

**Продолжение презентаций  
лекций по дисциплине  
«Основы ТМ»**

# Структура технологических операций

**Производительность** технологических операций в значительной степени **зависит от их структуры**, которая определяется **количеством заготовок**, одновременно устанавливаемых в приспособление, **количеством инструментов**, используемых при выполнении операции и **последовательностью работы инструментов** при выполнении операции.

# Структура технологических операций

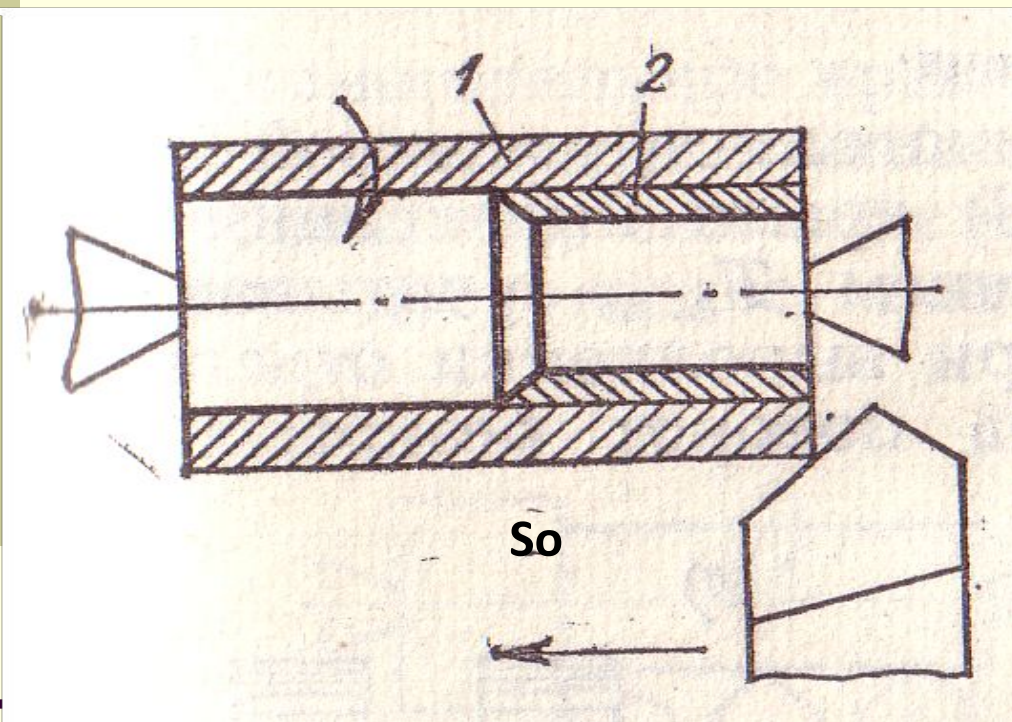
В зависимости от этого возможно организовать следующие основные структуры технологических операций:

1. Одноместная последовательная обработка одним или несколькими инструментами
2. Одноместная параллельная обработка
3. Одноместная параллельно-последовательная обработка

# Структура технологических операции

4. Многоместная последовательная обработка с одновременной и отдельной установкой заготовок
5. Многоместная параллельная многоинструментальная обработка
6. Многоместная параллельно-последовательная обработка с отдельной и непрерывной обработкой и др.

# Одноместная последовательная обработка

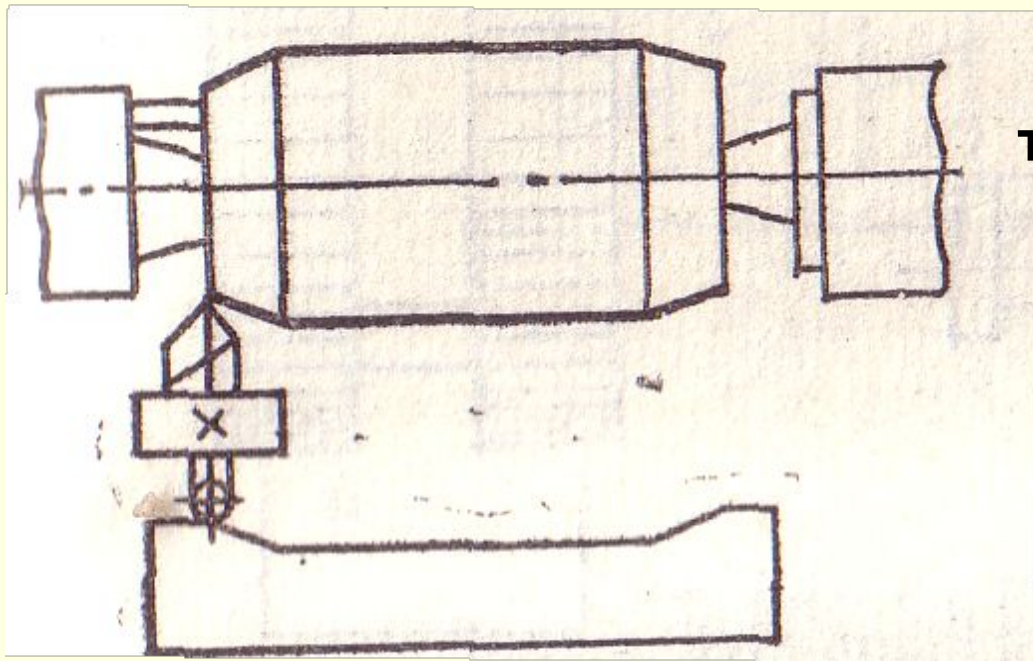


Одноместная последовательная обработка не позволяет совместить время обработки отдельных поверхностей

$$T_o = T_1 + T_2 + \dots T_i$$

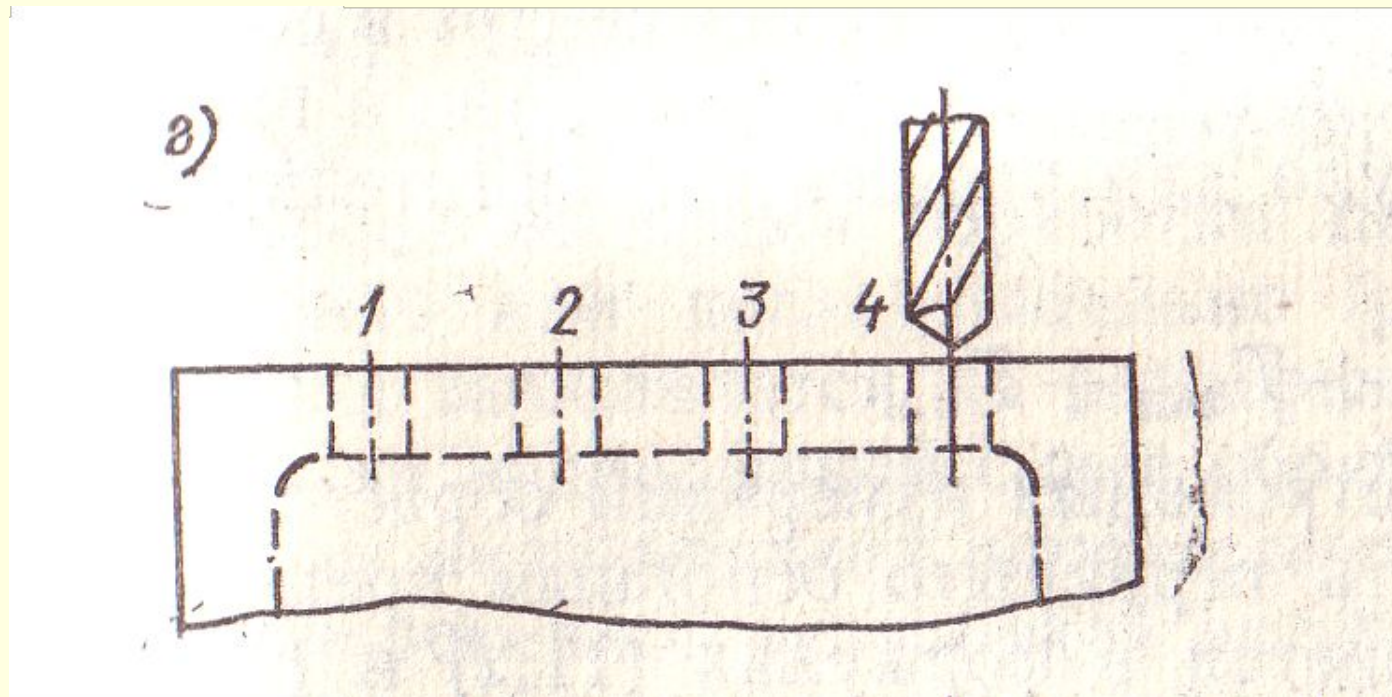
$$T_{всп} = T_{ус} + T_{уп} + T_{инд} + T_{кон} \dots$$

# Одноместная последовательная обработка



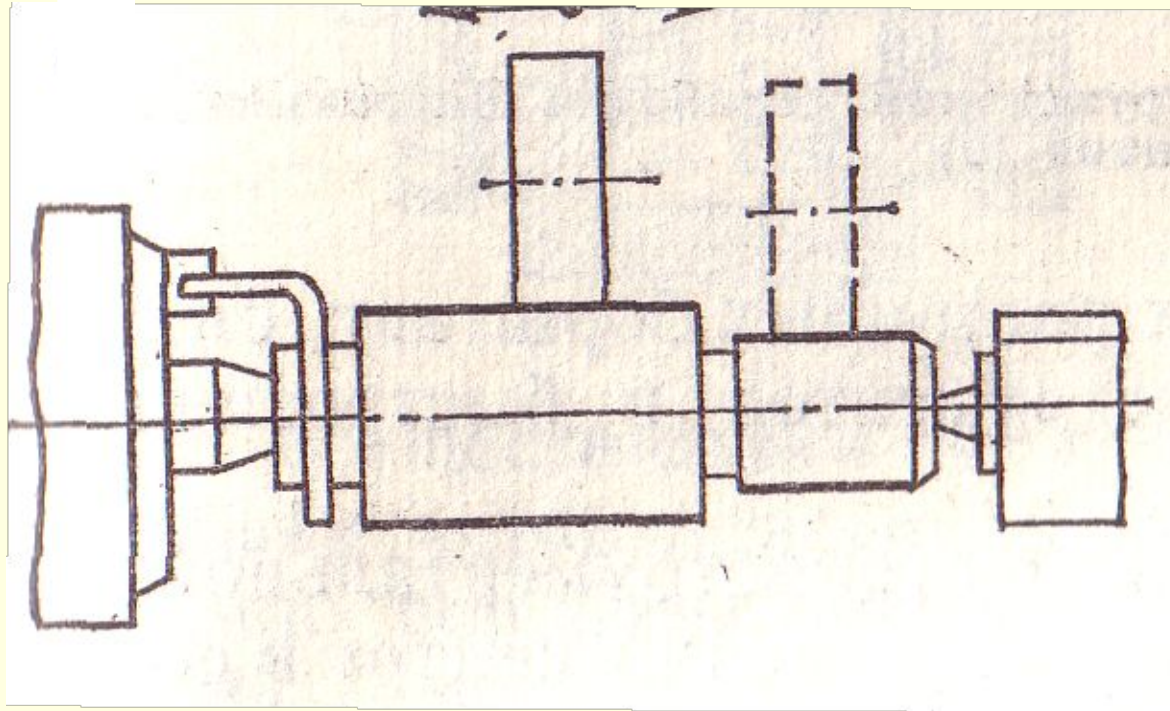
**Обработка заготовки на  
токарно-копировальном  
станке**

# Одноместная последовательная обработка



**Последовательная обработка отверстий на сверлильном станке**

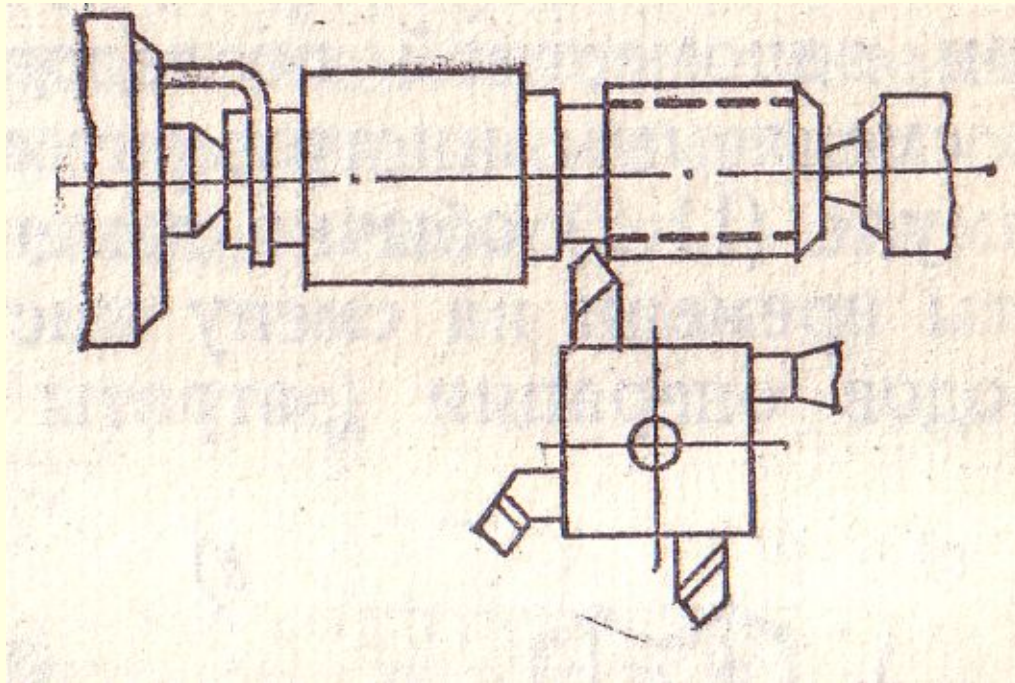
# Одноместная последовательная обработка



**Последовательная обработка двух цилиндрических поверхностей на круглошлифовальном станке**

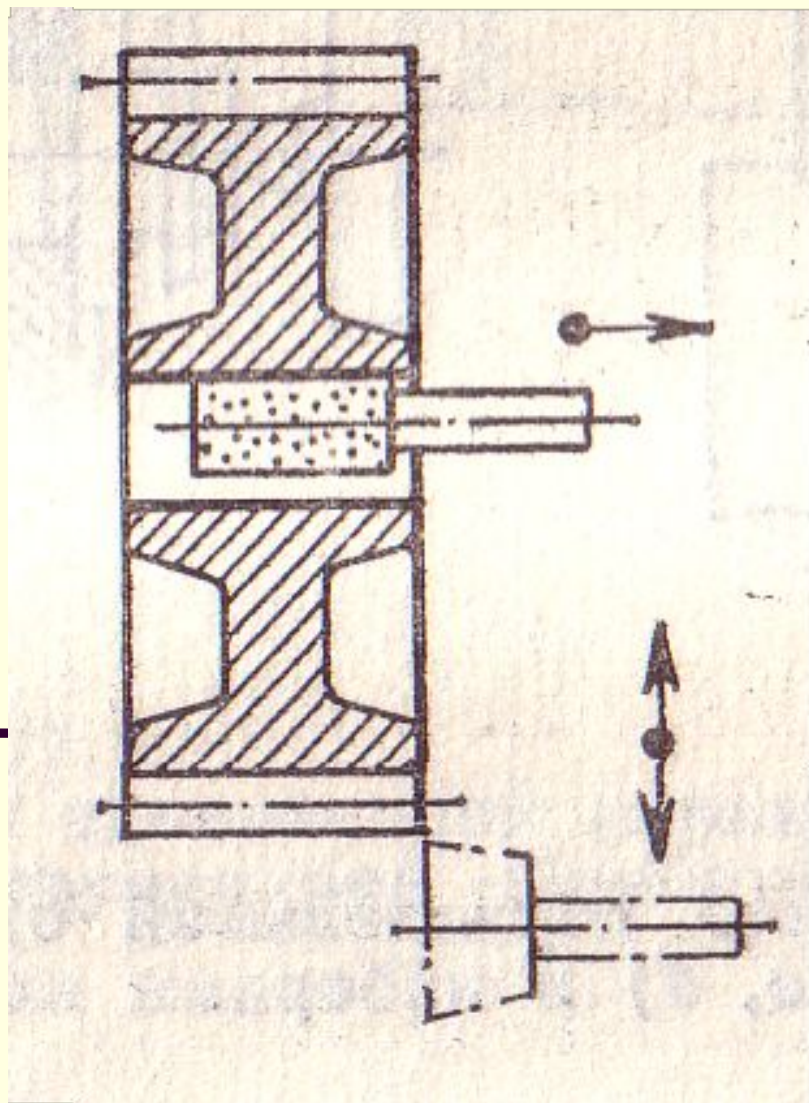


# Одноместная последовательная обработка несколькими инструментами



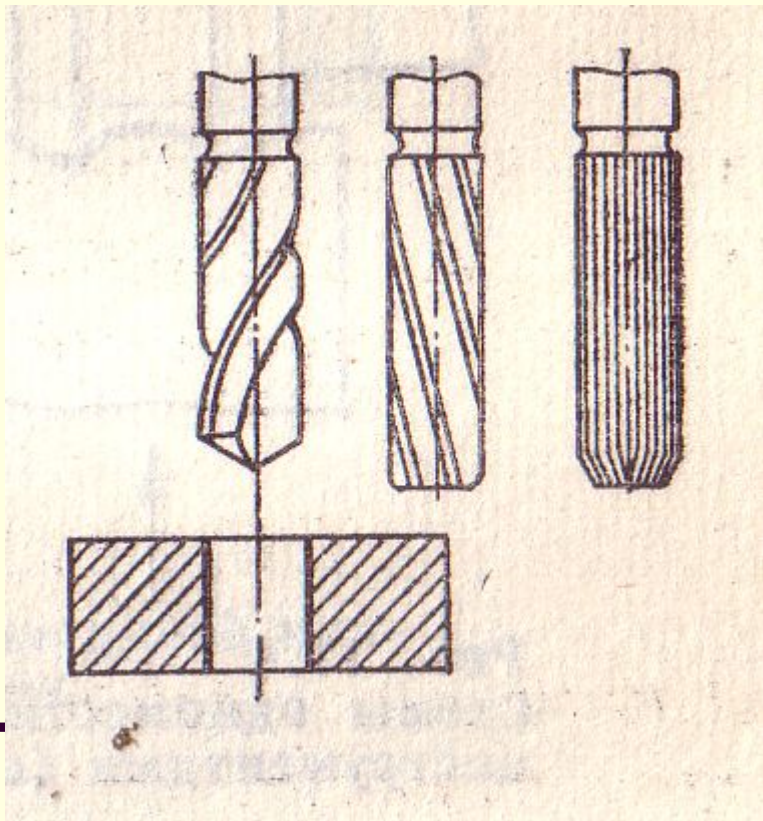
**Основное время определяется также как и при одноинструментальной обработке**

# Одноместная последовательная обработка несколькими инструментами



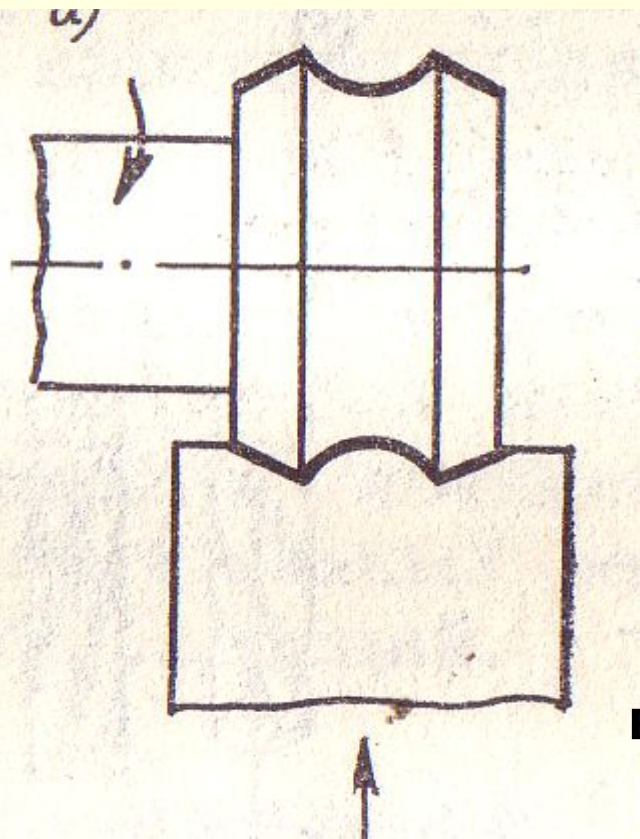
**Последовательная  
обработка отверстия и торца  
последовательно двумя  
инструментами**

# Одноместная последовательная обработка несколькими инструментами



**Обработка отверстия  
последовательно несколькими  
инструментами (сверло, зенкер,  
развертка)**

# Одноместная параллельная обработка

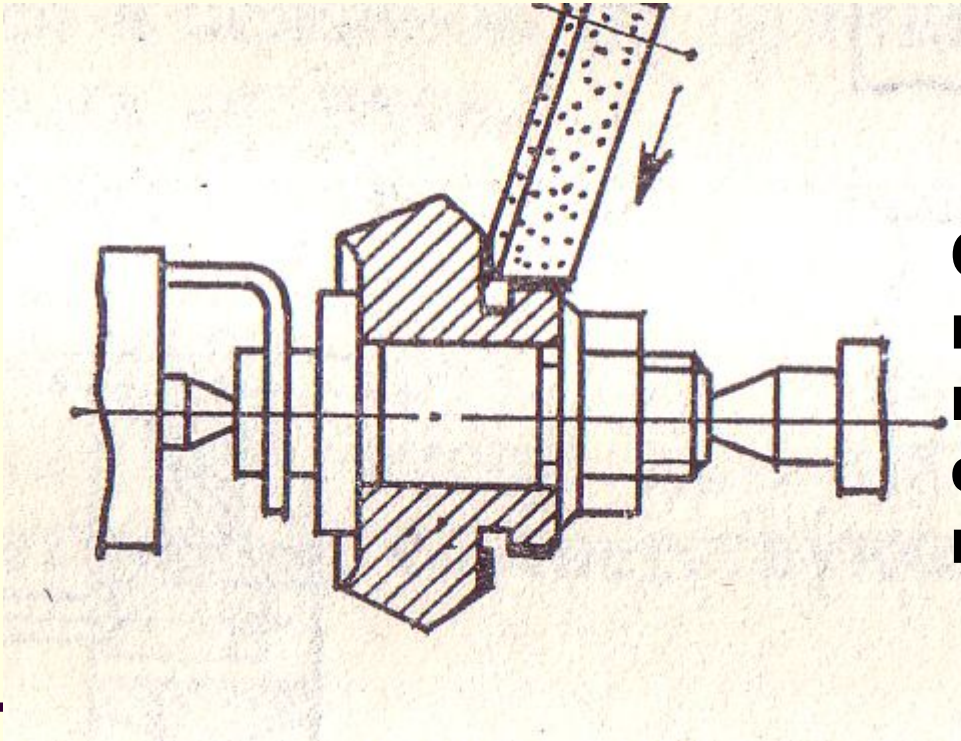


Одноинструментальная обработка  
фасонным инструментом

Основное время выполнения  
отдельных переходов  $T_{oi}$  совмещается и  
общая продолжительность основного  
времени  $T_o$  определяется длительностью  
лимитирующего перехода.

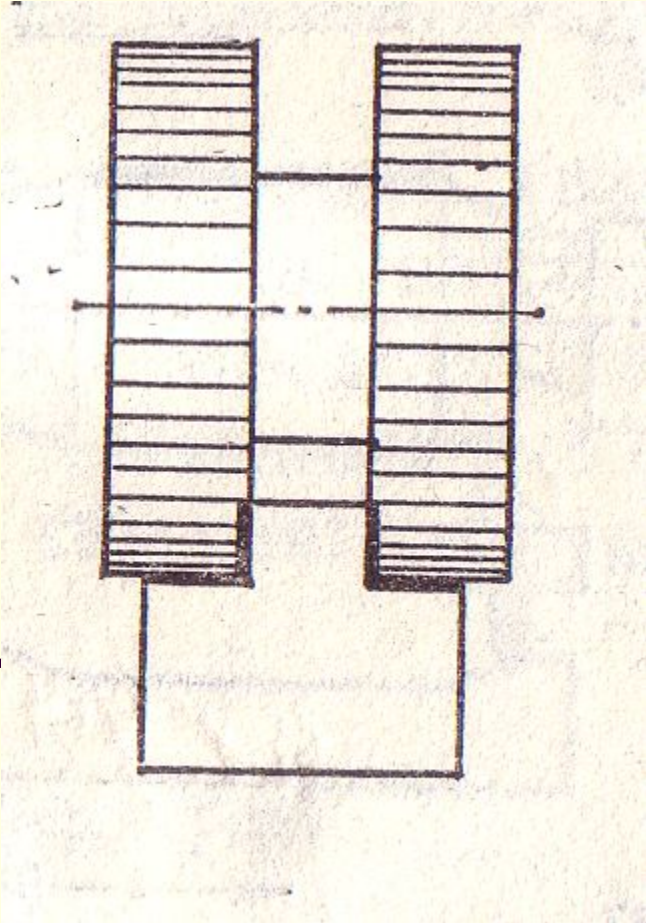
$$T_o = T_{oi}$$

# Одноместная параллельная обработка



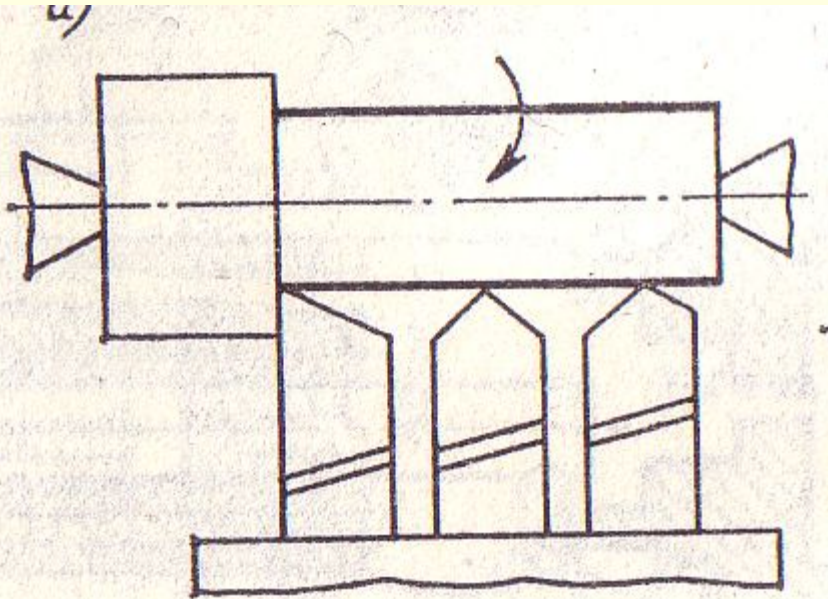
**Схема обработки двух поверхностей заготовки на круглошлифовальном станке с помощью профилированного круга**

# Одноместная параллельная обработка



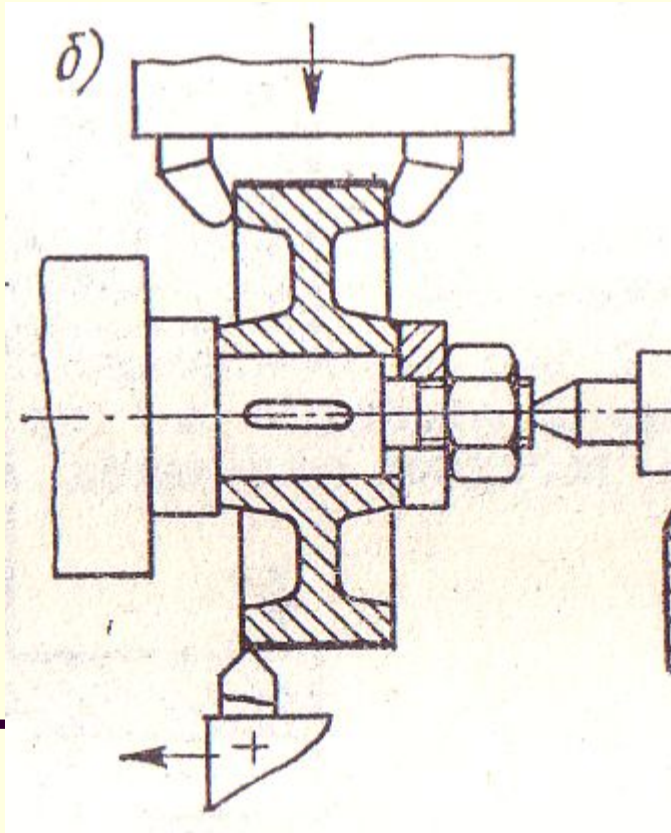
**Схема обработки нескольких поверхностей набором инструментов**

# Одноместная параллельная многоинструментальная обработка



**Основное время  
выполнения операции  
равно времени выполнения  
лимитирующего перехода**

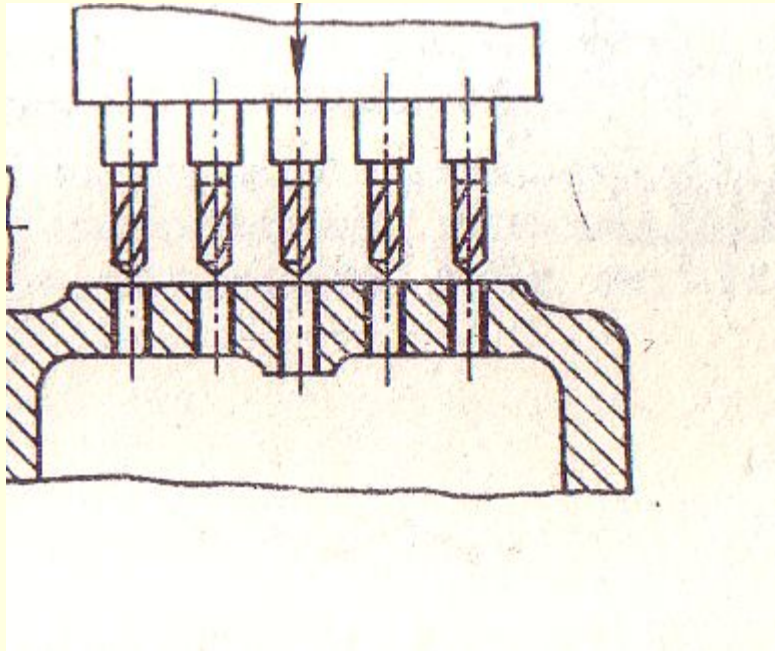
# Одноместная параллельная многоинструментальная обработка



**Схема обработки заготовки  
зубчатого колеса на токарном  
многорезцовом станке  
продольным и поперечным  
суппортами**

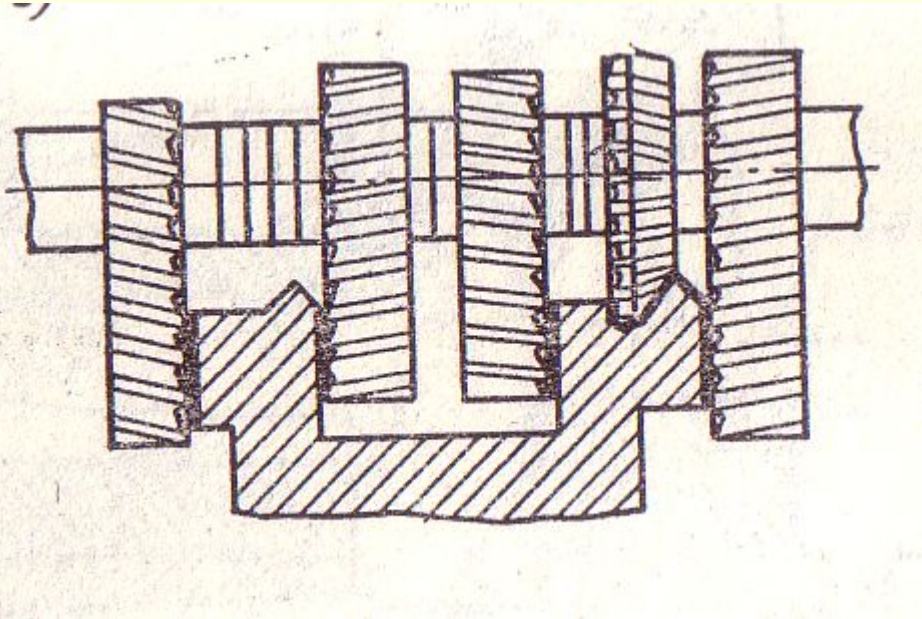


# Одноместная параллельная многоинструментальная обработка



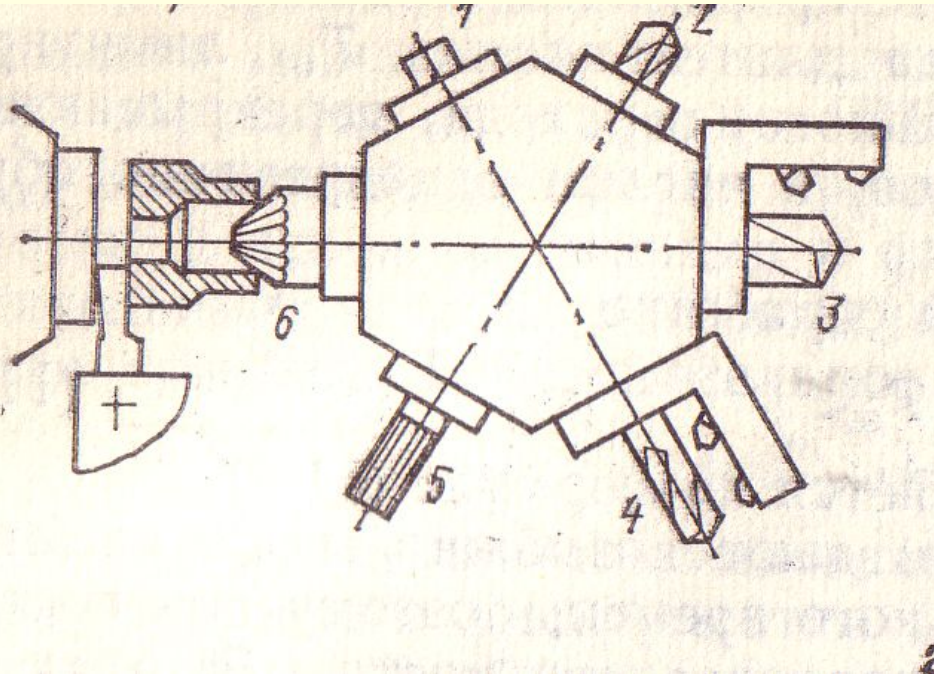
**Схема обработки с  
использованием  
многошпиндельной  
сверлильной головки**

# Одноместная параллельная многоинструментальная обработка



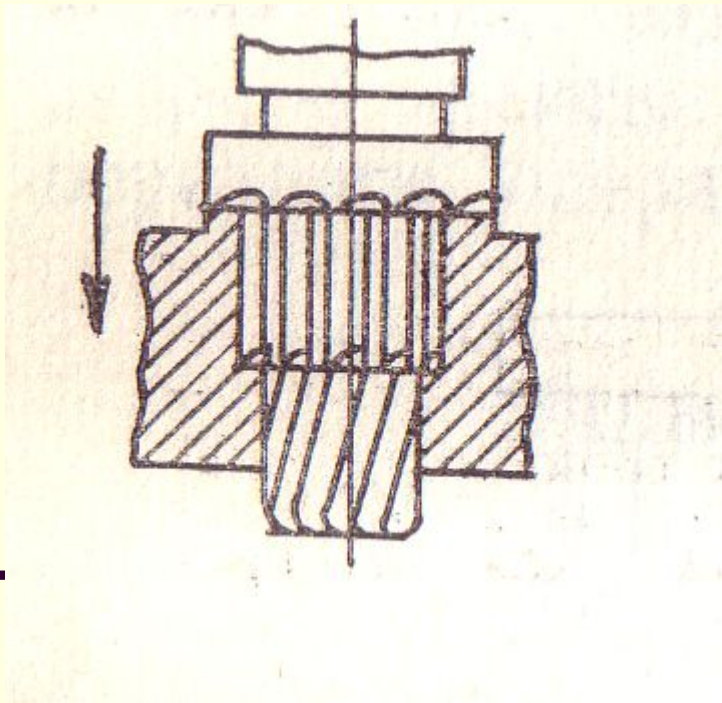
**Схема обработки  
направляющих  
станины токарного  
станка набором фрез**

# Одноместная параллельно-последовательная многоинструментальная обработка



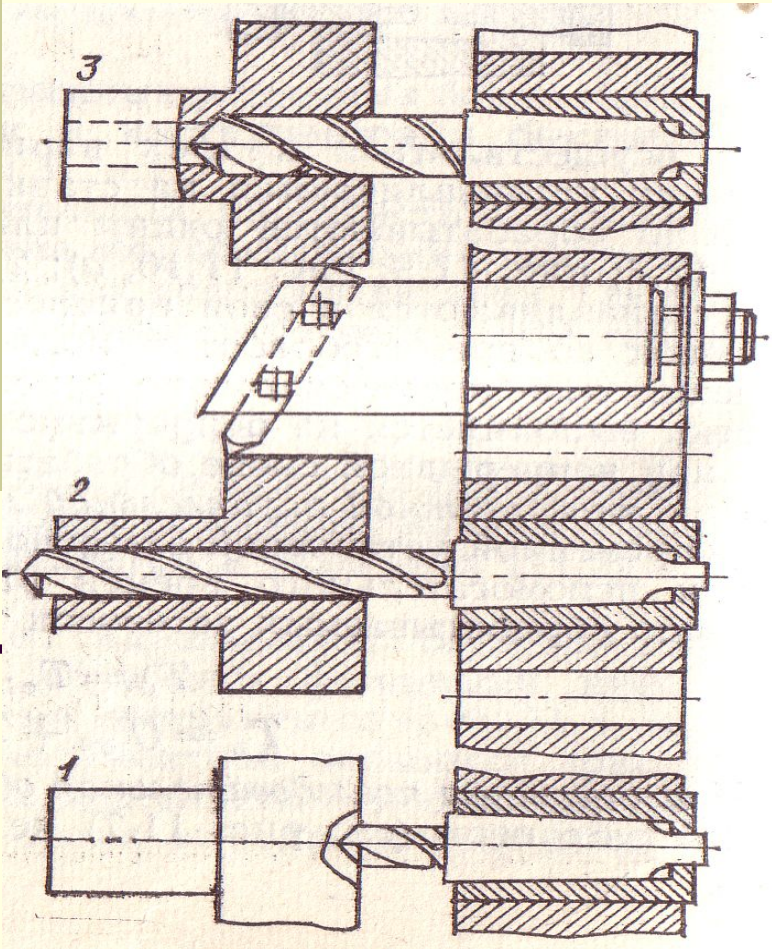
**Схема обработки на  
токарно-револьверном  
станке с вертикальной  
осью револьверной  
головки**

# Одноместная параллельно-последовательная многоинструментальная обработка



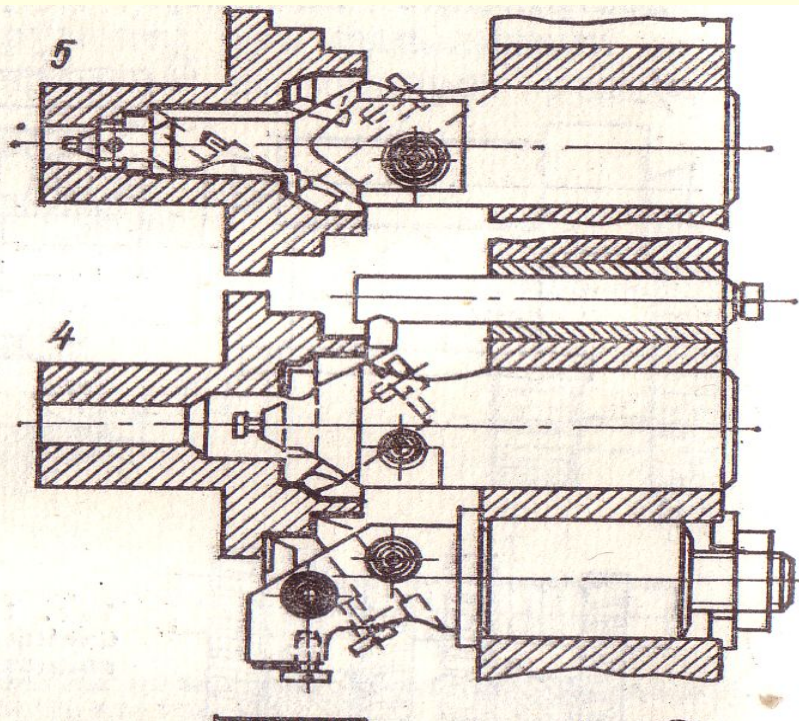
**Схема обработки  
ступенчатого отверстия  
комбинированным  
инструментом**

# Одноместная параллельно-последовательная многоинструментальная обработка



**Схема обработки на токарно-револьверном станке с горизонтальной осью револьверной головки (позиция 1...3)**

# Одноместная параллельно- последовательная многоинструментальная обработка



**Продолжение схемы  
обработки на токарно-  
револьверном станке  
(позиция 4,5)**

# Многоместные схемы обработки

**Многоместные схемы обработки дают возможность совмещения как основного, так и вспомогательного времен, поэтому они обеспечивают достижение наибольшей производительности. Эти схемы могут осуществляться в трех вариантах:**

- 1. Все обрабатываемые заготовки устанавливаются на станке одновременно и затем одновременно обрабатываются одним или несколькими инструментами;**

- 2. Заготовки или группы заготовок устанавливаются независимо от других заготовок во время обработки и обрабатываются одновременно или последовательно;**
- 3. Обработка выполняется на непрерывно вращающемся столе или барабане при непрерывной смене обрабатываемых заготовок**



# Многоместная последовательная одноинструментальная обработка

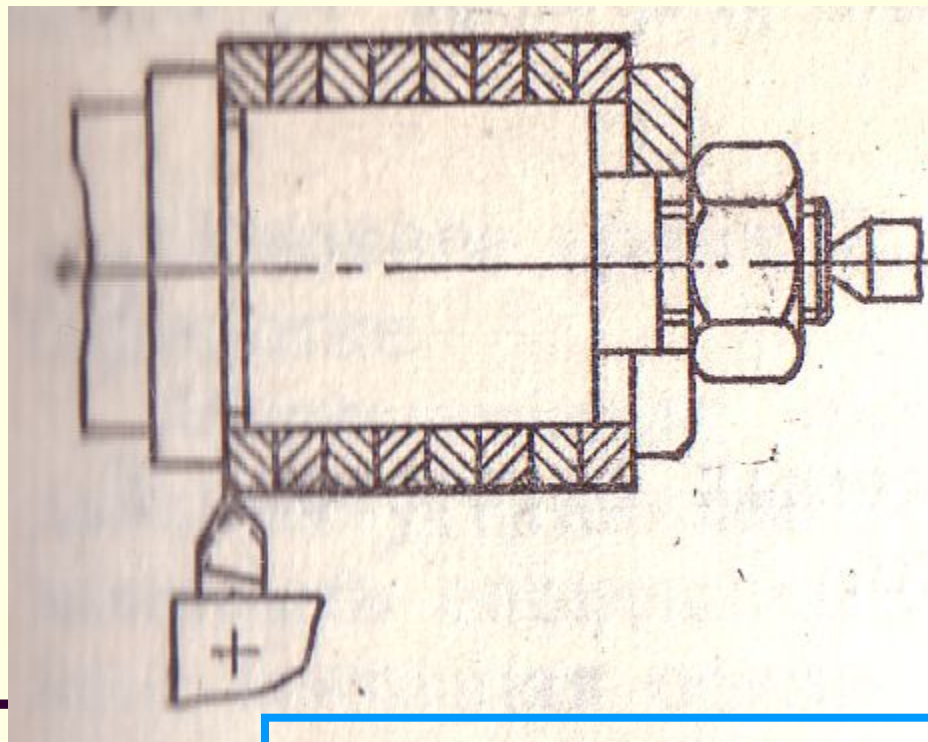
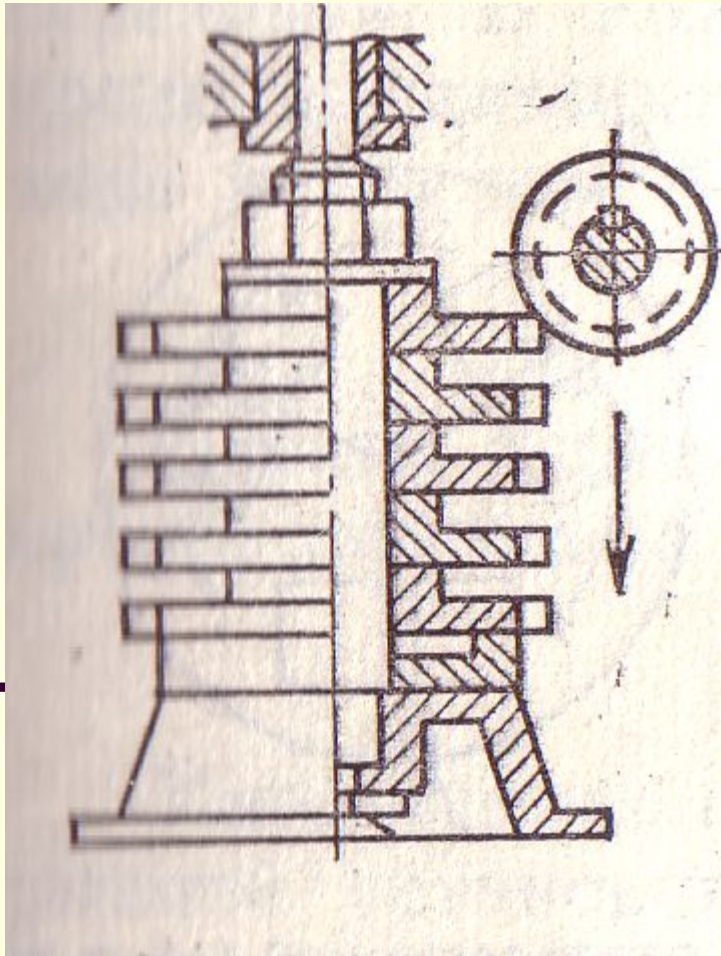


Схема обработки  
нескольких деталей,  
устанавливаемых на  
станок одновременно и  
обрабатываемых одним  
инструментом.

$$T_o = (T_{o1} + T_{o2} + \dots + T_{oi}) / Z$$

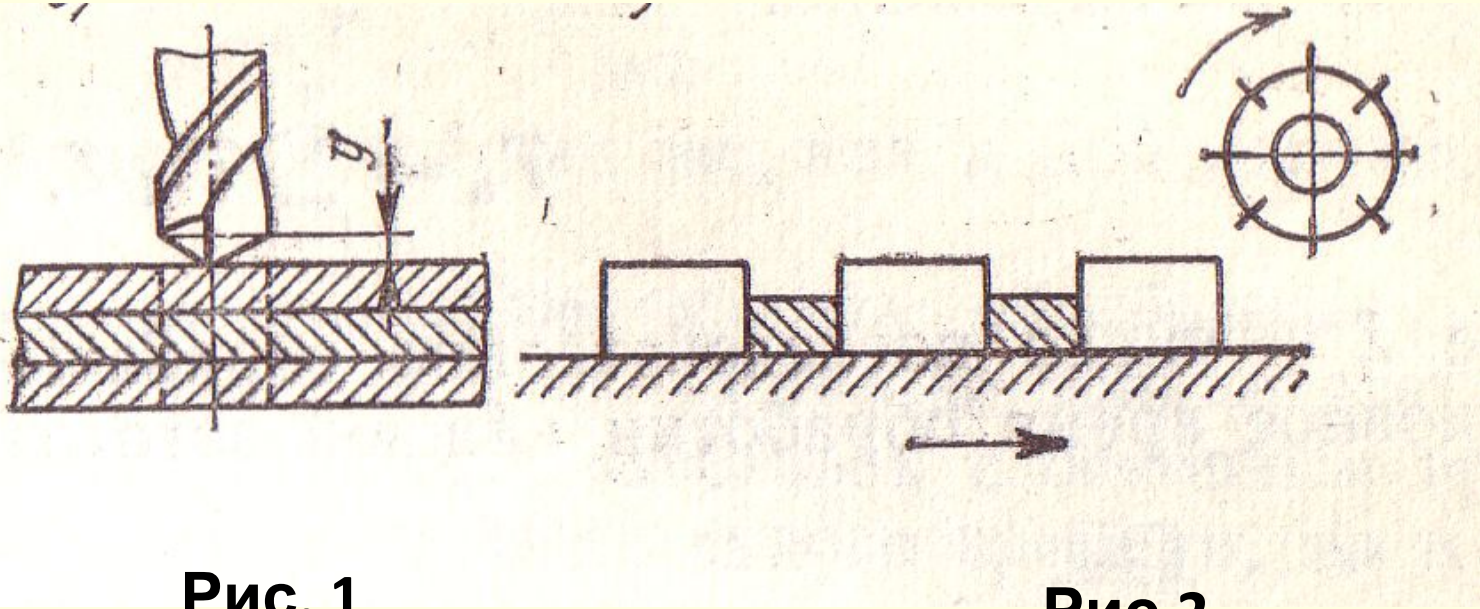
$$T_{всп} = (T_{уст} + T_{уп}) / Z$$

# Многоместная последовательная одноинструментальная обработка



**Схема нарезания зубьев  
зубчатых колес на  
зубофрезерном станке по  
методу обкатывания**

# Многоместная последовательная одноинструментальная обработка

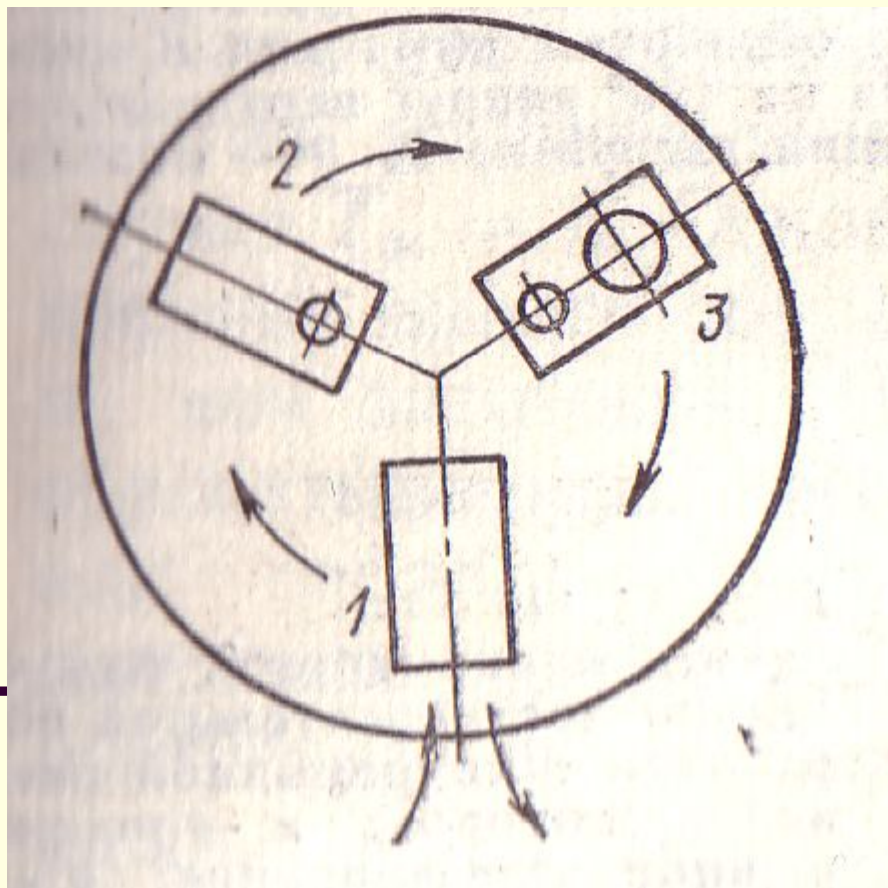


**Рис. 1**

**Рис.2**

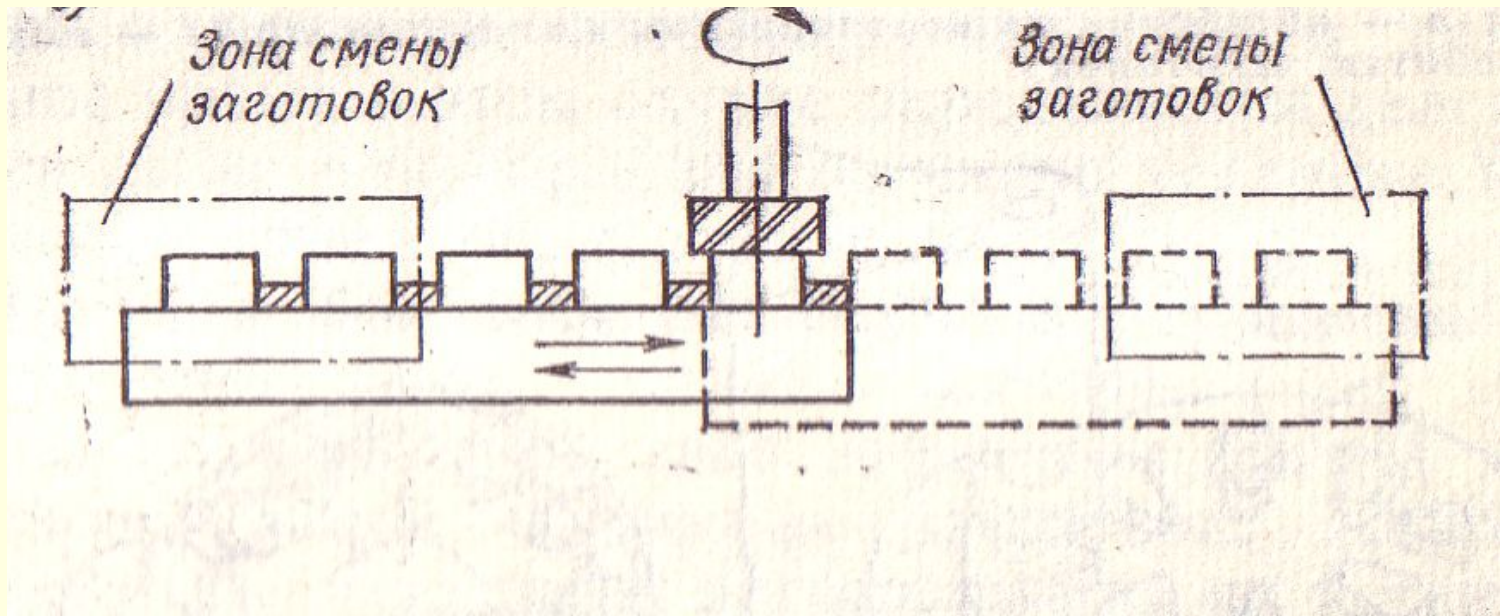
**Схемы обработки тонких заготовок на сверлильном станке (1) и фрезерование заготовок на фрезерном станке (2)**

# Многоместная последовательная одноинструментальная обработка с отдельной установкой заготовок



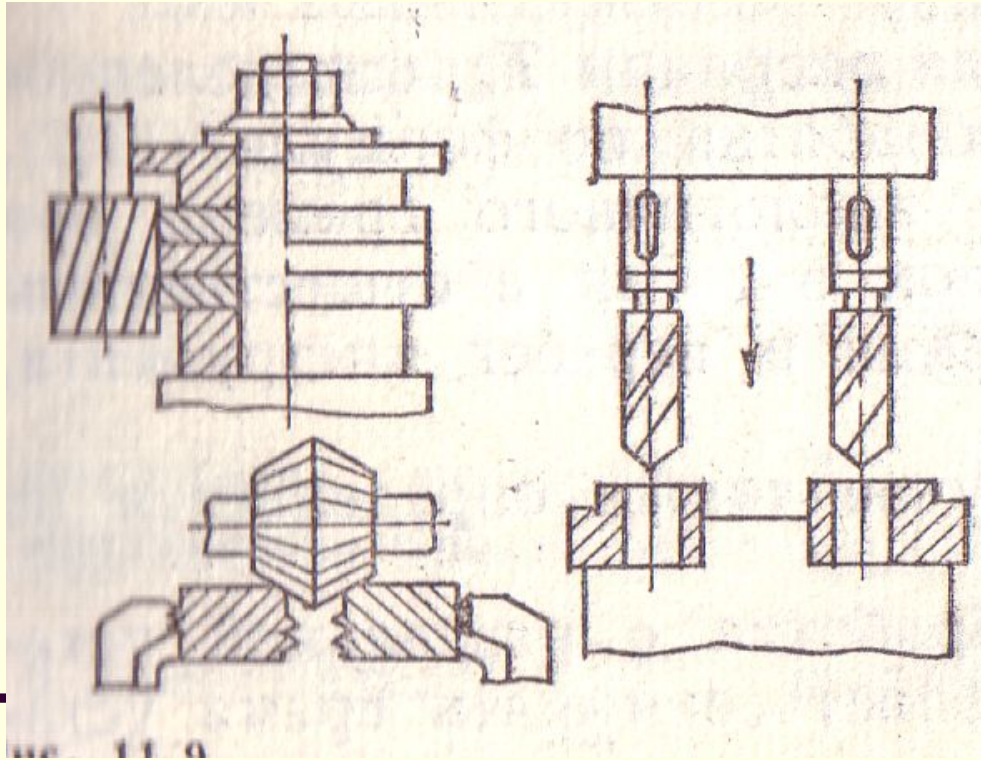
**Обработка отверстий на  
вертикальном  
полуавтомате агрегатного  
типа**

# Многоместная последовательная одноинструментальная обработка с отдельной установкой заготовок



**Схема маятникового фрезерования заготовок (снятие обработанных и установка новых заготовок производится одновременно с фрезерованием на движущемся столе)**

# Многоместная параллельная многоинструментальная обработка с одновременной установкой заготовок

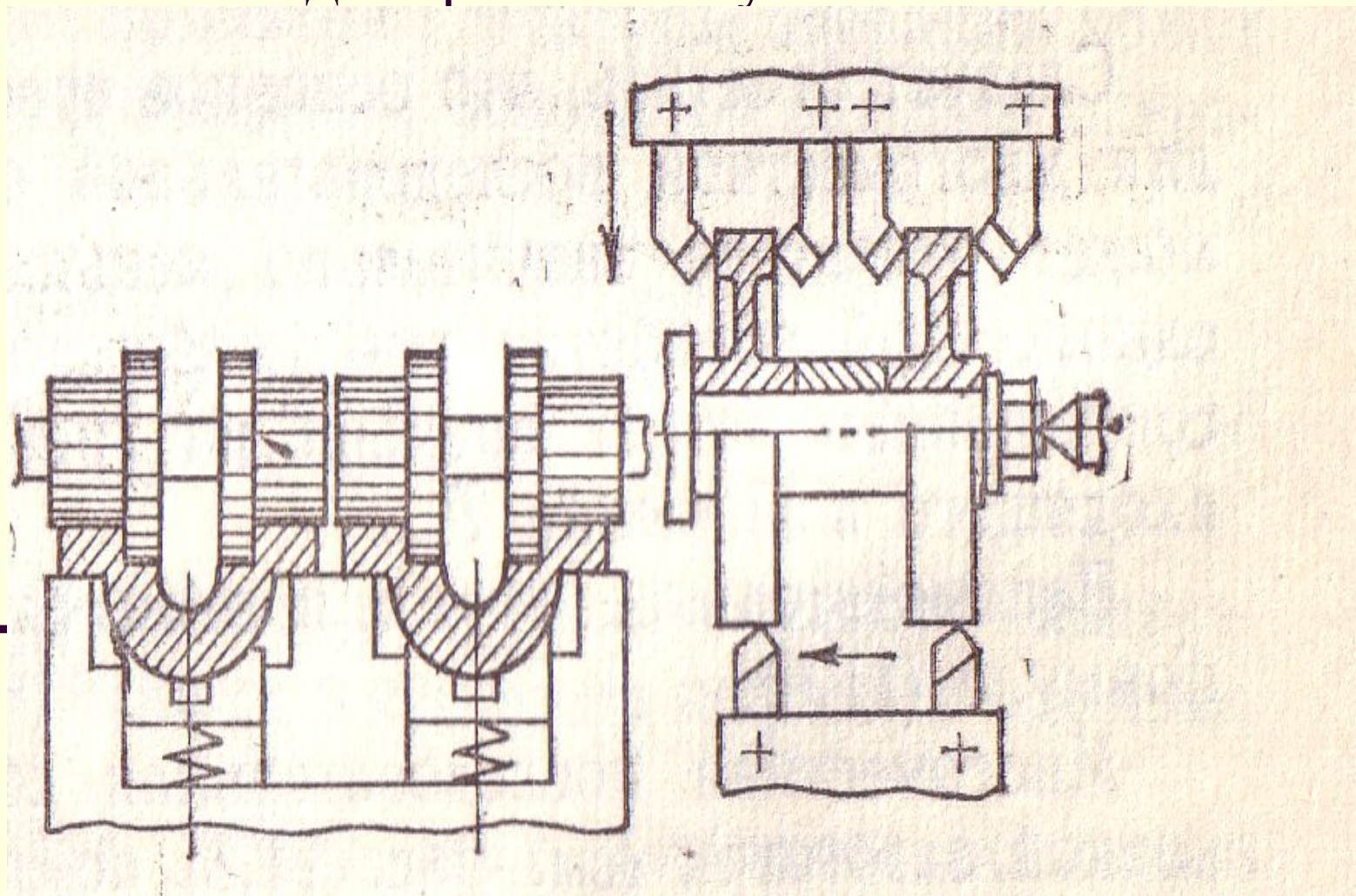


**Затраты основного и  
вспомогательного  
времен распределяются  
между Z одновременно  
обрабатываемых  
заготовок**

$$T_o = T_{o1} / z$$

$$T_{всп} = (T_{ус} + T_{уп}) / z$$

# Многоместная параллельная многоинструментальная обработка с одновременной установкой заготовок



# Многоместная параллельно-последовательная обработка с отдельной установкой заготовок

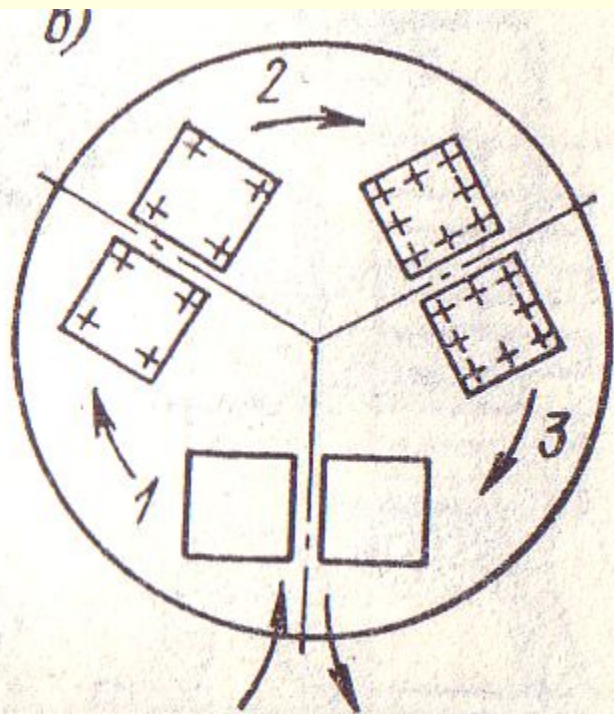


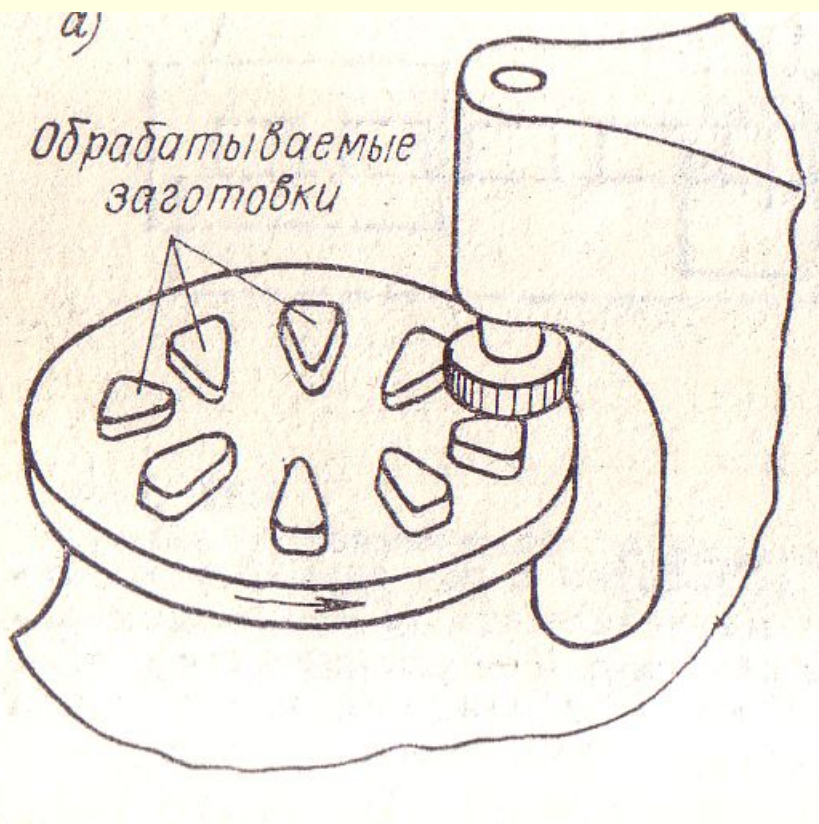
Схема обработки на вертикальном полуавтомате (1-позиция загрузки; 2,3 –позиции обработки заготовок)

Эта схема позволяет совмещать время установки заготовок с основным временем, значительно сокращая вспомогательное время  $T_{всп} = (T_{уп} + T_{инд}) / Z$

Основное время  $T_o$  определяется продолжительностью  $T_{ол}$  неперекрываемого перехода и числом одновременно обрабатываемых заготовок  $T_o = T_{ол} / Z$



# Многоместная параллельно-последовательная обработка с непрерывной установкой и сменой заготовок

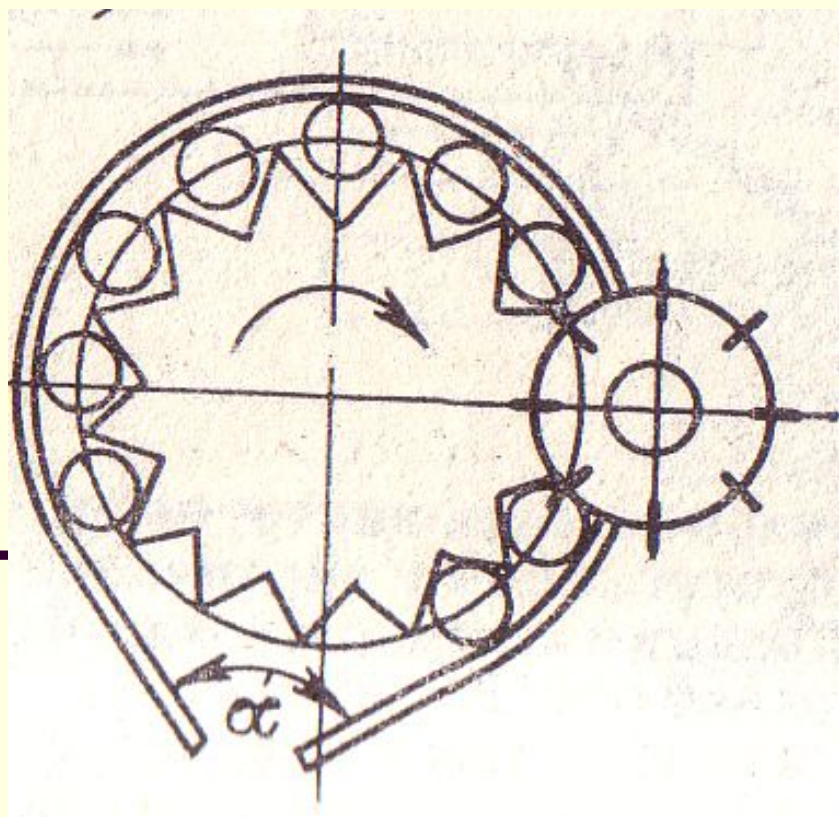


Такая схема обеспечивает наивысшую производительность обработки, так как позволяет осуществить полное совмещение и перекрытие вспомогательного времени основным, т.е.  **$T_{всп} = 0$** .

Основное время  $T_0$  определяется делением времени одного оборота стола или барабана на число установленных заготовок  $Z$

$$T_0 = T_{пов} / Z$$

# Многоместная параллельно-последовательная обработка с непрерывной установкой и сменой заготовок



**Схема обработки  
торцев валика на  
барабанно- фрезерном  
станке**

# Оформление технологической документации

**В соответствии с ГОСТ 3.1109-86 технологический процесс в зависимости от типа производства имеет различное описание:**

- 1. Маршрутное описание**
- 2. Операционное описание**
- 3. Маршрутно-операционное описание**

# Маршрутное описание технологического процесса

При маршрутном описании ТП производится сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов.

Этот тип описания обычно используется в единичном, мелкосерийном и опытном производствах.

# Операционное описание ТП

Операционное описание ТП предусматривает полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

Это описание применяют в крупно-серийном и массовом производствах и для особо сложных деталей в мелкосерийном и даже единичном производствах.

# Маршрутно-операционное описание ТП

При таком описании дается сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения и полное описание отдельных операций в операционных картах.

Этот тип описания применяется в серийном, мелкосерийном, опытных производствах, когда изделие включает в себя отдельные сложные и точные детали.

В соответствии с ЕСТД маршрутная карта является документом общего и обязательного назначения.

При операционном описании ТП в комплект документов входит также и маршрутная карта, которая является сводным документом.

---

# **Исходные данные для проектирования технологического процесса и их уточнение**

**Исходными данными являются:**

- 1. Размер программного задания;**
- 2. Срок выполнения задания;**
- 3. Чертеж и технические условия на изготовление и приемку изделия;**
- 4. Иногда чертеж исходной заготовки.**



# **Исходные данные для проектирования технологического процесса и их уточнение**

**Размер программного задания зависит от установленного объёма выпуска изделий и позволяет определить тип предполагаемого производства, установить вид технологического процесса с проведением необходимых экономических расчетов.**

**В условиях серийного и массового производства размер программного задания служит основой для установления такта или ритма выпуска изделий.**

# Исходные данные для проектирования технологического процесса и их уточнение

**Такт выпуска** – интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий или заготовок

$$T = F / Q,$$

где  $F$  – годовой фонд времени работы станка с учетом простоев по причине сменности, выходных дней, ремонта и т.д., мин;

$Q$  – размер годового задания, шт.

# Исходные данные для проектирования технологического процесса и их уточнение

**Ритм выпуска** – количество изделий определенного наименования, типоразмера и исполнения выпускаемых в единицу времени

$$R = Q / F = 1 / T.$$

При проектировании ТП желательно добиваться его построения из одинаковых или кратных по трудоемкости операций с продолжительностью цикла равной или кратной такту. В этом случае возможна и целесообразна обработка заготовок на потоке

# Исходные данные для проектирования технологического процесса и их уточнение

**Цикл технологической операции** – это интервал календарного времени от начала до окончания периодически повторяющейся технологической операции независимо от числа одновременно изготавливаемых изделий.

Если при установленном такте выпуска станки, на которых производится обработка по данному ТП, оказываются полностью загруженными, то производится организация по принципу массового производства

# **Исходные данные для проектирования технологического процесса и их уточнение**

**Если же размер программного задания не обеспечивает постоянной загрузки оборудования, то производство организуется по принципу серийного или единичного производства.**

# Технологичность конструкции и анализ чертежа на технологичность

**Технологичность конструкции изделия это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих её приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объёма выпуска и условий выполнения работ (ГОСТ 14.205-83).**

# Технологичность конструкции и анализ чертежа на технологичность

**Технологичность конструкции изделия понятие относительное.**

## Различают технологичность:

- **производственную;**
- **эксплуатационную ;**
- **ремонтную.**

# Технологичность конструкции и анализ чертежа на технологичность

## Производственная технологичность

заключается в сокращении средств и времени на конструкторскую, технологическую подготовку производства, на процессы изготовления, контроля, испытаний и т. д.



# Технологичность конструкции и анализ чертежа на технологичность

## Эксплуатационная технологичность

заключается в сокращении средств и времени на подготовку и использование по назначению, технологическое и техническое обслуживание, утилизацию и т.п.

Ремонтная технологичность заключается в сокращении средств и времени на все виды ремонта.

# Технологичность конструкции и анализ чертежа на технологичность

**Оценка технологичности изделия может быть качественной и количественной.**

**Качественная оценка характеризует технологичность обобщенно на основе опыта исполнителя путем сравнения анализируемого изделия с другим аналогичным изделием.**

**Количественно технологичность оценивается рядом показателей, которые могут быть основными и вспомогательными.**

# Технологичность конструкции и анализ чертежа на технологичность

**К основным показателям относятся оценка изделия по уровню:**

- **Трудоемкости**
- **Себестоимости**
- **Материалоемкости**
- **Энергоемкости**

# Технологичность конструкции и анализ чертежа на технологичность

## 1. Уровень технологичности по трудоемкости

$$K_t = T_a / T_b,$$

$T_a$  – достигнутая трудоемкость изготовления изделия;  $T_b$  – базовый показатель трудоемкости изготовления.

## 2. Уровень технологичности по себестоимости

$$K_c = C_a / C_b$$

# Технологичность конструкции и анализ чертежа на технологичность

## 3. Уровень технологичности по материалоемкости

$$K_m = M_a / M_b.$$

## 4. Уровень технологичности по энергоемкости

$$K_э = Э_a / Э_b.$$

Базовые показатели принимаются на основе статистических данных о ранее созданных конструкциях, данные аналогов или типовых представителей.

# Технологичность конструкции и анализ чертежа на технологичность

**Разработанные конструктором чертежи изделия и технические условия поступают к технологу, который должен провести анализ чертежа на технологичность.**

**Конструкция изделия должна быть простой по конфигурации, должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов и чтобы для её изготовления можно было применять высокопроизводительные методы обработки. Необходимо предусмотреть надежные технологические базы и т.п.**

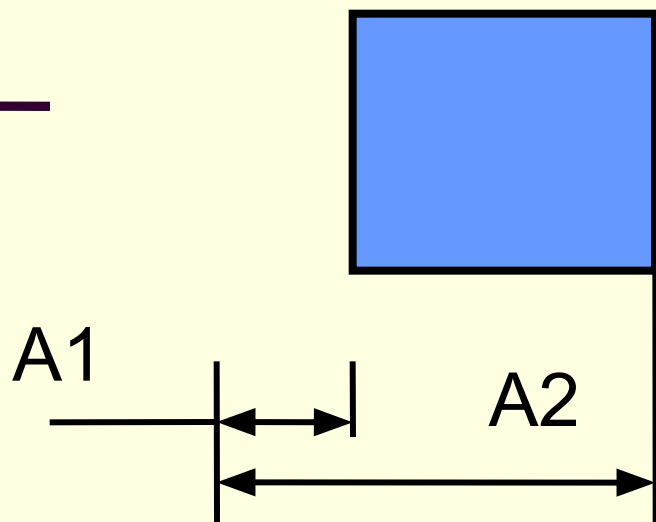
# Технологичность конструкции и анализ чертежа на технологичность

**Для повышения технологичности конструкции изделия рекомендуется проведение ряда мероприятий:**

- 1. Уменьшение общего количества звеньев в кинематической схеме машины;**
- 2. Создание конфигурации деталей и подбор их материалов, позволяющих применение наиболее совершенных исходных заготовок, сокращающих объём механической обработки;**

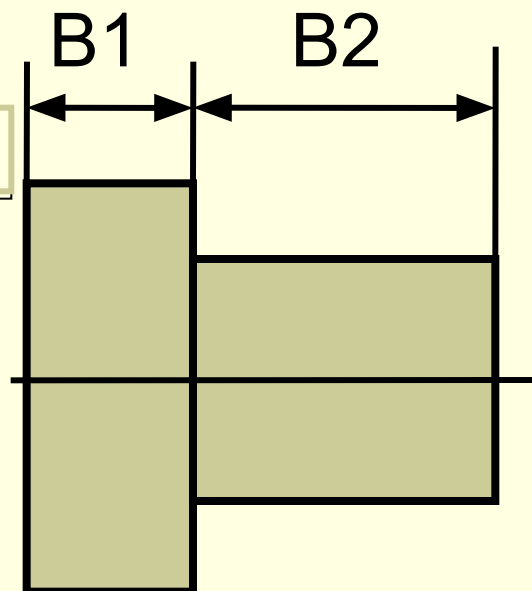
# Технологичность конструкции и анализ чертежа на технологичность

3. Простановка размеров в чертежах с учетом требований их механической обработки, позволяющая выполнять обработку по принципу автоматического получения размеров;



Неправильно

Правильно





# Технологичность конструкции и анализ чертежа на технологичность

- 4. Упрощение конфигурации отдельных деталей, предельно-возможное расширение допусков на изготовление и снижение требований к шероховатости для уменьшения трудоемкости;**
- 5. Создание конфигурации деталей, позволяющих применение наиболее совершенных и производительных методов механической обработки;**
- 6. Проведение нормализации и унификации деталей и сборочных единиц ;**

# Технологичность конструкции и анализ чертежа на технологичность

**7. Создание конструкции изделия, позволяющей проведения операционной сборки по принципам полной взаимозаменяемости.**

**Перечисленные мероприятия иногда находятся в противоречии с друг другом.**

**Окончательное решение вопроса о наиболее технологичной конструкции должен приниматься с учетом общей экономичности изделия в целом.**

# Технологичность конструкции и анализ чертежа на технологичность

**После анализа конструкторской документации на технологичность приступают к проектированию чертежа исходной заготовки**

**Проектирование  
единичных  
технологических  
процессов**

# Изучение исходных данных и общей производственной обстановки

**Проектирование технологического процесса механической обработки (ТПМО) начинается с изучения сборочного и рабочего чертежей изделия, технических условий, чертежа (если имеется) исходной заготовки и размеров программного задания.**

# Изучение исходных данных и общей производственной обстановки

**Также изучается:**

- **Наличие или возможность приобретения оборудования на котором будет осуществляться обработка;**
- **Наличие производственных площадей;**
- **Возможность получения исходной заготовки;**
- **Возможность применения стандартных режущих и мерительных инструментов**

## Изучение исходных данных и общей производственной обстановки

**По величине программного задания и размерам производственной партии определяется коэффициент закрепления операции, тип и серийность производства, такт и ритм обработки.**

**Анализируется возможность изготовления данного изделия по типовым или групповым технологическим процессам.**

## Изучение исходных данных и общей производственной обстановки

**ТМПО многовариантен, поэтому при разработке ТП сложных деталей разрабатывают несколько вариантов ТП.**

**Окончательный выбор которого определяется соответствующими расчетами по трудоемкости, себестоимости и срока окупаемости.**



# Этапы разработки технологических процессов

- 1. Установление видов обработки отдельных поверхностей и методов достижения их точности.**
- 2. Разработка технологического маршрута обработки и выбор технологических баз.**
- 3. Установление промежуточных операций и расчет операционных припусков и размеров.**
- 4. Выбор оборудования.**
- 5. Определение структуры операции и оформление технологических карт.**

# Этапы разработки технологических процессов

**6. Проектирование схем наладок.**

**7. Техническое нормирование.**

**8. Расчет экономической эффективности вариантов ТП и принятие решения об использовании экономически выгодного варианта.**

# **Установление видов обработки отдельных поверхностей и методов достижения их точности.**

**Виды окончательной обработки всех поверхностей заготовки и промежуточных операций определяются исходя из требований, предъявляемых к точности и качеству готовой детали с учетом характера исходной заготовки и свойств обрабатываемого материала.**

# **Установление видов обработки отдельных поверхностей и методов достижения их точности.**

**Важной характеристикой технологического процесса механической обработки является уточнение**

$$\varepsilon = \Delta_{\text{исх.заг}} / \Delta_{\text{обр.заг}}$$

**При проектировании технологических процессов необходимо определить число ступеней обработки каждой поверхности детали и величину уточнений на каждой ступени.**

# **Установление видов обработки отдельных поверхностей и методов достижения их точности**

**Для этого выбирают предварительно виды обработки поверхностей и среднеэкономическую точность каждого вида обработки и определяют величину допуска. После чего определяется уточнение на каждой ступени.**

## Установление видов обработки отдельных поверхностей и методов достижения их точности

**Пример: Необходимо обработать шейку вала по 7 квалитету ( $T_d = 0,017\text{мм}$ ). Используется заготовка черный прокат с допуском  $T_z = 1,4\text{мм}$ .**

**Расчетное значение уточнения технологического процесса будет равно**

$$\varepsilon = 1,4 / 0,017 = 82$$

**— Такое уточнение при соблюдении требований экономичности невозможно получить одноразовой обработкой**

# **Установление видов обработки отдельных поверхностей и методов достижения их точности**

**Выбираются виды окончательной обработки поверхностей и число переходов. Для этого можно воспользоваться справочной литературой (Справочник технолога машиностроителя том 1 под ред. Косиловой и др.).**

**Для достижения требуемой точности подходит чистовое шлифование, которое обеспечивает 7 квалитет.**

# **Установление видов обработки отдельных поверхностей и методов достижения их точности**

**Устанавливаем, что для обработки шейки вала необходимо выполнить четыре перехода:**

**1. Черновое точение, обеспечивает точность 11-12 квалитеты и допуск**

**$T_{\text{черн.}} = 0,4\text{мм.}$**

**2. Чистовое точение, обеспечивает точность 9-10 квалитеты и допуск**

**$T_{\text{чист.}} = 0,2\text{мм}$**



# **Установление видов обработки отдельных поверхностей и методов достижения их точности**

**3. Шлифование черновое, обеспечивает точность 8-9 квалитеты и допуск**

**Тшл.черн. = 0,06мм**

**4. Шлифование чистовое, обеспечивает точность 7 квалитет и допуск**

**Тшл.чист.= 0,017мм.**

**— Определяем уточнение на каждом переходе (ступени).**

# Установление видов обработки отдельных поверхностей и методов достижения их точности

## 1. Черновое точение

$$\varepsilon_{\text{черн.}} = 1,4 / 0,4 = 3,5$$

## 2. Чистовое точение

$$\varepsilon_{\text{чист.}} = 0,4 / 0,2 = 2$$

## 3. Шлифование черновое

$$\varepsilon_{\text{шл.черн.}} = 0,2 / 0,06 = 3,33$$

# Установление видов обработки отдельных поверхностей и методов достижения их точности

## 4. Шлифование чистовое

$$\varepsilon_{\text{шл.чист.}} = 0,06 / 0,017 = 3,53$$

Определим произведение уточнений, полученных на каждом переходе

$$\begin{aligned} \Pi \varepsilon &= \varepsilon_{\text{черн}} * \varepsilon_{\text{чист}} * \varepsilon_{\text{шл.черн}} * \varepsilon_{\text{шл.чист}} = \\ &3,5 * 2 * 3,33 * 3,53 = 82 \end{aligned}$$

# **Установление видов обработки отдельных поверхностей и методов достижения их точности**

**Таким образом, выбранные виды обработки и количество переходов обеспечивает требуемое качество.**

**И так для каждой поверхности определяются вид обработки и количество переходов.**

**При назначении вида обработки следует стремиться к тому, чтобы число переходов при обработке каждой поверхности было минимальным.**

# **Установление видов обработки отдельных поверхностей и методов достижения их точности**

**Желательно, чтобы одним и тем же способом обрабатывалось возможно большее количество поверхностей заготовки.**

**Решение вопроса о наиболее рациональном варианте технологического процесса принимается после проведения технического нормирования обработки по вариантам**

## **Разработка технологического маршрута обработки и выбор технологических баз**

**Последовательность обработки отдельных поверхностей заготовки определяется простановкой размеров на чертеже детали.**

**На основе анализа чертежа и технических требований выявляются конструкторские базы и устанавливаются технологические базы для всех предполагаемых операций обработки.**

## **Разработка технологического маршрута обработки и выбор технологических баз**

**При этом руководствуются принципами совмещения и постоянства баз.**

**При смене баз и нарушении принципа их совмещения обязательно производится пересчет допусков и технологических размеров заготовки.**

**При разработке технологического процесса размеры, которые связывают поверхности детали являющиеся конструкторскими базами, необходимо проставлять по возможности непосредственно от технологических баз.**

## **Разработка технологического маршрута обработки и выбор технологических баз**

**При разработке ТП необходимо придерживаться некоторых рекомендаций:**

**1. В первую очередь следует обрабатывать поверхности, принятые за чистовые технологические базы.**

**2. Последовательность обработки зависит от системы простановки размеров. В первую очередь обрабатывается та поверхность, относительно которой на чертеже за-  
координировано большее число других поверхностей**



## **Разработка технологического маршрута обработки и выбор технологических баз**

**3. При невысокой точности исходной заготовки сначала следует обрабатывать поверхности, имеющие наибольшую толщину удаляемого материала ( для раннего выявления литейных и других дефектов).**

## **Разработка технологического маршрута обработки и выбор технологических баз**

**4. Во избежания перераспределения внутренних напряжений, а следовательно, деформаций заготовки, обработку рекомендуется начинать с наименее точных поверхностей при снятии с них наибольших припусков.**

---

## **Разработка технологического маршрута обработки и выбор технологических баз**

**5. В случае опасности появления раковин и трещин в первую очередь необходимо снимать наибольший припуск с тех поверхностей, где подобные дефекты обнаруживаются чаще всего и где они особенно недопустимы.**

**Иногда может быть выполнена даже чистовая обработка. Это позволяет забраковать или исправить заготовку в самом начале её обработки.**

## **Разработка технологического маршрута обработки и выбор технологических баз**

**6. Дальнейшая последовательность операций устанавливается в зависимости от требуемой точности поверхности: чем точнее должна быть поверхность, тем позднее ее необходимо обрабатывать, так как обработка каждой последующей поверхности может вызвать искажение ранее обработанной поверхности.**

**Последней должна обрабатываться поверхность, которая является наиболее точной и ответственной.**

## **Разработка технологического маршрута обработки и выбор технологических баз**

**7. Операции обработки поверхностей, имеющих второстепенное значение и не влияющих на точность основных параметров детали ( сверление мелких отверстий, снятие фасок удаление заусенцев и др.) следует выполнять в конце ТП, но до операций окончательной обработки ответственных поверхностей.**

**В конец ТП желательно выносить также обработку легкоповреждаемых поверхностей**

## **Разработка технологического маршрута обработки и выбор технологических баз**

**8. Если заготовка подвергается термической обработке, то для устранения возможных деформаций необходимо предусматривать правку заготовок или повторную обработку отдельных поверхностей.**

**9. При изготовлении прецизионных деталей ТП делят на стадии: предварительную – черновую, промежуточную – чистовую и окончательную – отделочную обработку.**

## **Разработка технологического маршрута обработки и выбор технологических баз**

**10. При изготовлении прецизионных деталей особое значение приобретает стабилизация их размеров.**

**11. В целях сокращения пути перемещения заготовки по цеху желательно при проектировании последовательности обработки учитывать расположение оборудования.**

# **Разработка технологического маршрута обработки и выбор технологических баз**

**Изложенные принципы построения маршрутов не во всех случаях являются обязательными.**

---



# Выбор оборудования

При выборе оборудования возможно два случая:

1. Проектирование технологического процесса на основе существующего оборудования;
2. Проектирование ТП на новом оборудовании.

Основанием для выбора оборудования в обоих случаях является требуемая точность, размеры заготовки и программное задание выпуска изделий.

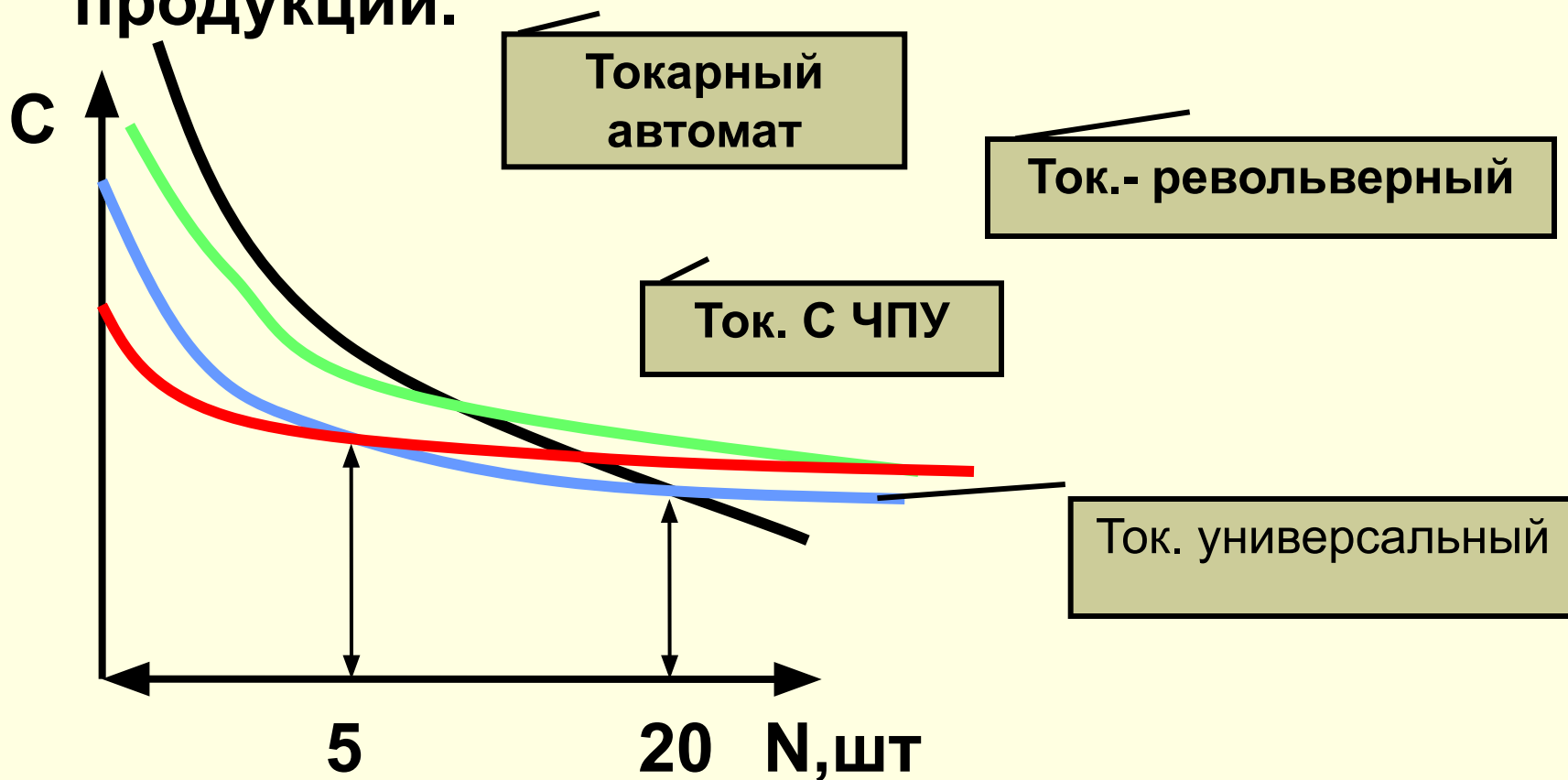
# Выбор оборудования

При выборе оборудования в условиях действующего производства необходимо учитывать степень загрузки оборудования и степень его износа. Иногда допускается замена одного вида оборудования на другое, которое обеспечивает тоже самое качество обработки.

При проектировании технологического процесса для вновь создаваемого производства оборудование выбирается с учетом передового опыта.

# Выбор оборудования

Также при выборе оборудования следует учитывать серийность выпускаемой продукции.

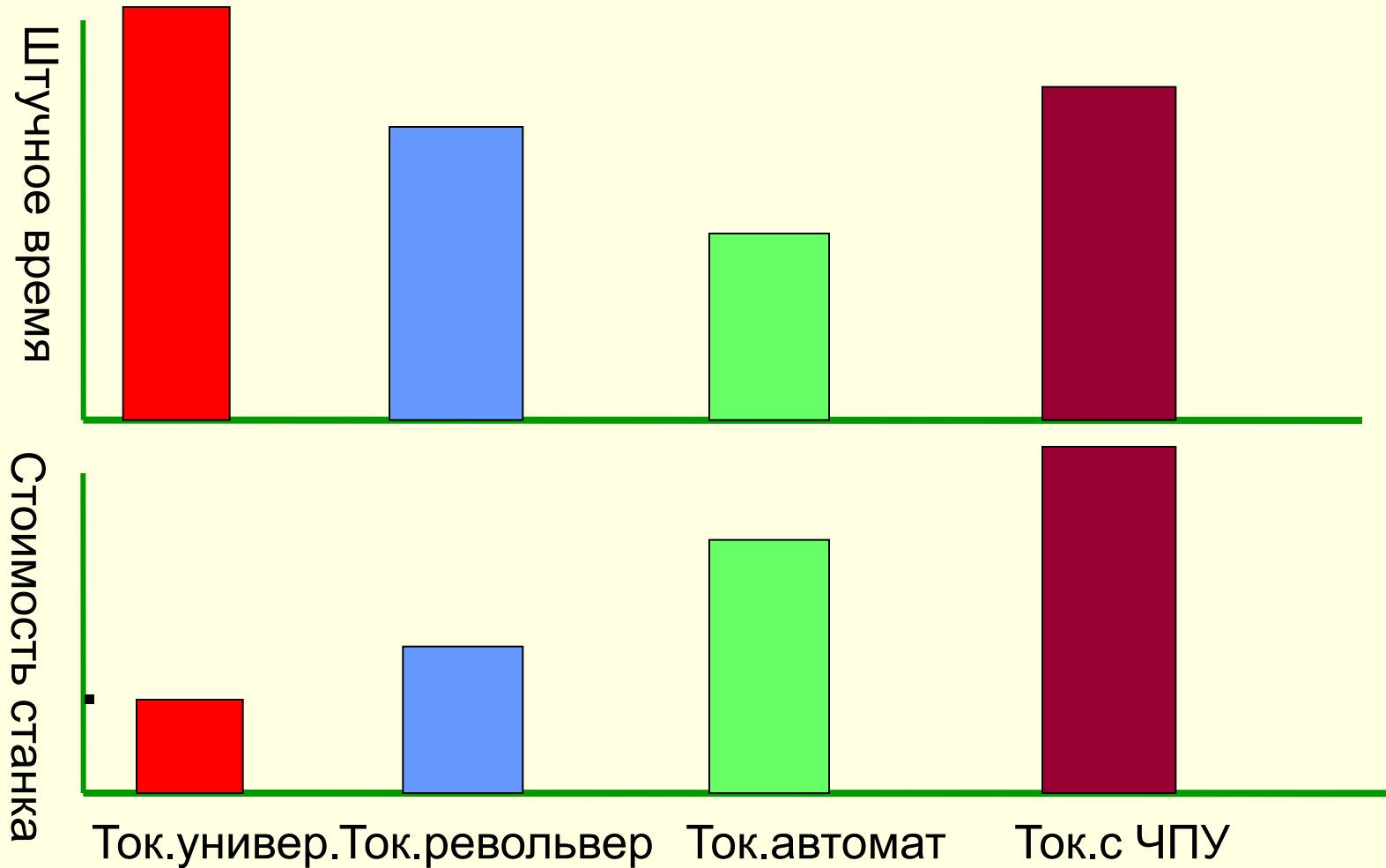


# Выбор оборудования

**В зависимости от серийности необходимо применять разное по степени специализации оборудование.**

**Также следует учитывать, что часть стоимости оборудования амортизирует и входит в себестоимость изделия.**

# Выбор оборудования



# Определение структуры операции и оформление технологических карт

**После выбора оборудования определяется структура операции (см. слайды 2...34) и выполняется предварительное оформление операционных технологических карт с вычерчиванием соответствующих операционных эскизов.**

# Определение структуры операции и оформление технологических карт

**При этом производится анализ технологической возможности и экономической целесообразности концентрации операций путем применения наборов режущего инструмента, применение сборного инструмента, использование многоинструментальной наладки, параллельную или последовательную обработку и затем окончательно уточняется принятая структура операции.**

# Проектирование схем наладки

**Проектирование наладок включает в себя несколько этапов:**

- 1. Расчет точности настройки станка на настроечные размеры;**
- 2. Составление предварительного плана размещения инструментов в суппортах и инструментальных головках и предварительный расчет режимов резания;**



# Проектирование схем наладки

- 3. Окончательная компоновка инструментов в наладке станка и корректировка режимов резания;**
- 4. Оформление схем наладки станка с указанием размещения инструментов, рабочих и холостых ходов, с подбором копиров и шестерен, расчетом циклов работы станка;**
- 5. Конструирование необходимой оснастки для наладки станка.**

# Проектирование схем наладки

**После чего окончательно оформляются операционные технологические карты и производится техническое нормирование с установлением необходимого разряда работы и соответствующих норм выработки.**

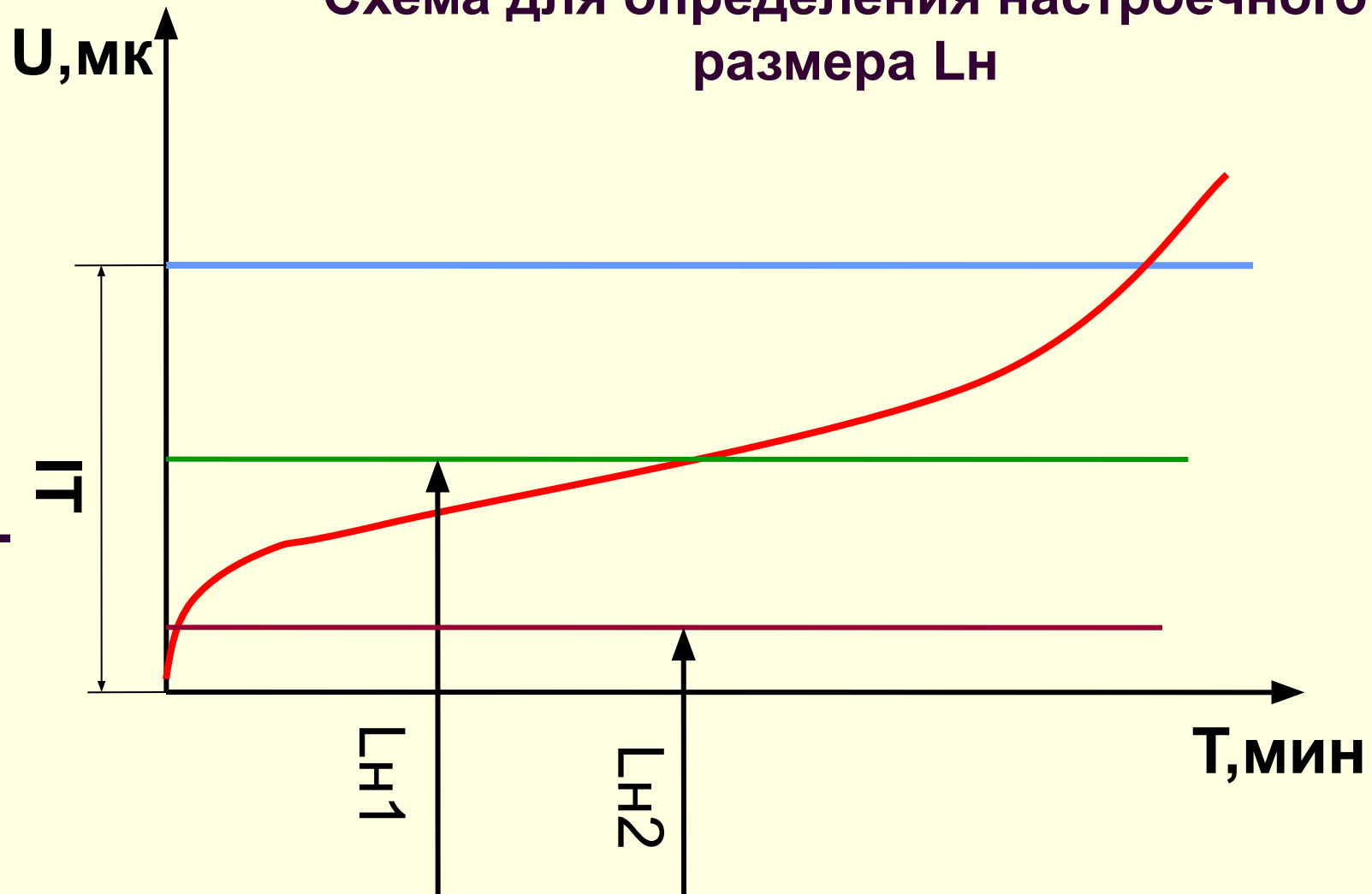
# Проектирование схем наладки

## 1. Расчет настроечных размеров

**Настроечный размер и допуск на него должны исключать появления брака по непроходной стороне калибра сразу после настройки станка и обеспечивать более полное использование поля допуска на износ инструмента и уменьшением числа регулировок инструмента на протяжении периода его стойкости.**

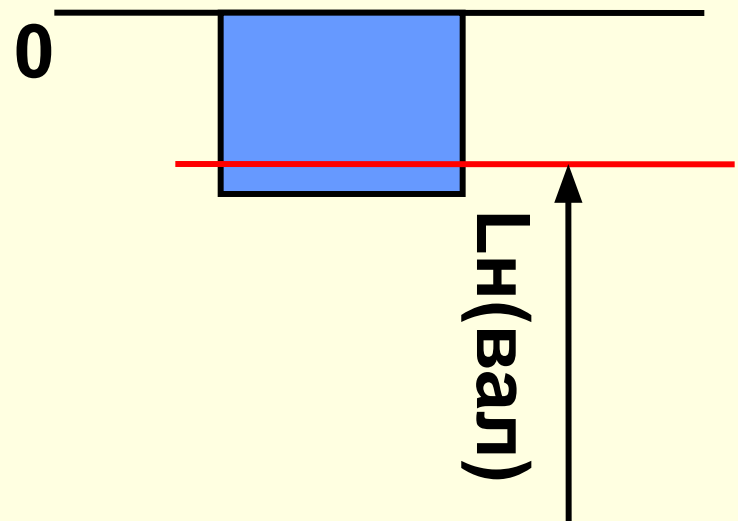
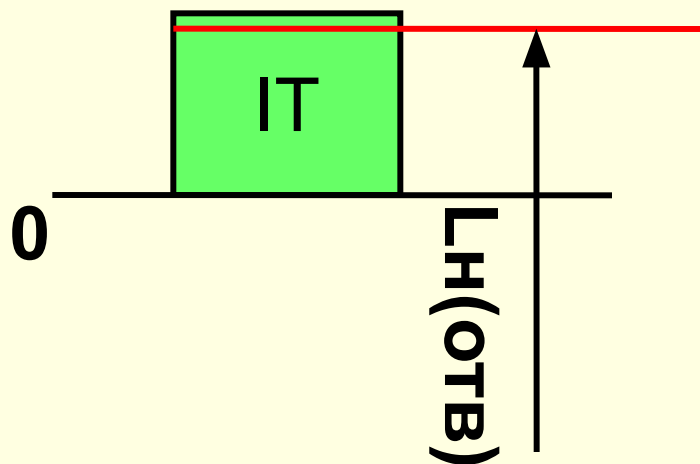
# 1. Расчет настроечных размеров

Схема для определения настроечного размера  $L_n$



# 1. Расчет настроечных размеров

Исходя из этого, настроечный размер для наружной поверхности должен приближаться к наименьшему, а для внутренней – к наибольшему предельному размеру.



# 1. Расчет настроечных размеров

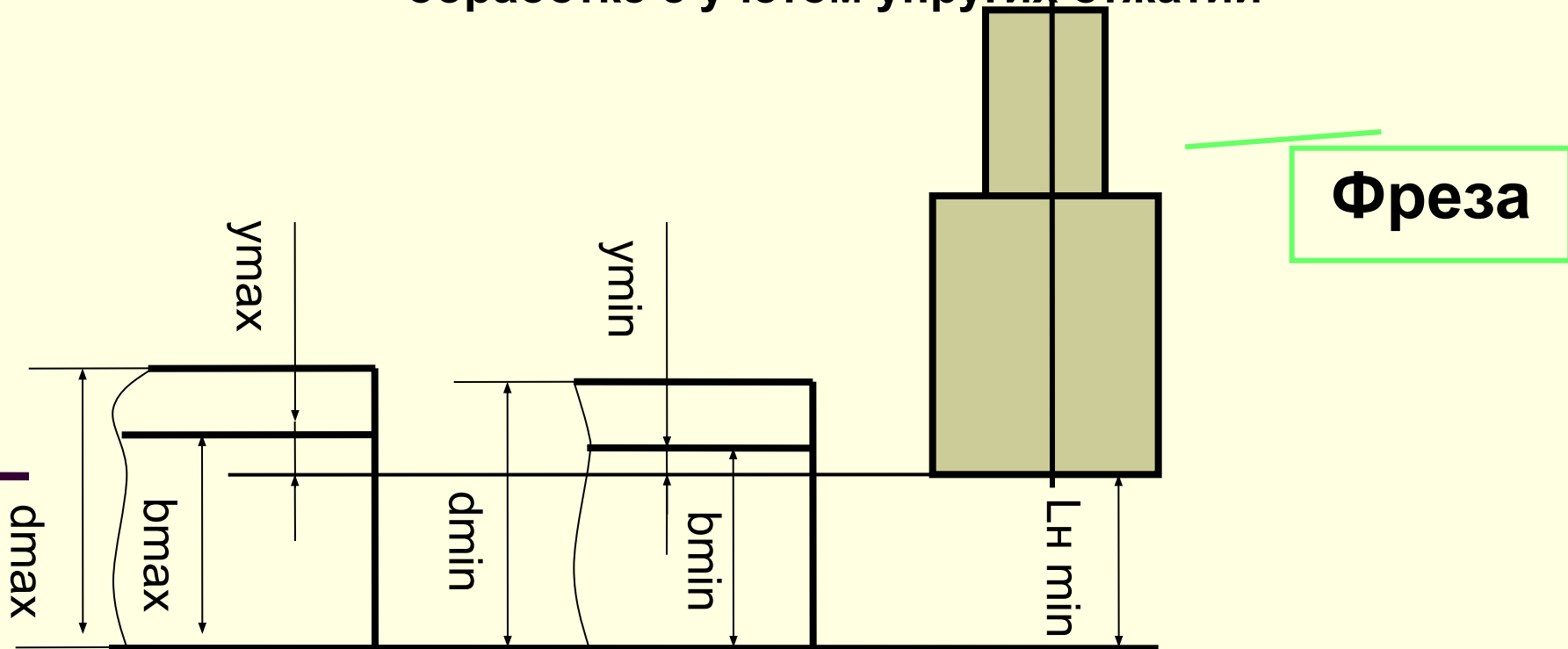
Однако при таком настроечном размере брак по непроходной стороне калибра возможен из-за возможной погрешности настройки.

Применение настройки по середине поля допуска не всегда рационально, так как приводит к недоиспользованию резервов точности и производительности ТП.

При обработке с большими упругими отжатиями настроечный размер должен учитывать явления копирования, т.е погрешность заготовки.

# 1. Расчет настроечных размеров

Схема определения настроечных размеров при наружной обработке с учетом упругих отжати



$$L_H min = b_{min} - y_{min} , L_H max = L_H min + \Delta H$$

# 1. Расчет настроечных размеров

На рисунке  $d_{\min}$  и  $d_{\max}$  соответственно минимальный и максимальный размер заготовки, а  $b_{\min}$  и  $b_{\max}$  размеры, полученные после обработки,  $u_{\min}$ ,  $u_{\max}$  минимальная и максимальная упругие деформации технологической системы.

Настроечный размер и допуск на настройку необходимо в первую очередь рассчитать для поверхностей, обрабатываемых с наиболее жесткими допусками.



## 2. Расчет режимов резания

Режимы резания (глубина, подача, скорость) определяют точность, шероховатость обработанной поверхности, производительность и себестоимость обработки.

Вначале устанавливают глубину резания, затем подачу и в последнюю очередь скорость резания.

Глубина резания, при однопроходной обработке, выбирается исходя из расчетной величины припуска.

## **2. Расчет режимов резания**

**При многопроходной обработке глубину резания на черновых проходах назначают наибольшей, на чистовых с учетом точности и шероховатости поверхности.**

**Подачу, при черновой обработке, назначают максимально допустимую ограничиваясь прочностью самого слабого звена технологической системы (инструмента, заготовки или отдельных элементов станка). При чистовой обработке подача определяется в зависимости от точности и шероховатости.**

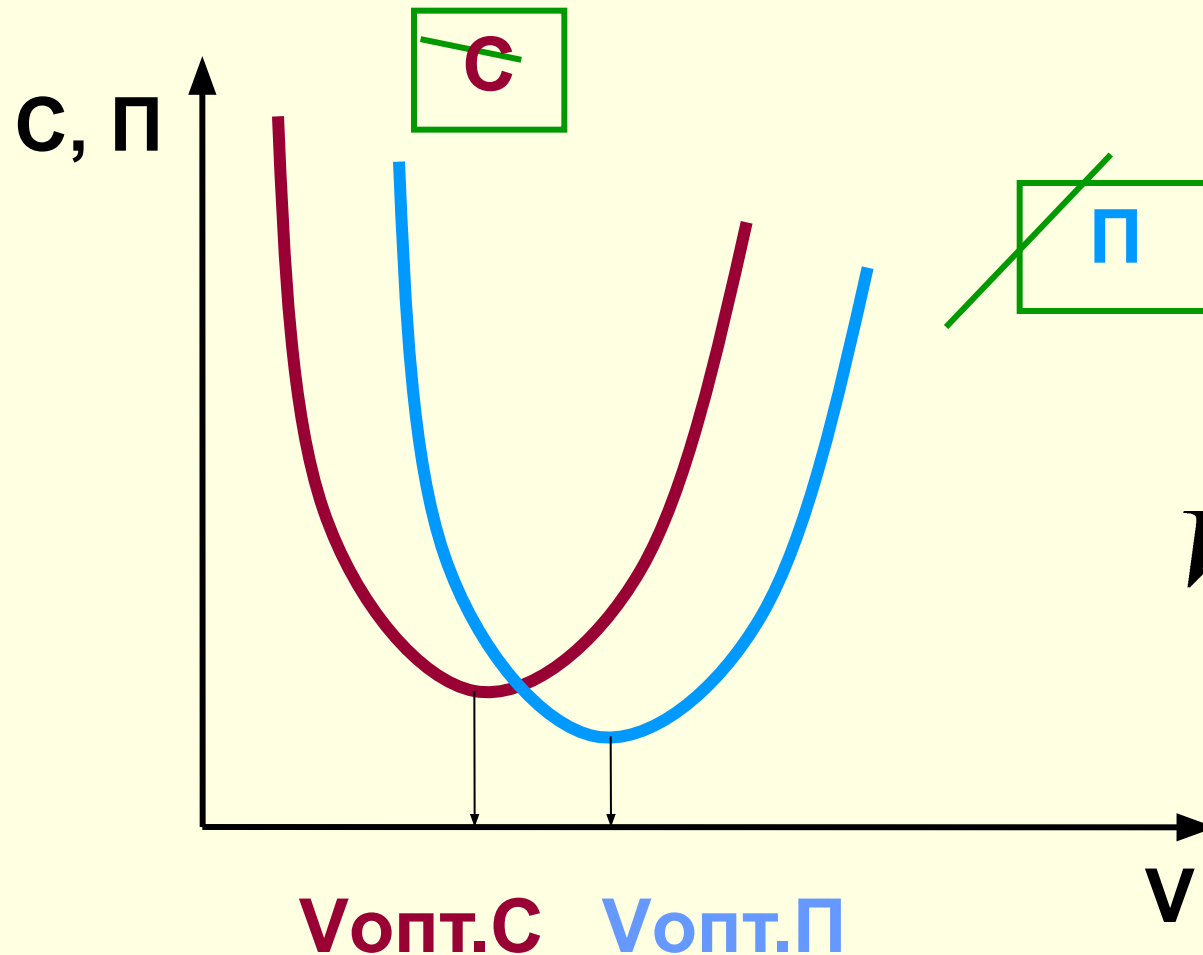
## **2. Расчет режимов резания**

**Подачу выбирают по нормативам или рассчитывают, согласовывая её величину с паспортными данными станка.**

**По подаче и глубине находят силы и момент резания, а по ним для данных условий обработки рассчитывают силу закрепления заготовки и проводят необходимые прочностные расчеты.**

**Скорость резания рассчитывается по формулам теории резания или устанавливают по нормативным таблицам.**

## 2. Расчет режимов резания



$$V = \frac{A}{T^m}$$

## **2. Расчет режимов резания**

**По скорости резания определяют частоту вращения шпинделя (или число двойных ходов стола, ползуна). Эти величины согласовываются с паспортными данными станка, принимая ближайшее меньшее.**

**При обработке на станках с многоинструментальной наладкой методика установления режимов резания меняется.**

# Технико-экономические показатели

**Технологический процесс многовариантен, поэтому необходимо сопоставить технико-экономические показатели сравниваемых вариантов и выбрать наиболее экономичный.**

**Оценку вариантов производят, сравнивая себестоимость изготовления детали.**

**Существует несколько методов определения себестоимости:**

- бухгалтерский;**
- прямого расчета (калькулирования) затрат.**

# Технико-экономические показатели

При бухгалтерском методе себестоимость изготовления детали определяется

$$C = M + L + Z,$$

где **M**- себестоимость изготовления заготовки за вычетом отходов; **L** – заработная плата производственных рабочих; **Z** – сумма всех остальных цеховых расходов, принимается в процентах от **L**.

# Технико-экономические показатели

Тогда

$$C = M + L(1 + z / 100),$$

где  $z$  – процент величины  $Z$  от  $L$ , зависит от степени автоматизации производства и может изменяться от 150 до 800%.

Этот метод прост, но не пригоден для сравнения вариантов, так как не выделяет составляющих цеховой себестоимости  $Z$ .



# Технико-экономические показатели

При методе прямого расчета себестоимости

$$C = M + L + L_n + R + M_v + A + W + V + E,$$

где  $L_n$  – заработная плата наладчиков с начислениями;  $R$  – расходы на ремонт оборудования;  $E$  - расходы на электроэнергию, потребляемую оборудованием;  $M_v$  – расходы на вспомогательные материалы (смазочные масла, СОЖ и т.п.);  $A$  – расходы на амортизацию оборудования;

# Технико-экономические показатели

**W** – расходы на эксплуатацию инструмента;

**V** – расходы на эксплуатацию и амортизацию специальных приспособлений.

Затраты на основные материалы

$$M = M_3 - G a,$$

где **M<sub>3</sub>** – себестоимость изготовления заготовки; **G** – масса реализуемых отходов; **a** – цена одного килограмма отходов.

# Технико-экономические показатели

**Заработная плата производственных рабочих при выполнении  $n$  операций**

$$L = k \sum_{1}^n I T_{шт}$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий расходы по социальному страхованию;  $I$  – минутная заработная плата станочника на данной операции;  $T_{шт}$  – норма штучного времени на операцию.

# Технико-экономические показатели

**Заработная плата наладчиков на все операции обработки данной детали**

$$L_n = \frac{k \sum_{i=1}^m l_{ni} T_i}{60N}$$

где  $l_n$  – часовая заработная плата наладчика;  
 $T_n$  – длительность наладки;  $m$  – количество партий в наладке;  $N$  – годовая программа.

# Технико-экономические показатели

Расходы на ремонт оборудования,  
отнесенные к одной детали

$$R = \sum_{1}^k (G_p r_p T_{шт}) / 60 T_{мр}$$

где  $G_p$  – затраты на выполнение всех видов ремонтных работ за межремонтный цикл на одну ремонтную единицу;  $r_p$  – категории сложности ремонта (число ремонтных единиц) данного оборудования;

# Технико-экономические показатели

**$k$  – число станков для обработки детали;**

**$T_{\text{мр}}$  - межремонтный цикл, станко-часов.**

**Значения этих величин определяют по нормативам планово-предупредительного ремонта.**

# Технико-экономические показатели

## Расходы на электроэнергию

$$\mathcal{E} = \sum_{1}^{k} (N_{\text{уст}} \alpha \beta S_{\mathcal{E}} T_0) / 60$$

где  $N_{\text{уст}}$  – суммарная установленная мощность всех электродвигателей станка, кВт;  $\alpha \beta$  – коэффициенты использования установленной мощности по времени и по величине соответственно,  $\alpha \beta = 0.5 \dots 0.9$ ;  $S_{\mathcal{E}}$  – цена за 1 кВт час электроэнергии;  $T_0$  – основное время на операцию.

# Технико-экономические показатели

## Расходы на вспомогательные материалы

$$M_{в} = \sum_{1}^{k} (D_{год} T_{шт}) / F_{д} 60$$

где  $D_{год}$  – расходы на материалы на один станок в год (принимается по справочникам);  
 $F_{д}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования.



# Технико-экономические показатели

## Расходы на амортизацию оборудования

$$A = \sum_{1}^{k} (a \text{ Тшт}) / 60 \text{ Fд } \eta_z$$

**A – ежегодные амортизационные отчисления;**

**$\eta_z$  – коэффициент загрузки станка во времени.**

# Технико-экономические показатели

## Расходы на эксплуатацию и амортизацию режущих инструментов

$$W = \sum_{1}^{k} (S_w + m S_{пер}) T_0 / T(1+m)$$

**$S_w$  – первоначальная цена инструмента;  $m$  – число переточек инструмента до полного его износа;  $S_{пер}$  – затраты на одну переточку;  $T$  – стойкость инструмента между переточками.**

# Технико-экономические показатели

## Расходы на эксплуатацию и амортизацию приспособлений

$$V = \sum_{1}^k ( S_{\text{пр}} + r_k n_k + r_c n_c + r_t n_t ) T_{\text{шт}} / 60 P F_{\text{п}}$$

$S_{\text{пр}}$  – затраты на изготовление приспособления;  $r_k$ ,  $r_c$ ,  $r_t$  – затраты на капитальный, средний и текущий ремонт приспособления;  $n_k$ ,  $n_c$ ,  $n_t$  – число капитальных, средних и текущих ремонтов приспособлений за весь срок его службы;  $P$  – срок службы приспособлений;  $F_{\text{п}}$  – годовой фонд времени работы приспособления.

# Технико-экономические показатели

При сравнении вариантов технологического процесса необходимо также определить срок окупаемости дополнительных капитальных вложений на оборудование и оснастку по принятому варианту

$$\text{Ток} = (K2 - K1) / (C1 - C2)$$

**K1, K2 – капитальные вложения по первому и второму вариантам; C1, C2 – себестоимость годового выпуска по первому и второму вариантам.**

**Проектирование  
ТИПОВЫХ и групповых  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
процессов**

# Типовой технологический процесс

**Типовой технологический процесс характеризуется общностью конструктивных и технологических признаков.**

**Для разработки типового ТП необходимо провести классификацию деталей, которая осуществляется по конструктивным и технологическим признакам.**

# Типовой технологический процесс

**Признаками для классификации являются:**

- **геометрическая форма;**
- **функциональное и служебное назначение;**
- **параметрические и конструктивные признаки;**
- **наименование детали.**

# Типовой технологический процесс

**В соответствии с ЕСКД все детали машин подразделяются на 6 классов: 71; 72; ...76. Основными признаками для классификации является геометрическая форма.**

**71 класс – тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, штоков и др.**



# Типовой технологический процесс

**Параметрический признак  $L / D$  позволяет разделить детали типа дисков, колец и фланцев от валов.**

**$L \leq 0,5D$  – детали типа дисков, колец;**

**$0,5D \leq L \leq 2D$  - детали типа втулок , осей, валов;**

**$L > 2D$  – валы, штоки, скалки, колонки**

# Типовой технологический процесс

**72 класс – тела вращения с элементами зубчатого зацепления.**

**73 класс – не тела вращения: корпусные, опорные, емкостные.**

**74 класс – не тела вращения:  
плоскостные, рычажные, грузовые и т.п.**

**75 класс – тела вращения и не тела вращения кулачковые, карданные, арматура, крепежные и т.п.**

# Типовой технологический процесс

**76 класс – детали технологической оснастки, выполняющие самостоятельные функции: сверла метчики, пластины режущего инструмента, матрицы, пуансоны и т.п.**

**В основу технологической классификации положены признаки:**

- **Размерная характеристика;**
- **Группа материалов;**
- **Вид исходной заготовки;**
- **Требования по точности, шероховатости и др.**

# Типовой технологический процесс

**Технологический классификатор по методу изготовления деталей кодируется в следующем порядке:**

- 1- детали из литья;**
- 2- детали изготовленные ковкой и штамповкой;**
- 3- детали полученные листовой штамповкой;**
- 4- детали обработанные резанием;**
- 5- детали, подвергающиеся термической обработке;**

# Типовой технологический процесс

- 6- детали, изготовленные формообразованием из полимерных материалов;**
  - 7- детали с покрытием;**
  - 8- детали , подвергающиеся химико–термической обработке;**
  - 9- детали полученные методом порошковой металлургии и т.д.**
-

# Типовой технологический процесс

Детали кодируются буквенно-цифровым кодом.

В соответствии с классификатором по ЕСКД и технологической структура полного конструкторско-технологического кода представляет набор из ряда чисел или букв.

1

2

3

4

5

XXXX. XXXXXX. XXX. XXXXXX. XXXXXXXX.

ЕСКД

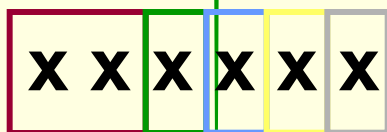
Технологический код  
детали

# Типовой технологический процесс

Первая группа цифр или букв

хххх – код организации разработчика

Вторая группа цифр или букв



/ Вид

Подгруппа

Группа

Класс

Подкласс

# Типовой технологический процесс

## Третья группа цифр

**XXX** – порядковый регистрационный номер.

## Четвертая группа цифр

**XXX.XX.X**

Размерная характеристика детали

Группа материала

Вид детали по технологическому методу изготовления



# Типовой технологический процесс

## Пятая группа цифр

**XXXXXXX** – код признаков, характеризующий вид детали по технологическому методу изготовления.

После того как определен код детали по технологическому классификатору подбирается типовой технологический процесс.

# Типовой технологический процесс

**В типовой технологический процесс вносятся какие-то изменения, дополнения, если например деталь полностью не соответствует классификационным признакам классификатора. Документация типовых технологических процессов включает в себя классификатор и типовые процессы обработки.**

# Групповой технологический процесс

**При разработке групповых технологических процессов, признаками которых является общность технологии разных по конструкции деталей, пользуются только технологическим классификатором. Основными признаками для объединения заготовок в группы по отдельным технологическим операциям является общность обработки поверхностей или их сочетаний.**

# Групповой технологический процесс

**Групповым технологическим процессом** называется совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих обработку различных заготовок группы по общему технологическому маршруту. Разрабатываются групповые операции.

**Под группой понимается** совокупность заготовок, характеризующихся общностью оборудования, технологической оснастки, наладки и технологических переходов.

# Групповой технологический процесс

**При разработке групповых технологических процессов можно пользоваться следующей последовательностью:**

- 1. По чертежам изделий завода производят отбор заготовок, которые могут быть обработаны на одинаковом оборудовании при установке в одностипных приспособлениях с применением одинакового инструмента;**

# Групповой технологический процесс

- 2. Определяется фактическая трудоемкость обрабатываемых заготовок в количестве, обеспечивающих полное выполнение месячной программы;**
- 3. Устанавливается состав группы заготовок, исходя из необходимости загрузки оборудования в течении месяца при минимальных переналадках для других групп заготовок, т.е. осуществляется кратковременная специализация оборудования;**

# Групповой технологический процесс

**4. После уточнения группы создают комплексную заготовку, устанавливают последовательность и содержание переходов групповой операции и разрабатывают схему групповой наладки станка;**

**5. После разработки схемы групповой наладки и уточнения содержания технологических переходов проектируют и изготавливают групповую оснастку.**

# Групповой технологический процесс

**Применение групповой обработки позволяет:**

**1. Повысить производительность обработки за счет:**

- **Обработки заготовок единичного и мелкосерийного производства на более производительных станках (вместо универсальных на токарно-револьверные, вместо револьверных на автоматы и т.д.);**



# Групповой технологический процесс

- **Применения высокопроизводительных групповых приспособлений и групповой оснастки**
- **Сокращения затрат подготовительно-заключительного времени на настройку и переналадку станка и повышения общего коэффициента использования станка по времени;**
- **Применения специализированных, для выполнения групповых операций, высокопроизводительных станков;**

# Групповой технологический процесс

- 1. Создания в условиях мелкосерийного и серийного производства групповых многопредметных поточных и автоматических линий.**
- 2. Сократить сроки технической подготовки производства и освоения новых производств;**
- 3. Упрощается и удешевляется проектирование и изготовление специальной оснастки, заменяемой групповой;**

# Групповой технологический процесс

- 4. Облегчается и удешевляется модернизация станков, приобретающая характер целевой модернизации станков для обработки вполне определенных групп заготовок;**
- 5. Улучшается технологическая отработка конструкции путем передачи конструкторскому отделу в качестве рекомендуемых типоразмеров деталей технологических классификаторов существующих групповых технологических процессов;**

# Групповой технологический процесс

**6. Создаётся большая производственная гибкость метода и неразрывная связь с вопросами организации и планирования производства.**

**Типизация технологических процессов и групповая обработка заготовок представляет собой прогрессивные методы унификации технологических процессов, позволяющие перенести высокопроизводительные методы массового производства в условия серийного.**

**Технологические  
процессы массового  
производства  
(самостоятельно)**