатываемых поверхностей, представляет собой этап обработки, то виды обработки поверхности можно называть в соответствии с названиями этапов: черновой, получистовой, чистовой, повышенной, высокой и особо высокой точности, а также отделочный [4,5].

Если в приведённой табл.2 обрабатываемые поверхности отнести к одной детали, то она будет обрабатываться за три этапа: черновой, получистовой и чистовой.

Вид обработки поверхности в соответствии с точностной и качественной информацией по чертежу детали характеризует последний технологический переход типового плана обработки этой поверхности.

*Схема обработки* представляет собой наглядное изображение способа обработки с указанием приспособления и обрабатывающего инструмента в полуконструктивном виде. Используется на ранних стадиях изучения технологического оборудования, рабочих приспособлений и режущего инструмента.

*Структура операции.* Под структурой операции понимается количественное содержание в ней отдельных технологических элементов: установов, позиций и переходов. При этом отмечаются виды технологических элементов, последовательность их выполнения, точностная и качественная характеристика отдельных элементов.

Рассмотрим структуру операций в различных типах производства.

Для единичного производства характерно:

- а) в одной операции может быть несколько установов;
- б) позиции в установе отсутствуют;
- в) установы состоят из переходов;
- г) переходы могут быть только ЭП и СП;
- д) выполнение установов в операции и переходов в установе последовательное.

Для массового (крупносерийного) производства:

- а) в одной операции формируется один установ;
- б) в одном установе может быть одна или несколько позиций, выполняемых параллельно;
- в) переходы в позиции могут быть любыми: ЭП, БП, ИП, КП, СП, выполняемые параллельно. Наибольшее предпочтение должно отдаваться БП, ИП и КП.

Для серийного производства:

- а) в одной операции могут быть несколько установов, выполняемых последовательно;
- б) в одном установе могут быть несколько позиций, выполняемых последовательно;
- в) в одной позиции могут быть несколько переходов с последовательным или параллельным их выполнением.

Структура операций позволяет облегчить процесс формализации технологического процесса по временному фактору.

Таким образом, анализ основных понятий об элементах технологического процесса и их развитие обуславливает:

- а) рациональный выбор технологического оборудования;
- б) разумное назначение инструментального обеспечения;
- в) выбор окончательного метода и вида обработки рассматриваемой поверхности детали;
- г) формирование плана обработки отдельной поверхности детали;
- д) установление этапов обработки детали в целом;
- е) подход к формализованному проектированию технологического процесса.

**Библиографический список**

1. **Соколовский, А.П.** Основы технологии машиностроения. – Л-М.: НМК СССР Гос. научно-техн. изд-во машиностр. литературы, 1938. Т. 1. – 680 с.
2. Технология машиностроения: Т. 1. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский и др.; под ред. А.М. Дальского. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана; 2001. – 564 с.
3. **Метелёв, Б.А.** Основные положения по формированию обработки на металлорежущем станке: Учеб. пособие/ НГТУ. Нижний Новгород, 1998. – 110 с.
4. **Метелёв, Б.А.** Этапность обработки деталей в машиностроении // Технологические процессы и оборудование машино- и приборостроения: сб. научных трудов; НГТУ Н.Новгород, 1995. С. 79–84.
5. **Метелёв, Б.А.** Планы обработки поверхностей деталей машин // Технологические процессы и оборудование машино- и приборостроения: сб. научных трудов; НГТУ Н.Новгород, 1995. С. 62–66.

*Дата поступления  
в редакцию 11.12.2014*

**В. А. Metelyov**

**DEVELOPMENT OF THE BASIC NOTIONS OF THE ELEMENTS  
OF THE TECHNOLOGICAL MACHINING PROCESS**

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R. E. Alexeev

Proceeding from the principle of stage-by-stage machining of parts in mechanical engineering, and considering the normative approach to the matters of designing of technological processes of spare parts machining, the refined notions and terms related to the basic elements of the latter are presented. These elements are being studied in their state of development to enable a more complete regard upon all possible conditions of their appointment, including economically reasonable technological capabilities of the equipment, basic provisions determined by the stage-by-stage approach to machining of a part and the principle of the maximum concentration of the elements of a technological process.

*Key words:* operation, setup, position, machining (operating) step, stages of a part machining, technological equipment.