

Литература

1. Технология машиностроения (специальная часть): Учебник / А.А. Гусев, Е.О. Ковальчук, И.М. Колесов и др. – М.: Машиностроение, 1986.
2. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник. – Л.: Машиностроение, Ленинград.отд., 1985.
3. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: Учебник. – М.: Машиностроение, 1987.
4. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.
5. Станки с программным управлением: Справочник / Под ред. Г.А.Монахова. – М.: Машиностроение, 1975.

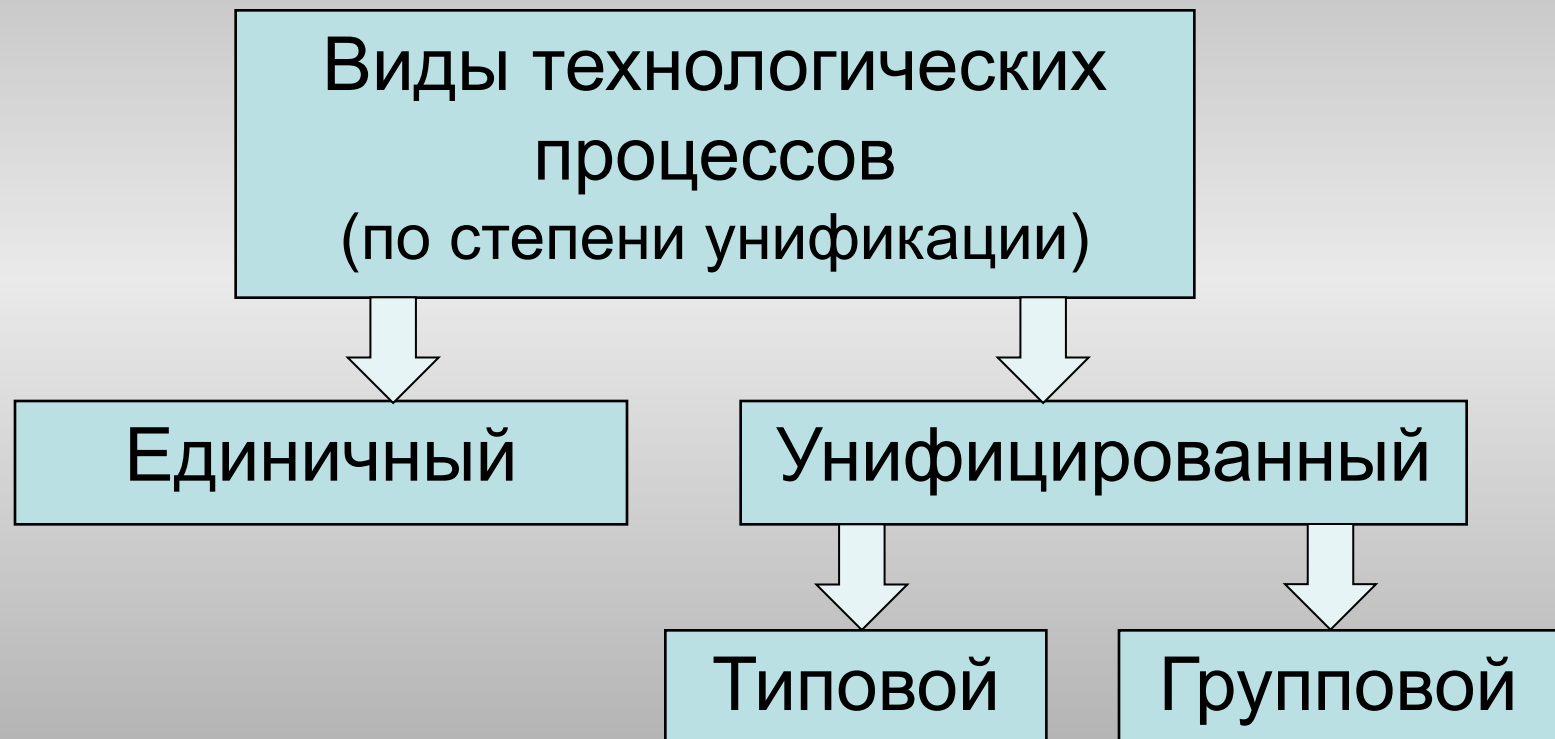
Цель изучения дисциплины

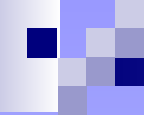
**обучение студентов осознанному
применению методов разработки
технологических процессов
изготовления машин в условиях
автоматизированного
производства**

Задачи изучения дисциплины :

- овладение методами разработки технологических процессов сборки и изготовления деталей любого типа в массовом, серийном и единичном производстве;**
- усвоение общих положений и подходов к автоматизации операций процессов сборки и изготовления деталей;**
- овладение методами проектирования операций изготовления деталей на станках с ЧПУ и автоматических линиях;**
- овладение особенностями построения технологических операций для гибких автоматизированных производств**

Классификация технологических процессов





Единый ТП – технологический процесс, относящийся к изделиям одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства

Типовой ТП – технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками

Групповой ТП – технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками

Исходные данные для проектирования ТП изготовления деталей

Чертеж детали

Дает представление о конструкции детали и описывает требования, предъявляемые к ней

Объем выпуска

Характеризует тип производства, т.е. условия, в которых будет изготавливаться деталь

**Производственная
обстановка**

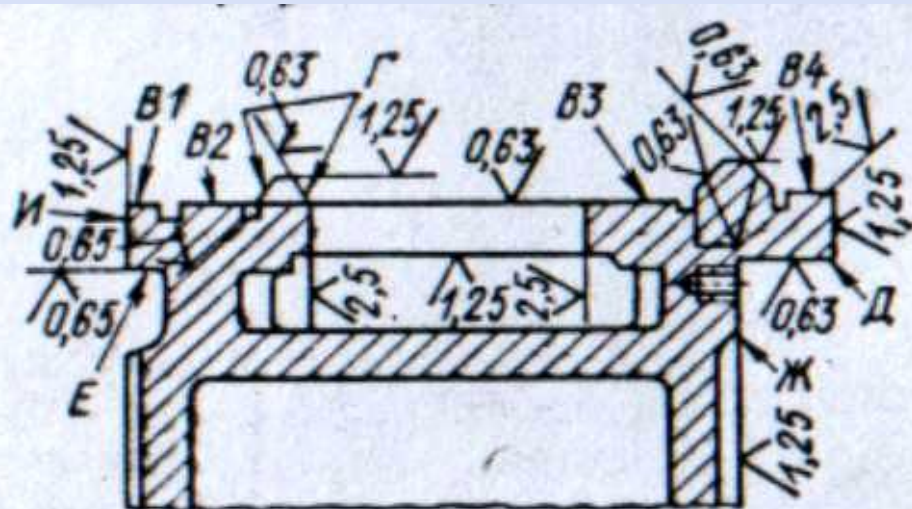
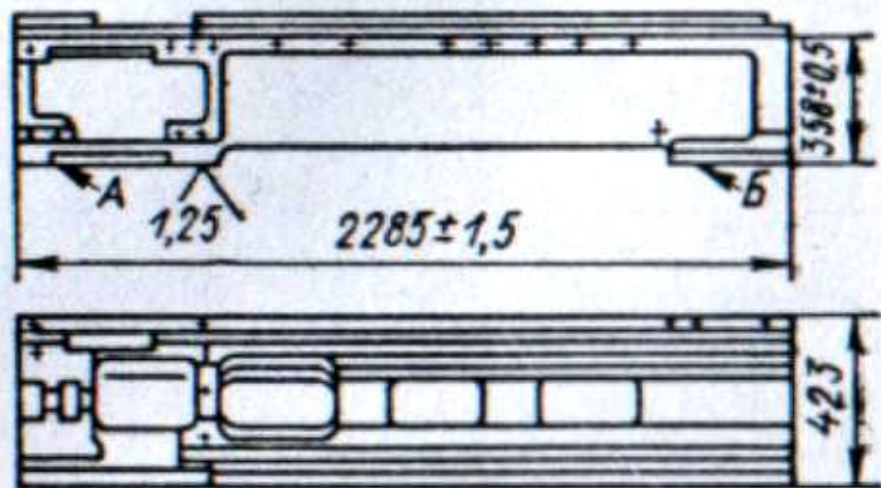
Характеризуется парком станочного оборудования, имеющимися технологической и инструментальной оснасткой, контрольно-измерительными инструментами, приборами, установками

Дополнительная руководящая и справочная информация

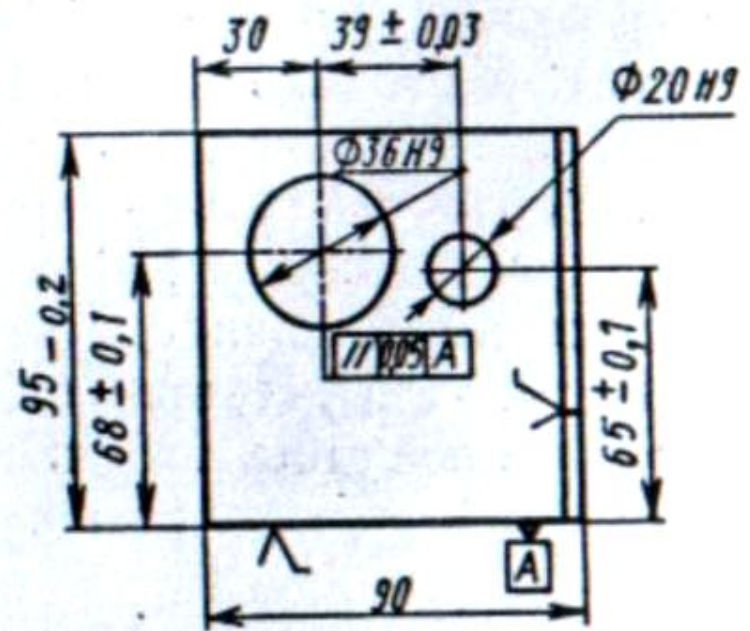
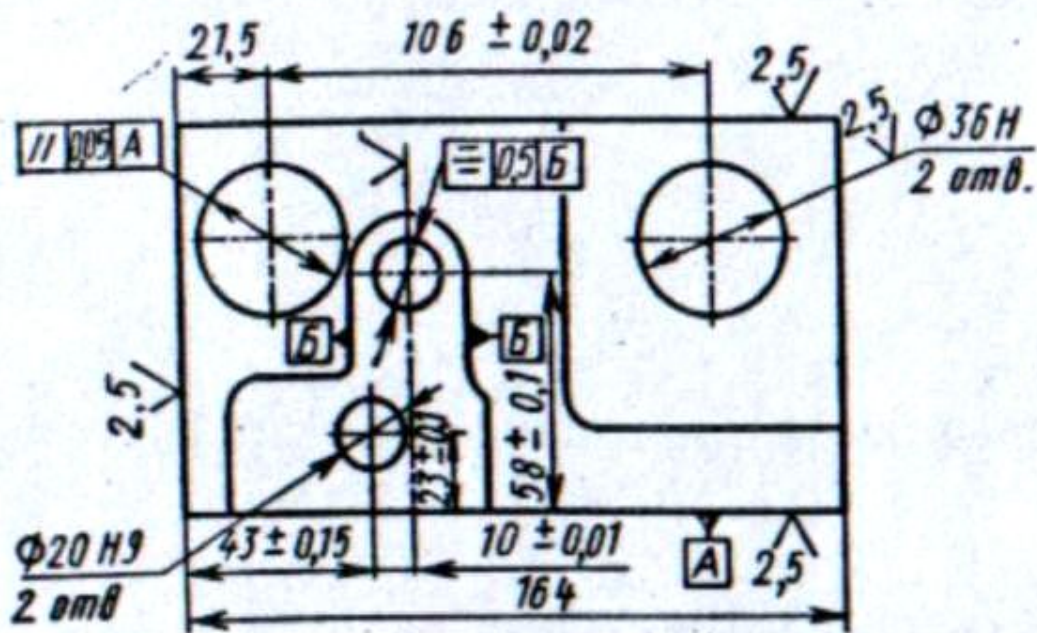
- **стандарты ЕСТПП и ЕСТД;**
 - **каталоги прогрессивного технологического оборудования и оснастки;**
 - **материалы по выбору режимов резания;**
 - **материалы по выбору или расчету припусков;**
 - **материалы по расчету точности и надежности технологических процессов**
-

На проектирование технологического процесса изготовления детали и его особенности оказывает влияние тип детали

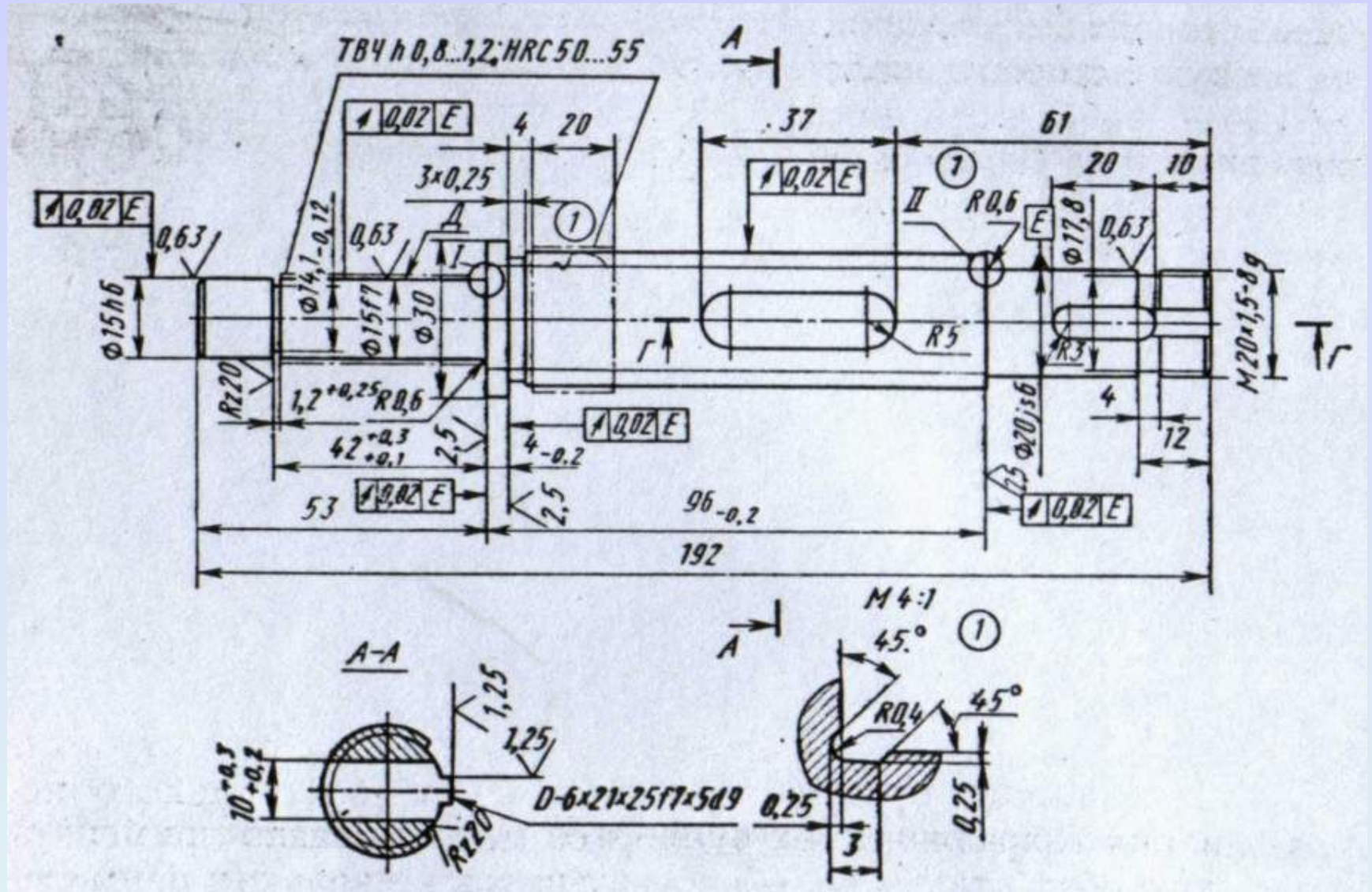
Литая станина прецизионного станка



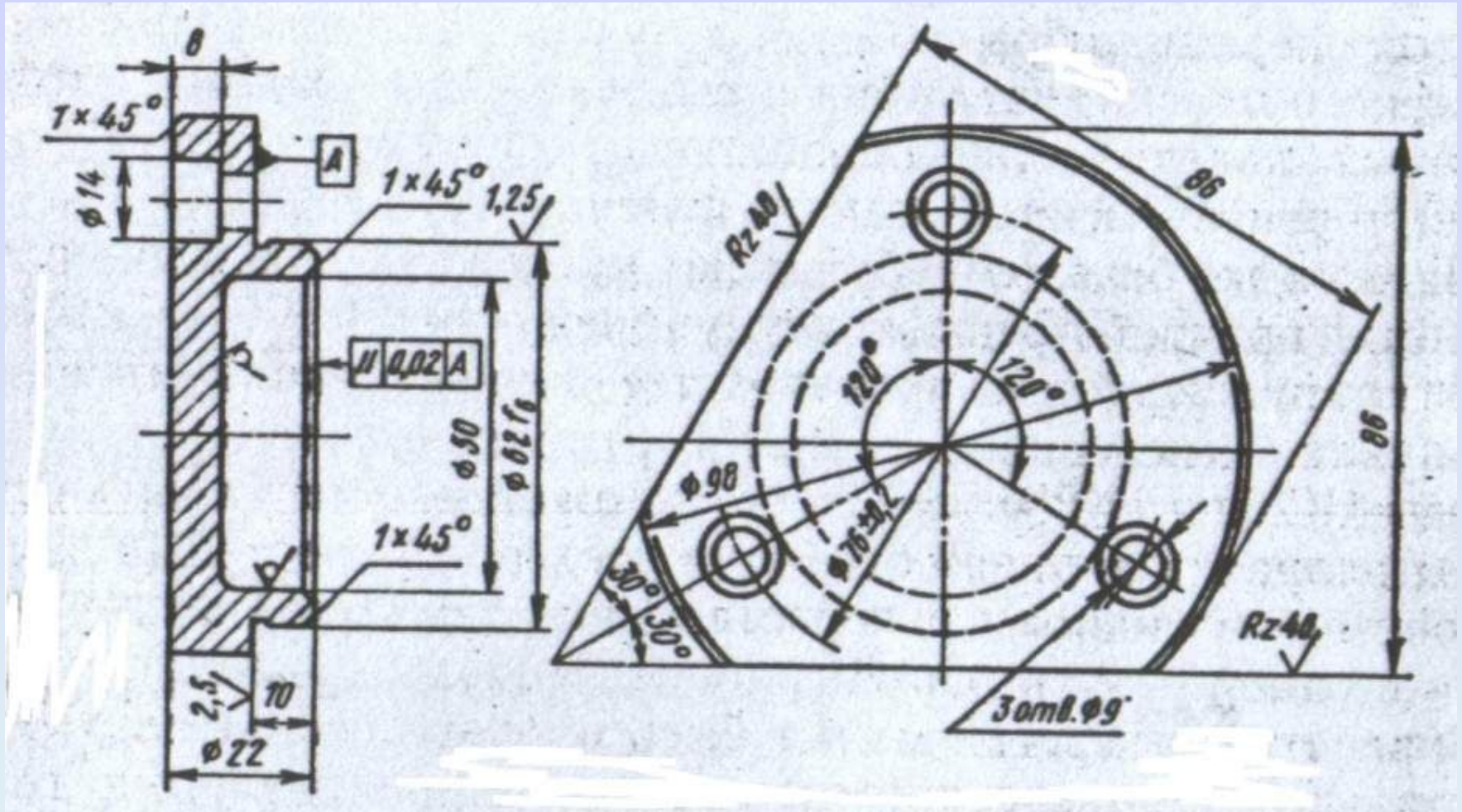
Корпусная деталь



Вал ступенчатый



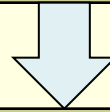
Фланец



Основные этапы разработки ТП

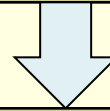
1

Анализ исходных данных



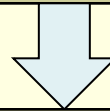
2

Определение типа производства



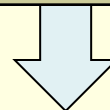
3

Определение класса детали и выбор в качестве аналога действующего типового или группового технологического процесса



4

Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления



Основные этапы разработки ТП

(продолжение)

5

Определение планов обработки отдельных поверхностей

6

Составление технологического маршрута обработки с выбором технологических баз

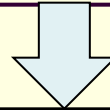
7

Размерно-точностной анализ ТП

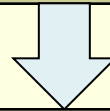
8

Разработка технологических операций

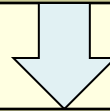
Основные этапы разработки ТП (окончание)



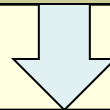
9 Нормирование технологического процесса



**10 Определение требований
техники безопасности**



**11 Расчет экономической эффективности
технологического процесса**



**12 Оформление
технологической документации**

Анализ исходных данных включает:

- анализ чертежей, изучение и корректировку (при необходимости) технических требований к деталям;
- анализ технологичности конструкции деталей;
- формулировку технических задач.

При анализе чертежа детали

- проверяют, содержит ли чертеж все сведения о детали (необходимые проекции, разрезы и сечения, размеры с допусками, требования к точности формы и взаимного расположения, требования к качеству поверхностей);
- выявляют основные и вспомогательные конструкторские базы детали;
- производят контроль правильности простановки размеров.

Три группы размеров (на чертежах деталей, исходные заготовки которых изготавливаются штамповкой, ковкой или отливкой с последующей обработкой части поверхностей)

- Первая группа определяет связи окончательно обработанных поверхностей
- Вторая группа связывает между собой необрабатываемые поверхности (используется в заготовительных цехах)
- Третья группа содержит по каждому координатному направлению только один размер, связывающий систему обработанных с системой необрабатываемых поверхностей (используется на первых операциях обработки для выбора технологических баз и настройки на размер)

Для деталей, изготавливаемых на станках с ЧПУ с учетом требований программирования простановка размеров должна выполняться:

- в прямоугольной системе координат;
- с заданием координат исходной и контрольной точек;
- с указанием всех размеров криволинейного контура (радиусов дуг, координат центров радиусов, координат точек сопряжения дуг);
- с определением точек начала и конца того или иного установочно-позиционного перемещения.

Пример простановки размеров контура детали, изготавливаемой на станке с ЧПУ



Анализ технологичности конструкции изделия

Под *технологичностью конструкции* следует понимать придание изделию (машине, детали) такой конструктивной формы и применение таких материалов, которые обеспечили бы, при условии выполнения машиной (деталью) ее функций, наиболее простое, производительное и экономичное ее изготовление.

Оценка технологичности бывает двух видов:

- Качественная
- Количественная

При качественной оценке технологичности конструкции детали определяется:

- простота конструкции детали;
- степень унификации геометрических элементов в конструкции;
- наличие удобных базирующих поверхностей, обеспечивающих возможность совмещения и постоянства баз;
- удобство контроля точностных параметров детали;
- условия возможности свободного подвода и вывода режущего инструмента при обработке.

Количественная оценка технологичности может быть выражена числовыми показателями

■ Средний квалитет точности

$$K_{\text{ср}} = \frac{\sum K_i \cdot n_i}{\sum n_i} \geq 11$$

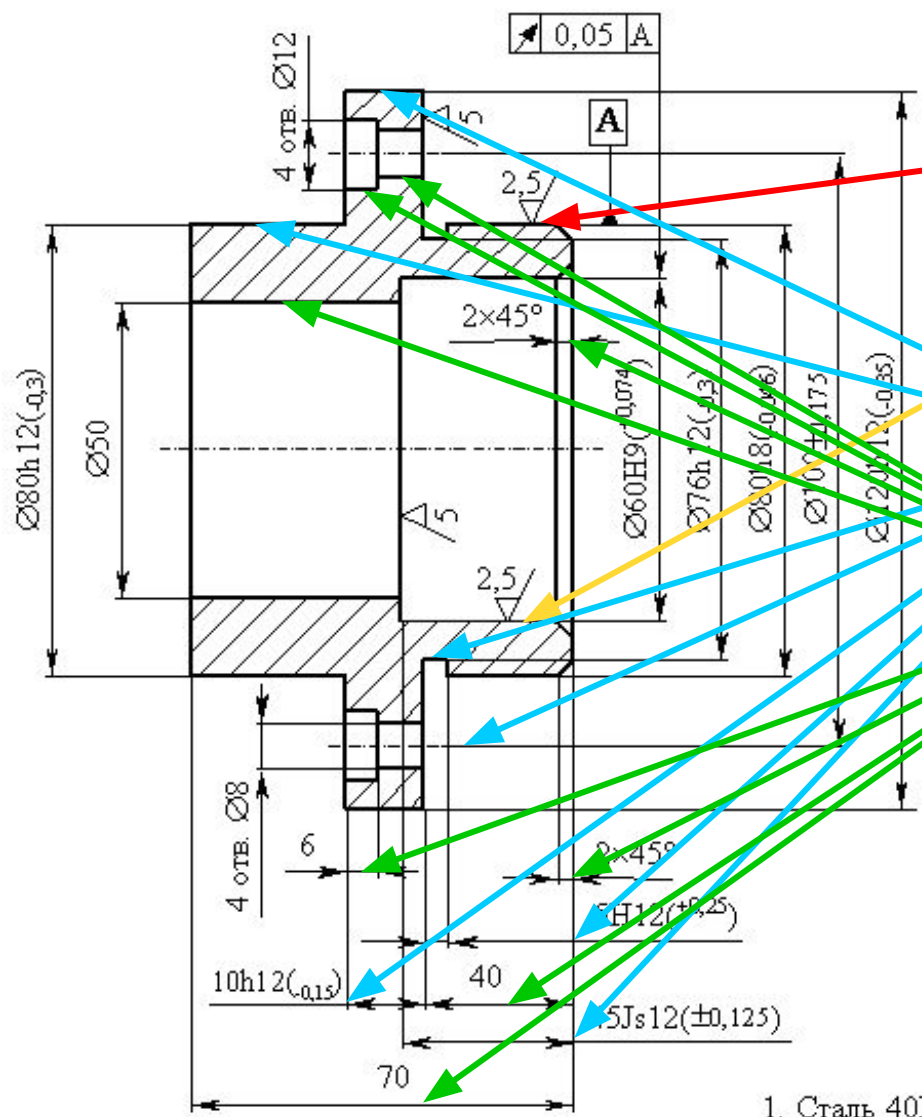
где K_i – квалитет i -го номера; n_i – количество поверхностей (размеров) с квалитетом i -го номера; $\sum n_i$ – общее количество поверхностей (размеров)

■ Средняя шероховатость

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} \geq Ra = 2,5 \text{ мкм}$$

где $Ш_i$ – i -я шероховатость; n_i – количество поверхностей с i -й шероховатостью; $\sum n_i$ – общее количество поверхностей

10/√(✓)



1 поверхность с точностью по 8 качеству

1 поверхность с точностью по 9 качеству

7 поверхностей и размеров с точностью по 12 качеству

8 поверхностей и размеров с точностью по 14 качеству

Средний kvalitet точности

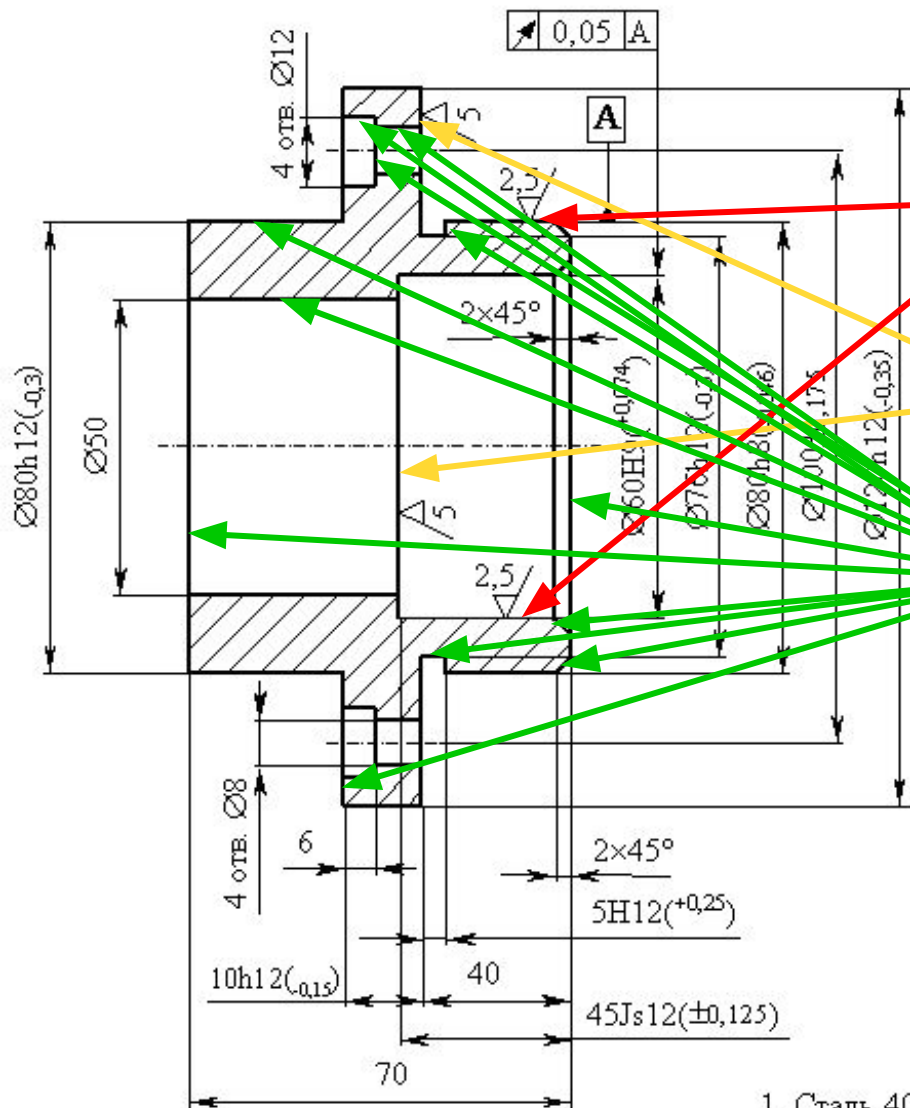
$$K_{CP} = \frac{8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 12 \cdot 7 + 14 \cdot 8}{17} = 12,53 > 11$$

По точности конструкция детали технологична

Фланец

1. Сталь 40X.
2. h14, H14, ± $\frac{IT14}{2}$

10/√(✓)



2 поверхности с шероховатостью
Ra = 2,5 мкм

2 поверхности с шероховатостью
Ra = 5 мкм

12 поверхностей с
шероховатостью Ra = 10 мкм

Средняя шероховатость

$$\begin{aligned} \text{Ш}_{\text{CP}} &= \frac{2,5 \cdot 2 + 5 \cdot 2 + 10 \cdot 12}{16} = \\ &= 8,44 \text{ мкм} > R_a = 2,5 \text{ мкм} \end{aligned}$$

По шероховатости
конструкция детали
технологична

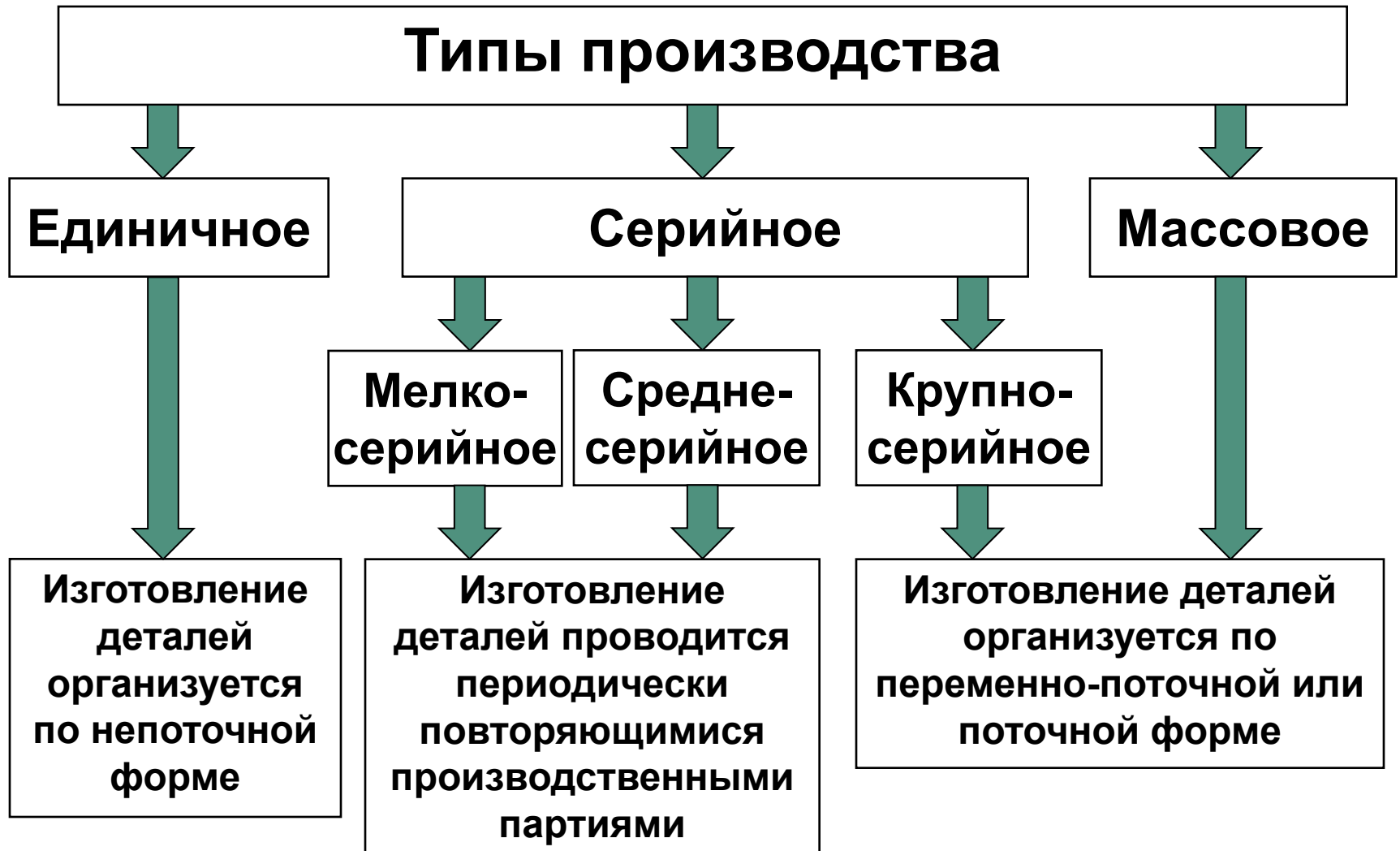
Фланец

1. Сталь 40X.
2. h14, H14, $\pm \frac{IT14}{2}$

Формулировка технических задач по точности обработки определяет:

- структуру технологического процесса;
- применяемое оборудование;
- используемую оснастку;
- квалификацию исполнителя и др.

Определение типа производства



Производственная партия – это группа заготовок одного наименования и типоразмера, запускаемых в обработку одновременно или непрерывно в течение определенного интервала времени

Величина производственной партии (шт.) определяется по формуле:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi}$$

где N – годовая программа с учетом запасных заготовок для настройки станков (5...10 % от объема выпуска);
 a – число дней запаса для обеспечения ритмичности сборки (5...20 дней);
 Φ – число рабочих дней в году (253 дня).

Такт выпуска – это интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий определенного наименования

Размер такта выпуска (мин/шт.) определяется по формуле:

$$\tau = \frac{\Phi_{\text{д}} 60}{N_{\text{и}}}$$

где $\Phi_{\text{д}}$ – действительный фонд времени работы оборудования за рассматриваемый период времени (год, месяц, смена), час;

$N_{\text{и}}$ – количество изделий, выпускаемых с поточной линии за рассматриваемый период времени, шт.

Концентрация и дифференциация операций

Концентрацией (укрупнением) операций называется соединение нескольких простых технологических переходов в одну сложную операцию.

Технологический процесс, построенный по принципу концентрации операций, состоит из небольшого числа сложных операций.

Дифференциацией (раздроблением) операций называется построение операций из небольшого числа простых технологических переходов.

Технологический процесс, построенный по принципу дифференциации операций, состоит из большого числа простых операций.

Достоинства концентрации операций

- повышается точность взаимного расположения поверхностей, обрабатываемых при одном установе;
- повышается производительность обработки за счет совмещения во времени нескольких технологических переходов и соответствующего сокращения общего основного времени;
- повышается общая производительность за счет сокращения затрат вспомогательного времени (в первую очередь затрат времени на установку и снятие заготовок, на смену инструмента, на включение и выключение станка);

Достоинства концентрации операций

(окончание)

- сокращается длительность производственного цикла а, следовательно, и объем незавершенного производства, что приводит к повышению оборачиваемости оборотных средств;
- упрощается календарное планирование производства.

Достоинства дифференциации операций

связаны с возможностью отделения сложной и точной чистовой обработки, требующей высокой квалификации рабочих и высокоточных станков, от предварительной неточной обработки, которая может быть осуществлена простейшими и высокопроизводительными способами на простых и дешевых станках рабочими средней квалификации.

Связь степени концентрации и дифференциации операций с типом и серийностью производства и с конкретными производственными условиями

В условиях единичного и мелкосерийного производства обычно проектируются концентрированные операции, выполняемые высококвалифицированными рабочими на универсальном оборудовании.

В условиях предприятий средней серийности концентрация операций осуществляется на станках с ЧПУ и быстропереналаживаемых агрегатных станках и автоматах, а принцип дифференциации используется на переменнo-поточных линиях групповой обработки.

В условиях крупносерийного и массового производств применяется дифференциация операций на конвейерных автоматических линиях, состоящих из простых узкоспециализированных станков, и концентрация операций на сложных многошпиндельных автоматах и агрегатных станках, а также на автоматизированных производственных системах.

В условиях крупного и тяжелого машиностроения технологические процессы строятся в основном по принципу их концентрации, с применением переносных станков.

Анализ производственной обстановки

- Выбирается то оборудование, которое необходимо для изготовления детали.
- Выбор оборудования проводится с учетом паспортных данных станков и их технических возможностей.
- Стремятся применять только те станки, приспособления и инструменты, которые имеются на данном предприятии.

Анализ производственной обстановки (окончание)

- Проектирование технологических процессов проводится с учетом распределения оборудования по цехам и участкам.
- Производственную обстановку возможно изменять модернизацией оборудования, изготовлением новой оснастки и инструмента.





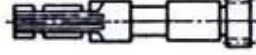

Определение класса детали






Классом называется совокупность деталей, характеризующихся общностью технологических задач, решаемых в условиях определенной конфигурации этих деталей

По классификации проф. А.П. Соколовского различают 14 классов деталей:

- Валы
- Втулки
- Диски
- Эксцентриковые детали
- Крестовины
- Рычаги
- Плиты
- Угольники
- Бабки
- Зубчатые колеса
- Фасонные кулачки
- Ходовые винты
- Червяки
- Мелкие крепежные детали

Пример классификации ступенчатых валов

Тип		Группа			
Наименование	Обозначение	Наименование	Эскиз	Обозначение валов длиной, мм	
				150 ... 500	500 ... 1000
Вал без центрального отверстия	1	Вал без шлицев и зубчатых колес		1-1-1	1-11-1
		Вал со шлицем		1-1-2	1-11-2
		Вал-шестерня без шлицев		1-1-3	1-11-3
				1-1-3	1-11-3
		Вал-шестерня цилиндрический со шлицами		1-1-4	1-11-4
		Вал-шестерня конический со шлицами		1-1-5	1-11-5

Тип		Группа			
Наименование	Обозначение	Наименование	Эскиз	Обозначение валов длиной, мм	
				150 ... 500	500 ... 1000
Вал с центральным отверстием	2	Вал без шлицев и зубчатых колес		2-1-1	2-11-1
		Вал со шлицами		2-1-2	2-11-2
		Вал-шестерня со шлицами		2-1-3	—
				2-1-3	—
Вал-рейка		—	2-11-3		

Типовые технологические процессы механической обработки ступенчатых валов в серийном производстве

Вал		Термическая обработка	Операции. Рекомендуемые станки									
Наименование	Обозначение		Фрезерование торцов и зацентровка. Фре- зерно-центровальные станки МР37, МР71, МР78.	Черновая токарная обработка. Токарные станки 16К20, 1712П, 16К20Ф3	Термическая обработка – улучшение	Чистовая токарная обработка. Токарные станки 16К20, 1712П, 16К20Ф3	Токарная обработка. Токарные станки 16К20, 1712П, 16К20Ф3	Предварительное шлифование. Кругло-шлифовальные станки 3М151, 3А152, 3М151Ф2	Фрезерование шпоночных пазов. Кон- сольно-фрезерные станки 6М81Г, 6М11	Фрезерование шлицев. Шлицефрезерный станок 5350А	Фрезерование зубьев. Зубофрезерный станок 5350	Закругление зубьев. Зубозакругляющий станок 5580
Валы без шлицев и шестерен	1 – 1 – 1	Без обработки Закалка, цемен- тация и закалка. Улучшение	X X X		X	X	X X		X X			
Валы со шлицами	1 – 1 – 2	Без обработки Закалка, цемен- тация и закалка. Улучшение	X X X	X	X	X	X X		X X	X		
Валы-шес- терни без шлицев	1 – 1 – 3	Без обработки Закалка, цемен- тация и закалка. Улучшение	X X X	X	X	X	X X		X X		X X	X X
Валы-шес- терни цилин- дрические со шлицами	1 – 1 – 4	Без обработки Закалка, цемен- тация и закалка. Улучшение	X X X	X	X	X	X X	X X	X X	X	X X	X X

Типовые технологические процессы механической обработки ступенчатых валов в серийном производстве

Вал		Термическая обработка	Операции. Рекомендуемые станки								
Наименование	Обозначение		Шевингование зубьев. Шевинговальные станки 5М714, 5702.	Нарезание резьбы. Токарно-винторезные станки 1А616, 16К20	Термическая обработка – закалка	Окончательное шлифование поверхностей. Круглошлифовальные станки 3М151, 3М153А	Фрезерование шлицев. Шлицефрезерный станок 5350А	Шлифование шлицев. Шлицешлифовальные станки 3Б451П, 3451	Шлифование зубьев. Зубошлифовальный станок 5831	Калибровка резьбы, зачистка заусенцев	Промывка
Валы без шлицев и шестерен	1 – 1 – 1	Без обработки Закалка, цементация и закалка. Улучшение			X	X X				X X	X X
Валы со шлицами	1 – 1 – 2	Без обработки Закалка, цементация и закалка. Улучшение		X X	X	X X	X	X	X	X X	X X
Валы-шестерни без шлицев	1 – 1 – 3	Без обработки Закалка, цементация и закалка. Улучшение	X X		X	X X			X	X X	X X
Валы-шестерни цилиндрические со шлицами	1 – 1 – 4	Без обработки Закалка, цементация и закалка. Улучшение	X X X	X X	X	X X X	X	X	X	X X X	X X X

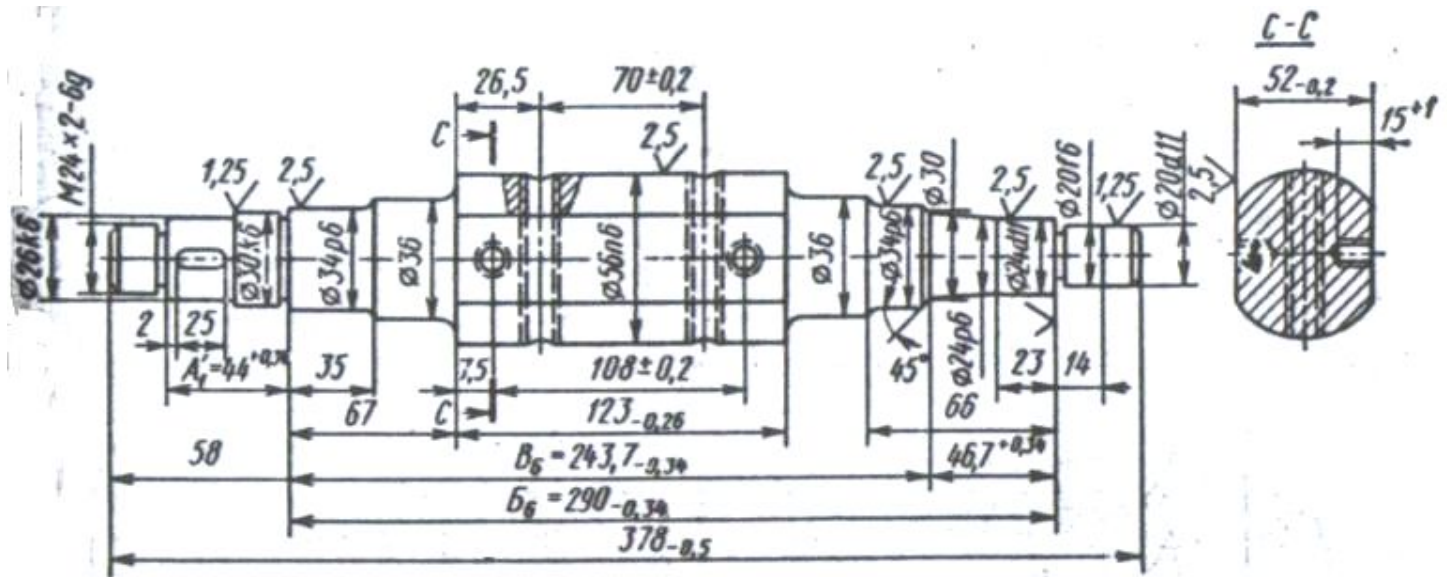
Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления

Исходя из физико-механических свойств материала детали, серийности производства и возможностей оборудования заготовительного производства на предприятии определяют метод получения исходной заготовки и ее конфигурацию

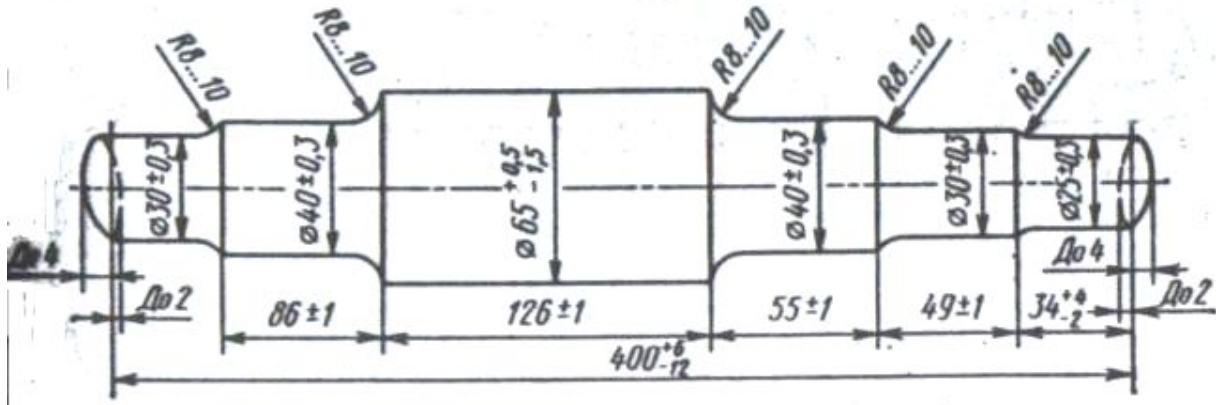
В единичном производстве используются простейшие заготовки (литье в землю, горячий прокат, поковки) с малой точностью и большими припусками

В серийном производстве в качестве исходных заготовок используется горячий и холодный прокат, литье в землю и под давлением, точное литье, поковки, точные штамповки и прессовки, целесообразность применения которых обосновывается технико-экономическими расчетами

В массовом производстве широко используются точные индивидуальные исходные заготовки с минимальными припусками на механическую обработку (литье под давлением и точное литье, горячая объемная штамповка и прессовка, калибровка и чеканка и т.п.)



а)



б)

Вал генератора

а – эскиз детали; б – эскиз заготовки

Определение планов обработки поверхностей

План обработки поверхности определяет:

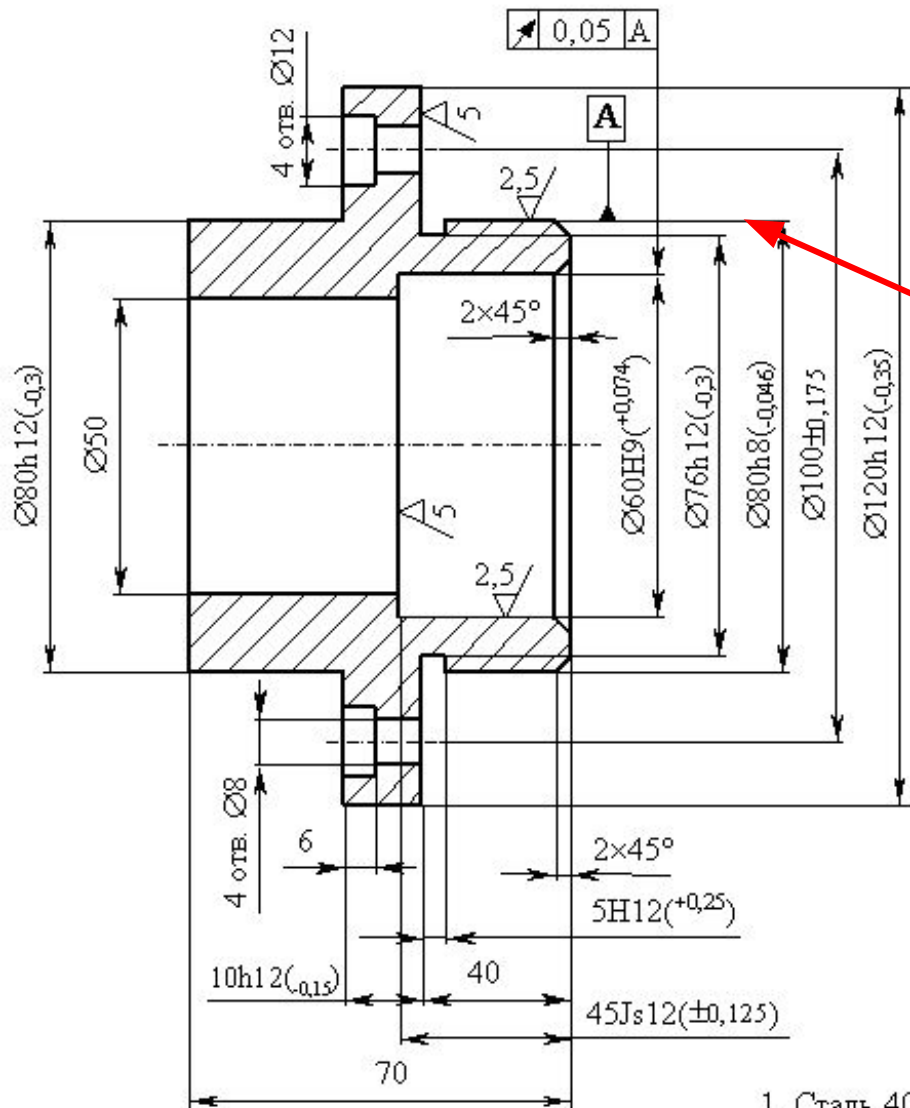
- **необходимое количество этапов обработки поверхности;**
- **методы обработки, используемые на этих этапах;**
- **состояния поверхности, получаемые на каждом этапе** (точность и шероховатость для элемента вращения и шероховатость для плоскостного элемента).

План обработки поверхности целесообразно определять начиная с окончательного состояния элемента, двигаясь в направлении к исходной заготовке, используя следующие данные, представленные в таблице

Точность и шероховатость при обработке поверхностей на выполняемом и предшествующем этапе обработки

Квалитет точности обработки		Шероховатость R_a , мкм	
На выполняемом этапе	На предшествующем этапе	На выполняемом этапе	На предшествующем этапе
6	≤ 9	0,08	$\leq 0,32$
7	≤ 10	0,16	$\leq 0,63$
8	≤ 11	0,32	$\leq 1,25$
9	$\leq 11...12$	0,63	$\leq 2,5$
10	≤ 13	1,25	≤ 5
11 } 12 }	≤ 14	2,5 (3,2)	≤ 10
13 } 14 }		5 } 10 }	≤ 20
	Отклонения в заготовке	20	$\leq 80...100$

10/√(✓)



Фланец

План обработки наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 80h8$, $R_a = 2,5$ мкм :

$\varnothing 80h8$, $R_a = 2,5$ мкм –
чистовое точение;

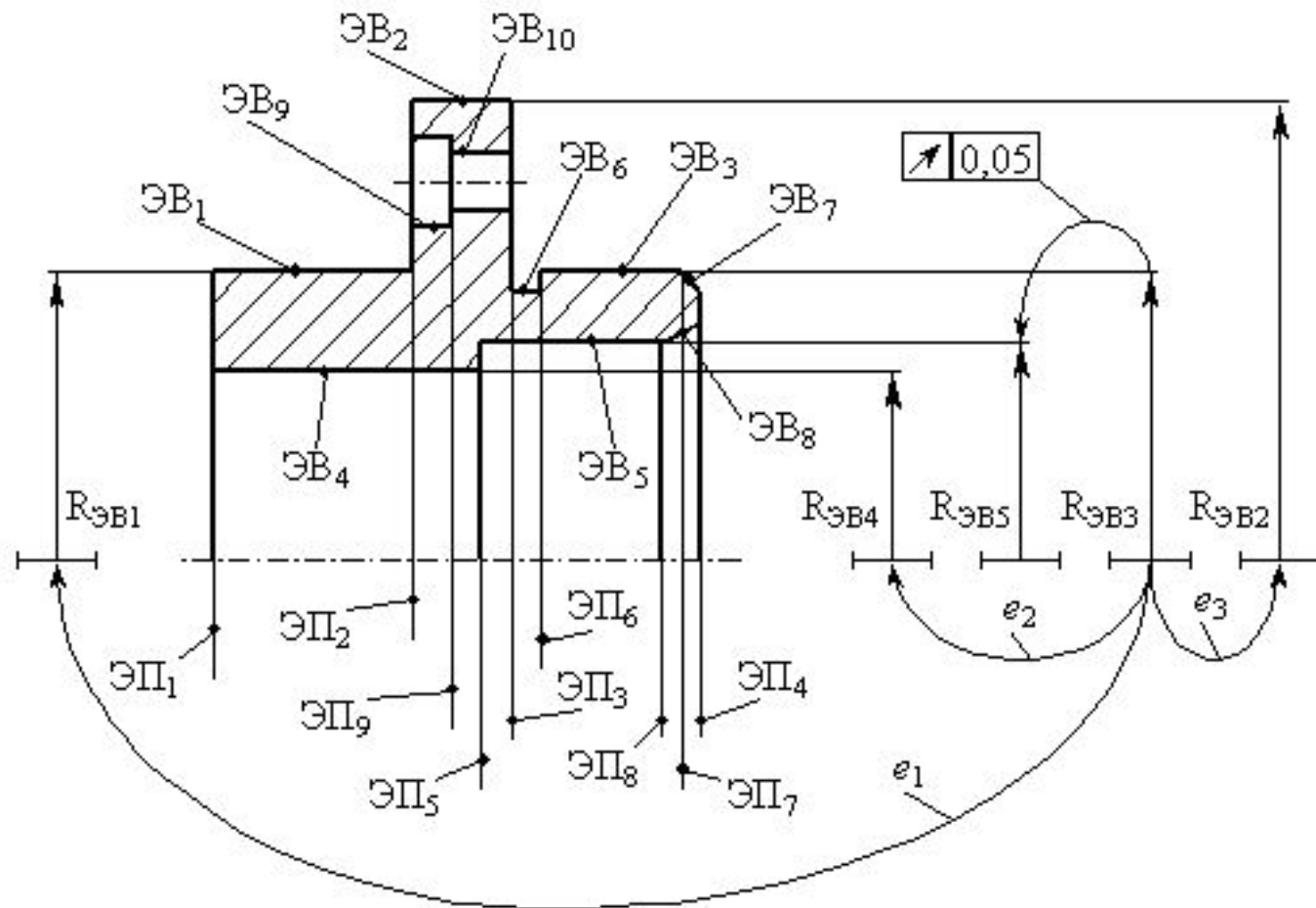
$\varnothing \dots h11$, $R_a = 5$ мкм –
получистовое точение;

$\varnothing \dots h14$, $R_a = 20$ мкм –
черновое точение;

$\varnothing \dots \begin{matrix} +1,0 \\ -0,5 \end{matrix}$ $R_z 320$ мкм –
штамповка ГКМ.

1. Сталь 40X.
2. $h14, H14, \pm \frac{IT14}{2}$

Планы обработки поверхностей можно представить таблично, предварительно разбив деталь на элементы вращения (ЭВ_i) и плоскостные элементы (ЭП_j)



Планы обработки элементов (поверхностей) детали "Фланец"

Характеристики этапа обработки элемента	Элементы детали																		
	ЭВ ₁	ЭВ ₂	ЭВ ₃	ЭВ ₄	ЭВ ₅	ЭВ ₆	ЭВ ₇	ЭВ ₈	ЭВ ₉	ЭВ ₁₀	ЭП ₁	ЭП ₂	ЭП ₃	ЭП ₄	ЭП ₅	ЭП ₆	ЭП ₇	ЭП ₈	ЭП ₉
Метод окончательной обработки элемента с указанием до или после ТО	Точен. полу-чист. до ТО	Точен. полу-чист. до ТО	Точение чист. до ТО	Растачив. черн. до ТО	Растачив. чист. до ТО	Точен. од-нокр. до ТО	Точен. од-нокр. до ТО	Растач. од-нокр. до ТО	Зенкерование до ТО	Сверление до ТО	Подрезка окон. до ТО	Подрезка окон. до ТО	Подрезка окон. до ТО	Подрезка окон. до ТО	Подрезка окон. до ТО	Подрезка окон. до ТО	Точен. од-нокр. до ТО	Растач. од-нокр. до ТО	Подр. при зенк. до ТО
Точность	h12	h12	h8	H14	H9	h14	h14	H14	H14	H14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Шероховатость, R _a	10	10	2,5	10	2,5	5	10	10	10	10	10	10	5	10	5	10	10	10	10
Метод предварительной обработки элемента	Точение черновое	Точение черновое	Точение получист.	-	Растачив. получист.	-	-	-	-	-	Подрезка предвар.	Подрезка предвар.	Подрезка предвар.	Подрезка предвар.	Подрезка предвар.	Подрезка предвар.	-	-	-
Точность	h14	h14	h11	-	H12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Шероховатость, R _a	20	20	5	-	5	-	-	-	-	-	20	20	20	20	20	-	-	-	-
Метод предварительной обработки элемента	-	-	Точение черновое	-	Растачив. черновое	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Точность	-	-	h14	-	H14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Шероховатость, R _a	-	-	20	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Метод получения элемента в заготовке	Штамповка ГКМ	Штамповка ГКМ	Штамповка ГКМ	Штамповка ГКМ	-	-	-	-	-	-	Штамповка ГКМ	Штамповка ГКМ	Штамповка ГКМ	Штамповка ГКМ	-	-	-	-	-
Отклонения	+1,0 -0,5	+1,0 -0,6	+1,0 -0,5	+0,4 -1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Шероховатость, R _Z	320	320	320	320	-	-	-	-	-	-	320	320	320	320	-	-	-	-	-

Из таблицы видно, что технологический процесс изготовления детали "Фланец" будет состоять из следующих этапов:

- заготовительного (штамповочного);
- токарного чернового;
- токарного получистового;
- токарного чистового;
- сверлильного.

При этом можно принять указанную последовательность выполнения этапов с объединением чернового и получистового этапов в один, исходя из технологических возможностей токарных станков с ЧПУ, широко применяемых в условиях среднесерийного производства.

Составление технологического маршрута с выбором технологических баз

- Множество элементов разделяют на подмножества, изготовление которых связано с переустановкой заготовки, и определяют сторону заготовки, с которой следует начинать механическую обработку.
- Проводят выделение и распределение между собой этапов механической, термической, гальванической и других видов обработки.
- Определяют состав элементов, обрабатываемых на каждой операции, и используемое оборудование.

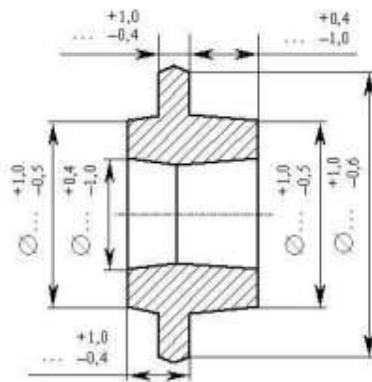
Составление технологического маршрута с выбором технологических баз (окончание)

- Назначают последовательность выполнения операций.
- Для каждой операции механической обработки назначают схему базирования и закрепления заготовки, а также определяют тип и класс точности применяемого приспособления.
- Назначают структуру геометрических связей, обеспечиваемых на каждой операции.

Технологический маршрут изготовления детали «Фланец»

Горизонтально-ковочная машина

R_{z320} \checkmark \checkmark

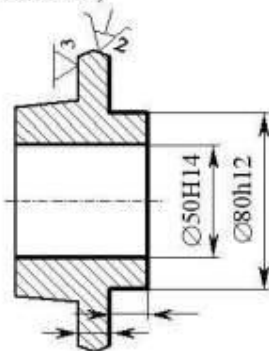


1. Штамповка повышенной точности.
2. Неуказанные штамповочные уклоны – 2° , радиусы – 2 мм

а) ОК1 – 005 Штамповочный

Токарно-винторезный станок с ЧПУ (16К20Ф3)

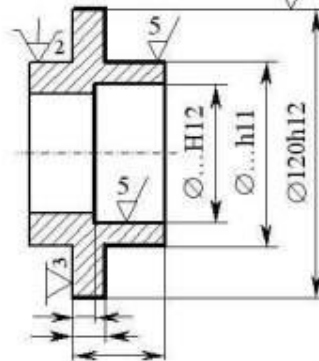
10 \checkmark \checkmark



б) ОК2 – 010 Токарный с ЧПУ

Токарно-винторезный станок с ЧПУ (16К20Ф3)

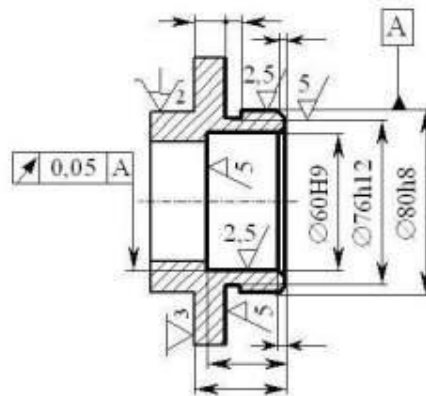
20 \checkmark \checkmark



в) ОК3 – 015 Токарный с ЧПУ

Токарно-винторезный станок с ЧПУ (16К20Ф3)

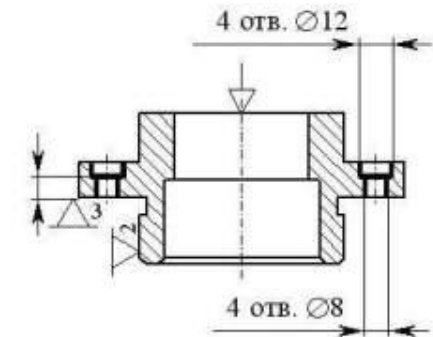
10 \checkmark \checkmark



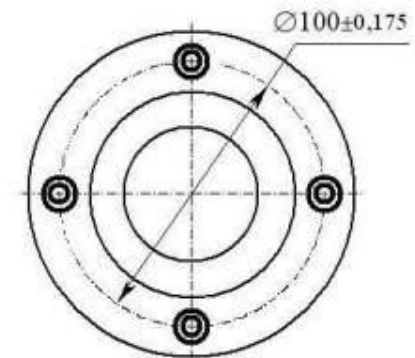
г) ОК4 – 020 Токарный с ЧПУ

Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ (2Р135РФ2)

10 \checkmark \checkmark



д) ОК5 – 025 Сверлильный с ЧПУ

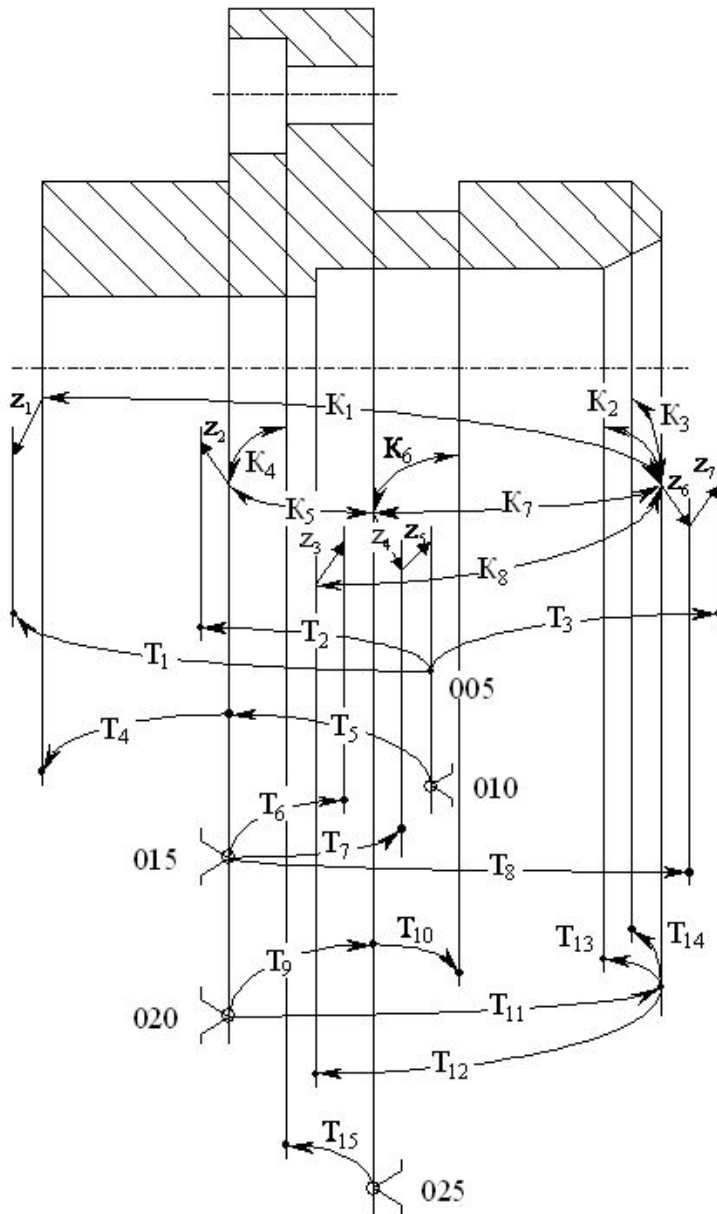


Размерно-точностной анализ ТП

При проектировании технологических процессов для автоматического и полуавтоматического оборудования (полуавтоматов, автоматов, автоматических линий, агрегатных станков и станков с ЧПУ) проводится размерно-точностной анализ ТП.

Его целью является проведение всех расчетов по определению операционных размеров и припусков на обработку, а также анализ возможности выполнения конструкторских размеров и технических требований взаимного расположения элементов с заданной точностью на выбранном оборудовании автоматически при установке заготовки без выверки или с применением выверки.

Схема линейных размеров и результаты расчета



$$K_1 = T_4 + T_{11};$$

$$K_2 = T_{13};$$

$$K_3 = T_{14};$$

$$K_4 = T_9 - T_{15};$$

$$K_5 = T_9;$$

$$K_6 = T_{10};$$

$$K_7 = T_{11} - T_9;$$

$$K_8 = T_{12};$$

$$z_1 = T_1 - T_5 - T_4;$$

$$z_2 = T_2 - T_5;$$

$$z_3 = T_{12} - T_{11} + T_6;$$

$$z_4 = T_7 - T_9;$$

$$z_5 = T_5 - T_7;$$

$$z_6 = T_8 - T_{11};$$

$$z_7 = T_5 + T_3 - T_8.$$

$$T_1 = 31,7^{+1,0}_{-0,4}$$

$$T_2 = 12,1^{+1,0}_{-0,4}$$

$$T_3 = 41,7^{+0,4}_{-1,0}$$

$$T_4 = 19,2^{+0,33}$$

$$T_5 = 11,2_{-0,27}$$

$$T_6 = 6_{-0,18}$$

$$T_7 = 10,5_{-0,18}$$

$$T_8 = 51,2_{-0,46}$$

$$T_9 = 10_{-0,15}$$

$$T_{10} = 5^{+0,12}$$

$$T_{11} = 50,4_{-0,3}$$

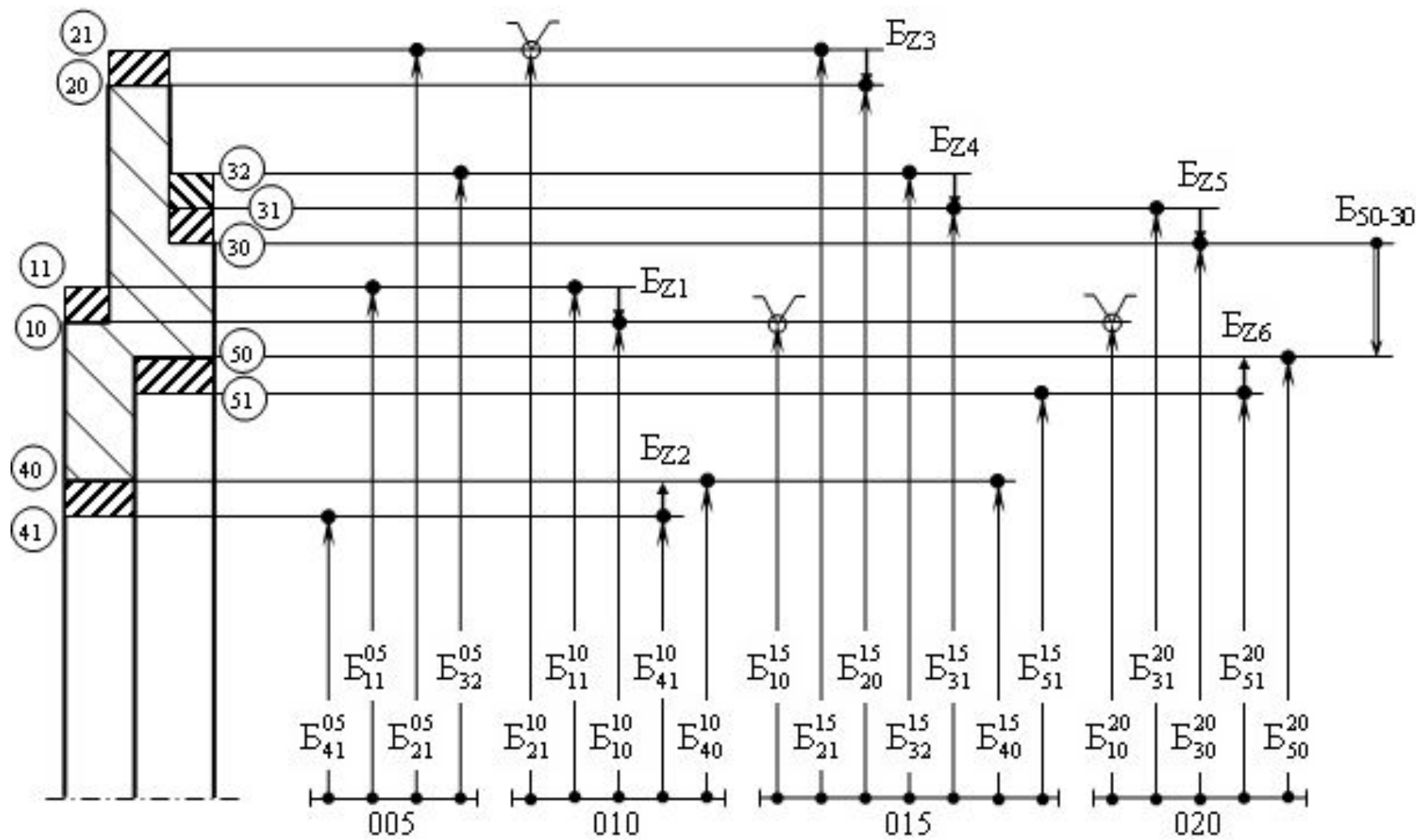
$$T_{12} = 45 \pm 0,125$$

$$T_{13} = 2^{+0,25}$$

$$T_{14} = 2^{+0,25}$$

$$T_{15} = 3,85_{-0,12}$$

Схема биений



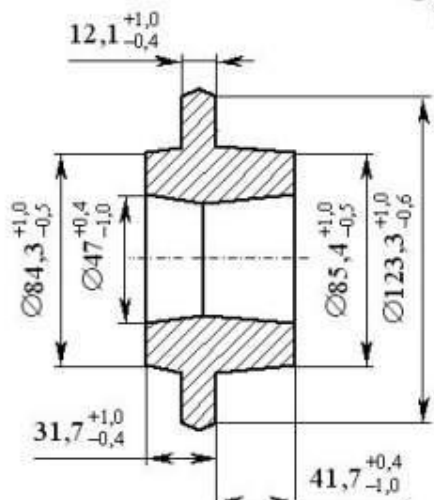
Расчет промежуточных диаметральных размеров

Маршрут обработки элемента	№ операц.	Диаметр, мм		Отклонен.	Составляющие припуска, мм			$Z_{i \text{ расч}}^{\text{расч}}$ мм	Фактический припуск, мм	
		Расч.	Окр.		$R_{Z(i-1)}$	$h_{(i-1)}$	$e_{\text{max } i}$		$Z_{i \text{ min}}$	$Z_{i \text{ max}}$
Ø80h8 _(-0,046) Чист. точ. (h8)	020	80	80	-0,046	0,025	0,025	0,099*3	0,149	0,19	0,323
П/чист. точ.(h11)	015	80,518	80,6	-0,22	0,1	0,1	0,053*2	0,253	0,265	0,81
Черн. точ. (h14)	015	81,976	82,0	-0,87	0,16	0,2	1,059*1	1,419	1,45	2,635
Штамповка ГКМ	005	85,338	85,4	+1,0 -0,5	-	-	-	-	-	-
Ø80h12 _(-0,3) П/чист. точ.(h12)	010	80	80	-0,3	0,1	0,1	0,042*5	0,242	0,265	0,85
Черн. точ. (h14)	010	81,354	81,4	-0,87	0,16	0,2	0,826*4	1,186	1,2	2,385
Штамповка ГКМ	005	84,272	84,3	+1,0 -0,5	-	-	-	-	-	-
Ø120h12 _(-0,35) П/чист. точ.(h12)	015	120	120	-0,35	0,1	0,1	0,012*7	0,212	0,25	0,925
Черн. точ. (h14)	015	121,424	121,5	-1,0	0,16	0,2	0,236*6	0,596	0,6	1,9
Штамповка ГКМ	005	123,292	123,3	+1,0 -0,6	-	-	-	-	-	-

Технологический процесс изготовления детали «Фланец»

005 Штамповка ГKM

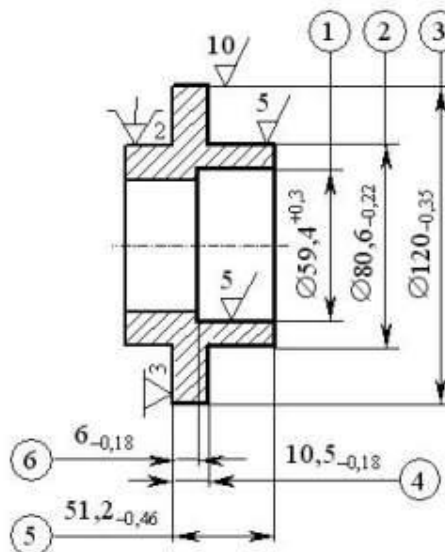
$R_z 320$ ✓(✓)



1. Штамповка повышенной точности.
2. Неуказанные штамповочные уклоны – 2°, радиусы – 2 мм.

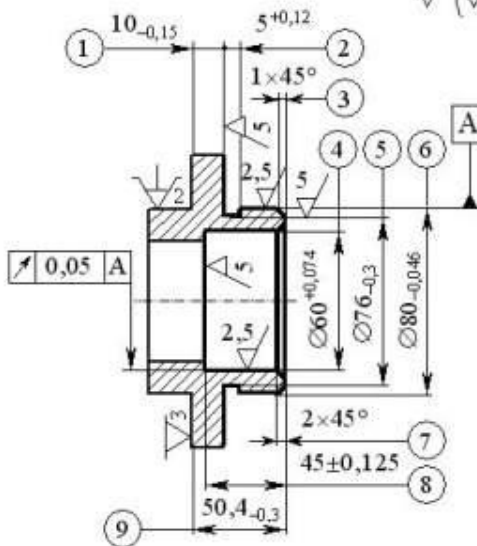
015 Токарная с ЧПУ 16K20Ф3

20 ✓(✓)



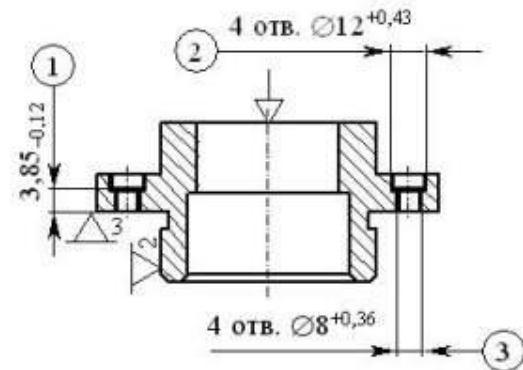
020 Токарная с ЧПУ 16K20Ф3

10 ✓(✓)



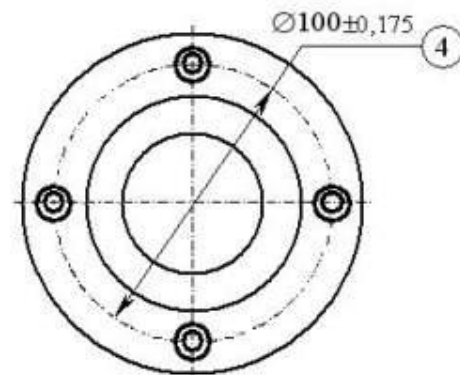
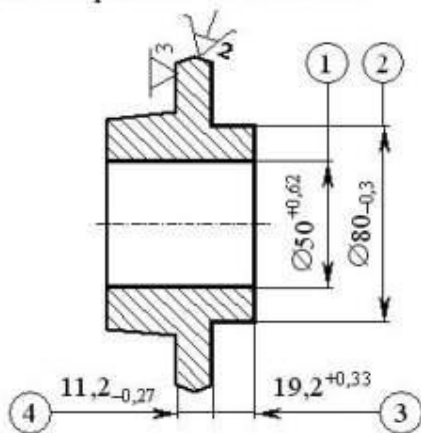
025 Сверлильная с ЧПУ 2P135PФ2

10 ✓(✓)



010 Токарная с ЧПУ 16K20Ф3

10 ✓(✓)



Разработка технологических операций

При проектировании операций ТП решаются следующие задачи:

- определяется перечень и количество инструментов, необходимых для обработки заготовки;
- определяется последовательность выполнения переходов, т.е. структура операции;
- для каждого перехода рассчитываются или назначаются режимы резания;

Разработка технологических операций (окончание)

- проектируется схема наладки станка;
- разрабатываются траектории движения инструментов и расчетно-технологические карты;
- проводится техническое нормирование операции в зависимости от ее структуры.

Нормирование технологического процесса

Техническое нормирование в широком смысле этого понятия представляет собой установление обоснованных норм расхода производственных ресурсов (энергии, сырья, материалов, инструмента, рабочего времени и т.д.).

Особенно важной задачей, решаемой при проектировании технологических процессов, является задача технического нормирования рабочего времени, т.е. нормирования труда.

Одной из основных задач нормирования является определение меры труда и соответствующего вознаграждения.

Методы нормирования труда

- Опытно-статистический метод.
- Расчетно-аналитический метод (техническое нормирование).
- Метод укрупненного нормирования.

Опытно-статистический метод и метод укрупненного нормирования используются в единичном и мелкосерийном производстве.

Расчетно-аналитический метод используется в мелкосерийном (при использовании станков с ЧПУ), среднесерийном, крупносерийном и массовом производстве.

Опытно-статистический метод

Опытно-статистический метод не предполагает аналитического расчета трудоемкости отдельных элементов выполняемой работы и их суммирования.

Норма времени устанавливается на всю операцию в целом путем сравнения с нормами и фактической трудоемкостью выполнения в прошлом аналогичной работы.

Основой этого метода являются статистические данные о фактической трудоемкости аналогичных операций в прошлом и опыт нормировщиков и мастеров.

Недостатки

ОПЫТНО-СТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА

Опытно-статистические нормы:

- узаконивают на будущее существовавшие в прошлом недостатки в технологии и организации труда и производства;
- являются заниженными;
- не отвечают задачам вскрытия резервов производства и повышения производительности труда.

Метод укрупненного нормирования

В условиях единичного и мелкосерийного производств экономически нецелесообразно расчленять операции на дифференцированные элементы для определения норм времени.

В этом случае определение норм времени производится по укрупненным нормативам (на технологические переходы) или по типовым нормам, составленным расчетно-аналитическим методом для типовых ТП.

Задачи расчетно-аналитического метода (технического нормирования)

- выявление резервов рабочего времени;
- улучшение организации труда на предприятии;
- установление правильной меры труда (т.е. определение нормы времени);
- повышение производительности труда и увеличение объема производства.

Нормы времени, определенные расчетно-аналитическим методом, называются технически обоснованными нормами или просто техническими нормами.

Технически обоснованная норма времени (техническая норма) – это время, необходимое для выполнения единицы работы, установленное расчетом исходя из рационального использования в данных условиях производства труда рабочего (живого труда) и орудий труда (овеществленного труда) с учетом передового производственного опыта.

Техническая норма устанавливается с учетом наличия рационального ТП, правильной для данных производственных условий организации труда и выполнения работы рабочим соответствующей квалификации, производительность труда которого выше средней производительности труда рабочих на аналогичной работе.

Под правильной организацией труда подразумеваются:

- экономически целесообразное в данных условиях отделение основной работы от подготовительной и вспомогательной;
- рациональная организация рабочих мест и их систематическое обслуживание исходя из данных производственных условий;
- рациональное выполнение трудовых действий рабочего;
- нормальные санитарно-гигиенические условия работы (освещение, отопление, вентиляция) и техника безопасности.

Технические нормы служат основой для:

- определения производительности труда;
 - определения требуемого количества и загрузки оборудования;
 - определения производственной мощности участков и цехов;
 - расчета основных показателей по труду и заработной плате;
 - проведения оперативного (календарного) планирования.
-

Достоинства

Технические нормы:

- предусматривают использование передового производственного опыта, а также более полное использование имеющихся средств производства и рабочего времени, так как они установлены исходя из рационально построенных технологических и трудовых процессов;
- определяют производительность труда выше среднего достигнутого уровня и являются поэтому прогрессивными, подтягивающими отстающих рабочих к передовым;

Достоинства

Технические нормы:

- являются однородными по жесткости, что исключает появление неоправданно высокой или чрезмерно низкой оплаты труда, в обоих случаях приводящей к дезорганизации производства;
- устраняют конфликты и споры о правильности норм, имеющие место при опытно-статистическом нормировании.

Классификация затрат рабочего времени

- Норма основного времени T_o – это норма времени на достижение непосредственной цели данной технологической операции или перехода по качественному и (или) количественному изменению предмета труда.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{s_{\text{МИН}}} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{L \cdot Z}{n \cdot s \cdot t}; \quad L = l + l_1 + l_2$$

где L – длина пути инструмента, мм; l – длина обрабатываемой поверхности, мм; l_1 – величина врезания инструмента, мм; l_2 – величина перебега (схода) инструмента, мм; i – число ходов; $s_{\text{МИН}}$ – минутная подача, мм/мин; n – частота вращения шпинделя, об/мин; s – подача на один оборот, мм/об; t – глубина резания на сторону, мм; Z – припуск на сторону, мм.

Классификация затрат рабочего времени (продолжение)

- Норма вспомогательного времени $T_{\text{в}}$ – это норма времени на осуществление действий, создающих возможность выполнения основной работы, являющейся целью технологической операции или перехода, и повторяющихся с каждым изделием или через определенное их число.

К вспомогательному времени относятся: установка и снятие изделия, пуск и выключение станка, подвод и отвод инструмента, перемещение стола или суппорта, промеры изделия, смена инструмента или его переустановка, изменение режима работы станка.

Классификация затрат рабочего времени (продолжение)

Вспомогательное время бывает:

- ручным;
 - механизированным;
 - машинным.
- Норма оперативного времени $T_{оп}$ – это норма времени на выполнение технологической операции или перехода, состоящая из суммы основного времени и неперекрываемого им вспомогательного времени.

$$T_{оп} = T_o + T_v$$

Классификация затрат рабочего времени (продолжение)

- Время технического обслуживания $T_{\text{тех}}$ – это время, затрачиваемое на уход за рабочим местом (оборудованием) в течение данной конкретной работы (смена затупившихся инструментов, регулировка инструментов и подналадка оборудования в процессе работы, сметание стружки и т.п.).
- Время организационного обслуживания $T_{\text{орг}}$ – это время, затрачиваемое на уход за рабочим местом в течение рабочей смены (время на раскладку и уборку инструмента в начале и конце смены, время на осмотр и опробование оборудования, время на его смазку и чистку и т.п.).

Классификация затрат рабочего времени (продолжение)

- Время на личные потребности $T_{\text{отд}}$ – это часть штучного времени, затрачиваемая человеком на личные потребности и (при утомительных работах) на дополнительный отдых.
- Норма штучного времени $T_{\text{ш}}$ – это норма времени на выполнение объема работы, равной единице нормирования

$$\begin{aligned} T_{\text{ш}} &= T_{\text{о}} + T_{\text{в}} + T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}} + T_{\text{отд}} = \\ &= T_{\text{оп}} + T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}} + T_{\text{отд}} \end{aligned}$$

Классификация затрат рабочего времени (продолжение)

- Норма подготовительно-заключительного времени $T_{п-з}$ – это норма времени на подготовку рабочих и средств производства к выполнению технологической операции и приведение их в первоначальное состояние после ее окончания. Подготовительно-заключительное время затрачивается один раз на всю партию деталей, изготавливаемых без перерыва по данному рабочему наряду в условиях мелкосерийного и среднесерийного производства, и не зависит от числа деталей в партии.

Классификация затрат рабочего времени (продолжение)

Норма подготовительно-заключительного времени затрачивается на:

- получение материалов, инструментов, приспособлений, технологической документации и наряда на работу;
- ознакомление с работой, технологической документацией, чертежом, получение необходимого инструктажа;
- установку инструментов, приспособлений, наладку оборудования на соответствующий режим работы;
- снятие приспособлений и инструмента;
- сдачу готовой продукции, остатков материала, приспособлений и инструмента, технологической документации и наряда.

Классификация затрат рабочего времени (окончание)

- Штучно-калькуляционное время $T_{\text{ш-к}}$ – это время, затрачиваемое на изготовление одной детали из партии.

Штучно-калькуляционное время определяется по формуле

$$T_{\text{ш-к}} = T_{\text{ш}} + T_{\text{п-з}} / n$$

где n – количество заготовок в обрабатываемой партии.