

**Маслов А.Р.**

**Методика  
конструирования  
вспомогательного  
инструмента**

**Издательство  
МГТУ им. Н.Э. Баумана**

**Москва, 2023**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	
<b>ГЛАВА 1.</b> Расчет допускаемых отклонений размеров, формы и взаимного расположения поверхностей вспомогательного инструмента.....	
<b>ГЛАВА 2.</b> Расчет габаритных размеров базисных агрегатов и сменных наладок вспомогательного инструмента.....	
<b>ГЛАВА 3.</b> Определение номенклатуры режущего инструмента по заданной номенклатуре обрабатываемых деталей.....	
<b>ГЛАВА 4.</b> Определение состава комплекта вспомогательного инструмента для гибких производственных участков.....	
<b>ГЛАВА 5.</b> Оценка компоновок инструмента по совокупности критериев.....	
5.1. Условия компоновки систем.....	
5.2. Анализ возможных вариантов компоновок по критерию снижения себестоимости.....	
5.3. Обоснование размерных параметров компоновок по критерию заданной точности.....	
5.4. Оценка компоновок по критерию соответствия требованиям эксплуатации оборудования.....	
<b>ГЛАВА 6.</b> Результаты практического внедрения вспомогательного инструмента на автоматизированном оборудовании.....	

## Введение

Применяемые конструкции вспомогательного инструмента зачастую годами не совершенствуются из-за отсутствия объективных требований к их технологичности, а именно:

- нет сведений о критериях технологичности, рациональном назначении допускаемых отклонений размеров, формы и взаимного расположения присоединительных поверхностей вспомогательного инструмента;
- не совершенствуются методики конструирования вспомогательного инструмента, пригодные для автоматизированного проектирования;
- не удовлетворительно положение с методиками проектирования для непосредственного использования конструкторами.

В связи с изложенным актуальными являются исследования и разработки методик многокритериального проектирования вспомогательного инструмента, входящего в системы, как совокупности типоразмерных рядов элементов вспомогательного инструмента.

Насущным является:

- создание стандартных методик рационального и дешевого проектирования вспомогательного инструмента;
- снижение себестоимости за счет применения рациональной технологии изготовления вспомогательного инструмента;
- разработка максимально универсальных конструкций.

В целом анализ имеющихся работ по обеспечению производительности и точности обработки показал, что на основе установленных зависимостей точности и жесткости закрепления режущего инструмента при его базировании на различные поверхности, применяемых для этой цели в современных системах вспомогательного инструмента, возможно:

- создать и обосновать расчетную схему и описывающую ее математическую модель вспомогательного инструмента;
- определить зависимости погрешностей установки режущего инструмента в современных конструкциях вспомогательного инструмента;
- создать расчетные схемы и описывающие их математические модели силовых характеристик прогрессивных конструкций вспомогательного инструмента;
- установить взаимосвязи конструктивных параметров систем агрегатированного вспомогательного инструмента с размерной точностью и шероховатостью обработанных поверхностей;
- определить эксплуатационные показатели современных систем вспомогательного инструмента и разработать их научную классификацию.

## **ГЛАВА 1. Расчет допусаемых отклонений размеров, формы и взаимного расположения поверхностей вспомогательного инструмента.**

Основными направлениями развития технологических процессов в металлообработке в настоящее время являются производительность и гибкость. Это связано со значительным ростом номенклатуры деталей в серийном производстве и необходимостью автоматизировать их изготовление.

Это достигается путем применения станков с ЧПУ, ГПМ и ГПС. Современные достижения в этой области позволяют достичь высокой степени автоматизации процессов обработки заготовок при малых затратах времени на переналадку и высоком качестве изделий.

Однако дополнительные затраты на автоматизацию приводят к значительному удорожанию оборудования и росту стоимости станко-часа. Возникает необходимость интенсификации процессов обработки с целью сокращения простоев оборудования, сроков окупаемости затрат на автоматизацию и соответствующего повышения их эффективности.

Наряду с другими мероприятиями эффективность автоматизированного производства может быть повышена за счет применения специальных конструкций инструмента.

Для достижения заданной высокой производительности обработки этот инструмент должен обладать рядом свойств, в числе которых время технического обслуживания на его замену и подналадку должно быть минимально возможным.

Кроме того инструмент должен быть достаточно точным, так как в большинстве случаев обработки на автоматизированном оборудовании с ЧПУ из-за отсутствия кондукторов, копиров, упоров и других приспособлений параметры точности изделий зависят от точности от точности инструмента.

Номенклатура инструмента, как правило, должна включать все необходимые конструкции для обработки заданной номенклатуры обрабатываемых деталей, особенно в условиях безлюдных технологий на ГПС.

Значительность величины диапазона этой номенклатуры обуславливает необходимость существенного снижения затрат на изготовление инструмента для автоматизированных производств и снижения затрат на его эксплуатацию и хранение.

Для выполнения этих задач рассматриваемый инструмент систематизируют. Системы инструмента, как правило, включают как собственно режущий инструмент, так и приспособления для его базирования и закрепления с одной стороны, и для установки возникающих комбинаций на станках с другой.

Дальнейшее совершенствование таких систем приводит к разделению указанных приспособлений (вспомогательного инструмента) на унифицированные узлы и детали. Очевидно, что такой подход требует разрешения противоречия между дифференцированием инструмента на взаимозаменяемые элементарные объемы и обеспечением интегральных свойств инструмента, среди которых можно выделить точность, жесткость и динамическая устойчивость соединений узлов станков и инструментов.

## РАСЧЕТ ДОПУСКАЕМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ РАЗМЕРОВ, ФОРМЫ И ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРИСОЕДИТЕЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА.

Допускаемые отклонения размеров, формы и взаимного расположения присоединительных поверхностей являются основными параметрами вспомогательного инструмента.

Допускаемые отклонения определяются путем расчета размерной цепи, связывающей биение режущей части инструмента с линейными и угловыми размерами элементов системы станок - ВИ - инструмент.

Решение уравнения этой цепи осуществляется теоретико-вероятностным методом.

### 1. Выявление замыкающего звена.

Скомпонованные базисные и сменные агрегаты должны обеспечивать при креплении режущих инструментов биение не более величины  $2\epsilon_i$  (табл. 5.1) приведенное к вылету этих инструментов.

1.2. Составление схемы размерной цепи и выявление составляющих звеньев (на примере составного ВИ - рис. 1).

$\epsilon_{\Sigma}$  - замыкающее звено размерной цепи;

$\epsilon_1$  - биение конического отверстия шпинделя;

$\epsilon_2$  - биение шпинделя от перекоса осей;

$\epsilon_3$  - биение базового агрегата от перекоса в соединении конусностью 7:24;

$\epsilon_4$  - биение сменной втулки или оправки от зазора в цилиндрическом соединении;

$\epsilon_5$  - биение посадочного отверстия базового агрегата;

$\epsilon_6$  - биение сменной втулки оправки или режущего инструмента от перекоса в цилиндрическом или коническом соединении;

$\epsilon_7$  - биение конического отверстия в сменной втулке;

$\epsilon_8$  - биение сменной разрезной втулки или режущего инструмента от перекоса в коническом соединении;

$\epsilon_9$  - биение цилиндрического отверстия в сменной разрезной втулке.

Звенья  $\epsilon_1, \epsilon_4, \epsilon_5, \epsilon_7, \epsilon_9$  являются векторами биение, не зависящими от вылета, а звенья  $\epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_6, \epsilon_8$  - векторами перекосов, которые необходимо учитывать при изменении вылета инструмента.

### 1.3. Определение передаточных отношений.

Передаточные отношения при составляющих звеньях размерных цепей характеризуют степень и направленность влияния составляющего звена на замыкающие.

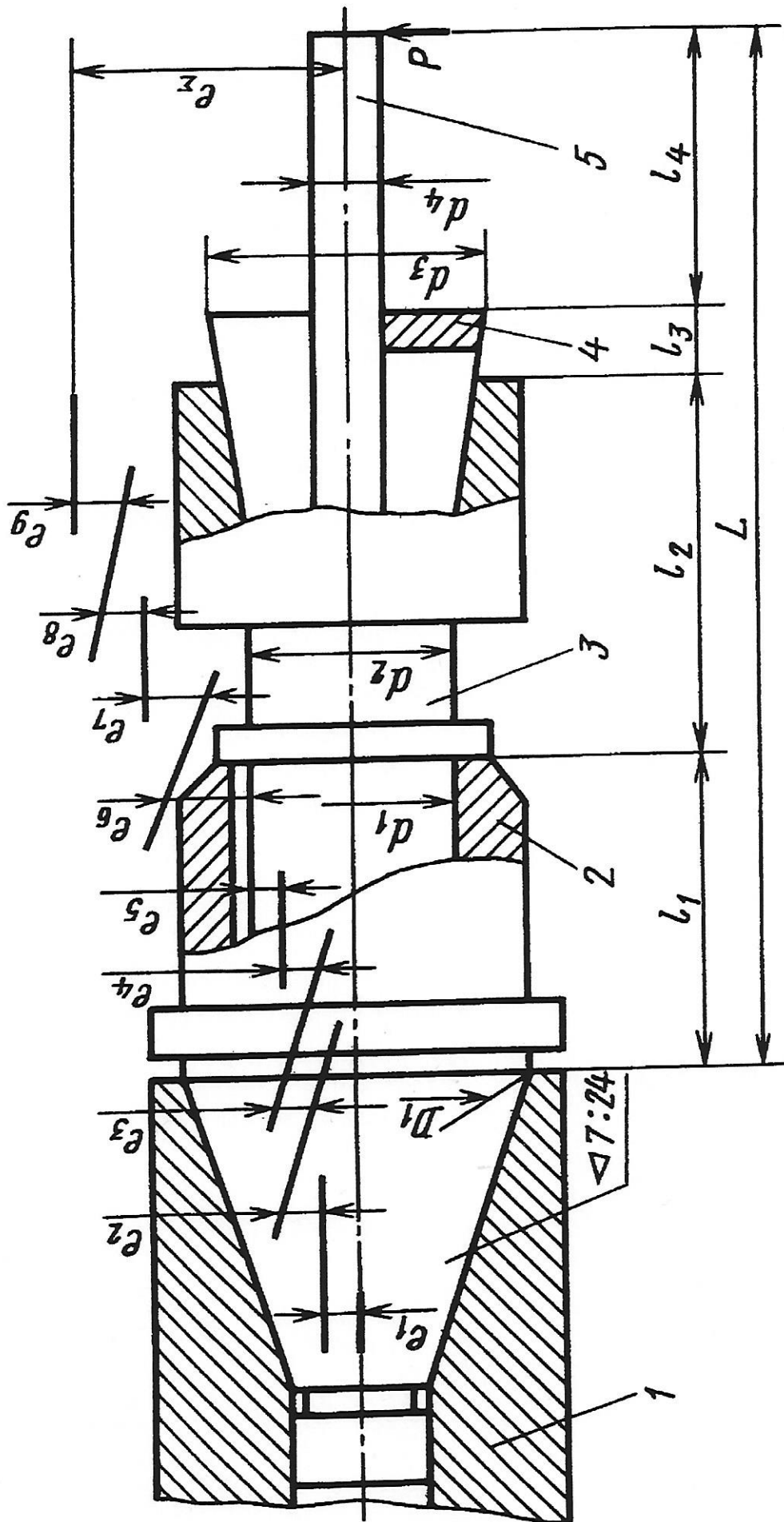


Рис.1 Расчетная схема составного ВИ

Для определения передаточных отношений в размерной цепи, образованной векторными величинами, следует учесть размеры вылетов агрегатов компоновки для звеньев-векторов перекосов.

В связи с тем, что передаточные отношения векторов перекосов в плоскости замыкающего звена могут быть интерпретированы как биения, а биение является величиной сугубо положительной, то все передаточные отношения в рассматриваемой размерной цепи имеют положительные значения.

В примере уравнение размерной цепи имеет общий вид:

$$e_{\Sigma} = e_1 + A_2 e_2 + A_3 e_3 + e_4 + e_5 + A_6 e_6 + e_7 + A_8 e_8 + e_9, \quad (18)$$

$$\text{где } A_2 = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{l_{H_2}}; \quad A_3 = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{l_{H_3}}; \quad A_6 = \frac{l_2 + l_3 + l_4}{l_{H_6}}; \quad A_8 = \frac{l_3 + l_4}{l_{H_8}},$$

$l_{H_i}$  - величина вылета, на котором нормируется величина соответствующих перекосов.

#### 1.4. Определение метода достижения точности замыкающего звена.

Анализ среднего значения допуска составляющего звена с учетом габаритов и характера размеров компоновок, предполагаемых технологических процессов изготовления агрегатов и других условий показывает, что достижение заданной точности возможно без компенсирующих звеньев методом взаимозаменяемости.

#### 1.5. Составление уравнения размерной цепи:

$$e_{\Sigma} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \sqrt{(A_1 K_1 e_1)^2 + (A_2 K_2 e_2)^2 + (A_3 K_3 e_3)^2 + (A_4 K_4 e_4)^2 + (A_5 K_5 e_5)^2 + \dots + (A_6 K_6 e_6)^2 + (A_7 K_7 e_7)^2 + (A_8 K_8 e_8)^2 + (A_9 K_9 e_9)^2}, \quad (19)$$

где  $K_{\Sigma}$  - коэффициент относительного рассеивания величины замыкающего звена  $e_{\Sigma}$  [10];

$K_i$  - коэффициент относительного рассеивания  $i$ -го звена (по табл.3)

Принимается, что  $e_3 = e_4 = e_5 = e_6 = e_7 = e_8 = e_9 = e_{cp}$ ,

где  $e_{cp}$  - среднее значение допуска.

С учетом того, что  $A_1 = A_4 = A_5 = A_7 = A_9 = 1$ ,

$$e_{\Sigma} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \sqrt{(K_1 e_1)^2 + (A_2 K_2 e_2)^2 + e_{cp}^2 [(A_3 K_3)^2 + K_4^2 + K_5^2 + (A_6 K_6)^2 + K_7^2 + (A_8 K_8)^2 + K_9^2]} \quad (20)$$

1.6. Назначение номинальных размеров и допускаемых отклонений составляющих звеньев.

Значения звеньев  $e_1$  и  $e_2$  определяют по техническим нормам на металлорежущие станки.

Размеры вылета режущих инструментов определяют по государственным и отраслевым стандартам (примеры в табл.4).

В табл.5 дан пример расчета размерной цепи составного ПМИ при

закреплении спиральных сверл диаметром 6-15 мм с общим вылетом 250 мм.

**Значения коэффициента  $k_f$  в зависимости от способа  
получения поверхности**

Таблица 3

Способ получения поверхности	Вид поверхности	$k_f$
Наружнее шлифование в центрах	Конус Морзе	1,17
	Конус 7:24	1,51
	Конус 1:5	1,37
	Цилиндрическая	1,09
Внутреннее шлифование	Конус Морзе	1,17
	Конус 7:24	1,17
	Конус 1:5	1,21
	Цилиндрическая	1,09
Бесцентровое шлифование	Конус Морзе	1,03

**Вылеты режущего инструмента**

Таблица 4

Вид инструмента с цилиндрическим хвостовиком	Нормативный документ	Параметры рабочей части (см.рис.3), мм	
		диаметр $d_4$	вылет $l_4$
Сверла	ГОСТ 886-77*	6-18	152-221
Зенкеры	ГОСТ 12489-71*	6-9	46-75
Развертки	ГОСТ 1672-71*	10-20	60-75

1.7. Согласование и уточнение составляющих звеньев размерной цепи.

По формуле (20) вычисляют среднее значение допуска  $e_{cp}$ , которое корректируют, исходя из равной сложности обеспечения допусков в условиях крупносерийного производства. Характер сложности определяют экспертным путем и на основании [5].

Если количество составляющих звеньев с однородными по величине полями допусков среди общего количества звеньев с одновершинными законами распределения  $n \geq 5$ , принимают коэффициент относительного рассеивания  $K_{\Sigma} = 1$ . При  $n < 5$  коэффициент  $K_{\Sigma}$  рассчитывают по формуле:



**Сведения для расчета размерной цепи  
составного В И при закреплении спиральных сверл.**

Таблица 5

Звено размерной цепи	Передаточные отношения	Заданные размеры, мм	Нормированная величина вы- лета, мм	Заданные допускаемые отклонения, мм	Технологическая операция	Коэффициент рассеивания $k_i$
$e_{\Sigma}$	-	-		0,055	Сборка	1,0
$e_1$	$A_1=1,0$	-	-	0,006	Шлифование	1,1
$e_2$	$A_2=1,67$	$L=250$	150	0,001	Шлифование	1,17
$e_3$	$A_3=2,5$	$L=250$	100	-	Шлифование	1,57
$e_4$	$A_4=1,0$	-	-	-	Шлифование	1,09
$e_5$	$A_5=1,0$	-	-	-	Шлифование	1,09
$e_6$	$A_6=1,5$	$l_2+l_3+l_4=150$	100	-	Шлифование	1,09
$e_7$	$A_7=1,0$	-	-	-	Шлифование	1,17
$e_8$	$A_8=0,5$	$l_3+l_4=50$	100	-	Шлифование	1,37
$e_9$	$A_9=1,0$	-	-	-	Шлифование	1,09

$$K_{\Sigma} = 1 + \frac{0,55}{\sum_{i=1}^n e_i} \left( \sqrt{\sum_{i=1}^n K_i^2 e_i^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2} \right), \quad (21)$$

Пример процесса корректировки допусков и установки их окончательных значений приведен в таблице 6.

Соотношения между значением допуска (зазора  $\Delta$ ) и  $e_i$  устанавливаем по зависимостям табл.1. Определение квалитетов точности и посадок - по [7]. Проверочный расчет величины замыкающего звена при откорректированных допусках должен показать, что он не превышает значений табл.2.

С учетом того, что в пределах степеней точности угловых отклонений приняты максимальные значения биений в плоскости замыкающего звена, можно считать, что процент выхода за пределы поля допуска не превышает 0,27%. Такой риск вполне допустим с учетом практических условий обработки.

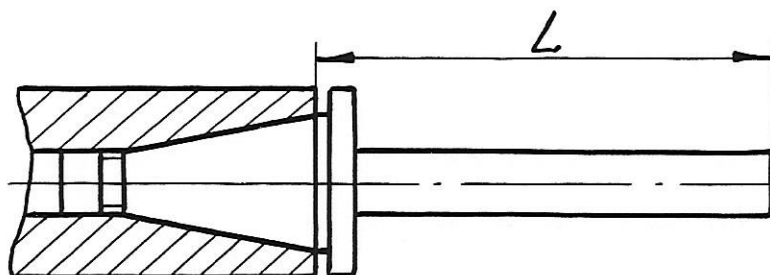
### Корректировка допусков

Таблица 6

Звено размер- ной цепи	Среднее значение допуска, мкм	Значение допусков		1-я попытка корректировки		2-я попытка корректировки	
		значе- ние, мкм	степень точност.	значе- ние, мкм	степень точност.	значе- ние, мкм	степень точност.
3	13,39	13,39	AT8	2,6	AT6	2,6	AT6
4		13,39	$\frac{H5}{h4}$	32	$\frac{H6}{h5}$	38	$\frac{H7}{h6}$
5		13,39	-	20	-	15	-
6		13,39	$\frac{H9}{h9}$	6,4	$\frac{H6}{h5}$	8,6	$\frac{H7}{h6}$
7		13,39	-	15	-	15	-
8		13,39	AT9	10	AT7	10	AT7
9		13,39	-	15	-	15	-

Расчет допустимых отклонений конуса 7:24 с однолезвийным инструментом без промежуточных соединений

Эскиз компоновки

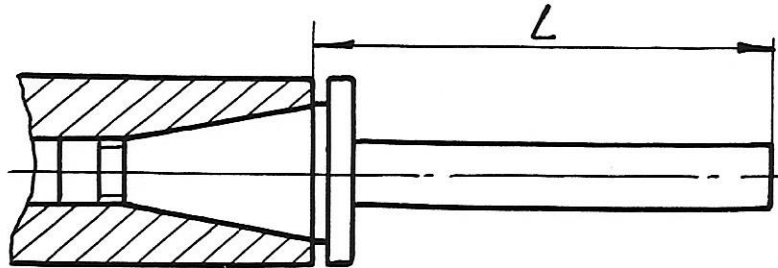


Размеры компоновки, мм

ЗВЕНО	L											
	100	125	160	180	200	225	260	300	350	415	500	600
	Величина допуска для $2e_{\Sigma} = 6$ мкм											
$2e_3$	2,7	2,3	2,1	2,0	1,8	1,5	1,4	1,2	1,0	0,9	-	
	AT6	AT5					AT4			AT3	AT2	-
	Величина допуска для $2e_{\Sigma} = 10$ мкм											
$2e_3$	5,0	3,6	3,1	2,9	2,6	2,2	1,9	1,5	1,2	0,8	0,4	-
	AT7	AT6				AT5			AT4	AT2		
	Величина допуска для $2e_{\Sigma} = 30$ мкм											
$2e_3$	18,3	14,6	12,1	10,8	9,7	8,6	7,4	6,4	5,5	4,6	3,8	3,1
	AT8			AT7					AT6			

Расчет допустимых отклонений конуса 7:24 с многолезвийным инструментом без промежуточных соединений

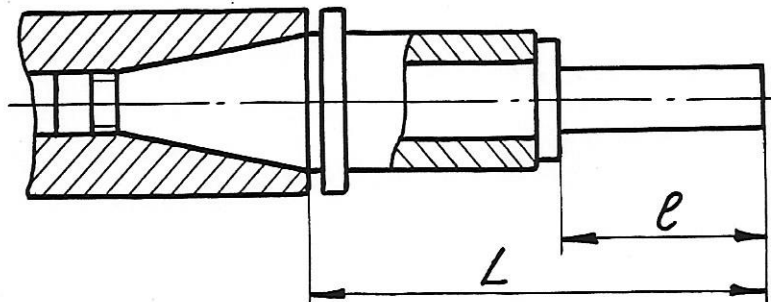
Эскиз компоновки



Звено	Размеры компоновки, мм							
	L							
	50	80	100	160	200	300	415	500
	Величина допуска для $2e_{\Sigma} = 20$ мкм							
$2e_{cp}$	14,26	12,20	10,0	7,10	5,90	4,00	2,84	2,3
$2e_3$	12			5		2,4		1,2
	AT8			AT7		AT6		AT5
$2e_{10}$	25			20		15		10
	Величина допуска для $2e_{\Sigma} = 30$ мкм							
$2e_{cp}$	21,82	18,92	15,32	10,92	9,14	6,24	4,52	3,72
$2e_3$	18		12		5		2,4	
	AT9		AT8		AT7		AT6	
$2e_{10}$	40		35		25		20	
	Величина допуска для $2e_{\Sigma} = 60$ мкм							
$2e_{cp}$	44,50	38,08	31,08	22,06	19,02	13,22	9,66	8,04
$2e_3$	18					12		5
	AT9					AT8		AT7
$2e_{10}$	45		40		35		30	

Расчет допустимы отклонений базисных агрегатов и сменных наладок компоновки с многолезвийным инструментом с базированием на цилиндрическую поверхность с односторонним расположением крепежных элементов.

Эскиз компоновки

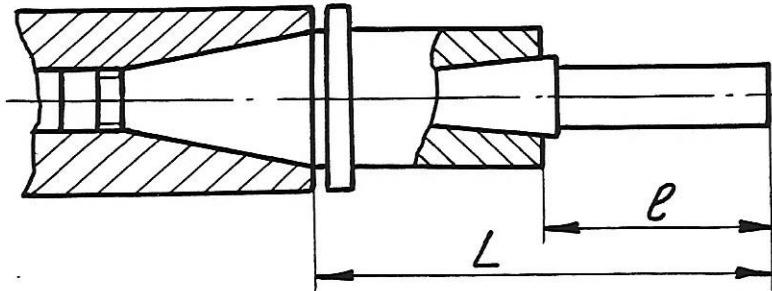


Размеры компоновки, мм

Зве- но	L							
	I25	I63	200	260	300	350	4I5	500
	e							
	25	63	100	160	200	250	3I5	400
	Величина допуска для $2e_z = 30$ мкм							
$2e_{cp}$	II,8	8,5	7,8	6,2	6,4	4,6	3,9	3,2
$2e_3$	5,0	2,6		1,3			I,2	0,9
	AT7	AT6		AT5			AT4	AT2
$2e_4$	32	20		I4			IO,5	6
	H7/h6	H6/h5		H5/h4			H4/g4	H4/h4
$2e_5$	20			I6			I2	IO
$2e_6$	8,6	6,4		3,2			I,6	I,2
	H7/h6	H6/h5		H5/h4			H4/g4	H4/h4
$2e_{10}$	20	I2	20	I6	I2		I2	IO
								8
	Величина допуска для $2e_z = 60$ мкм							
$2e_{cp}$	20,5	I7,9	I6,4	I3,1	II,4	9,8	8,3	6,9
$2e_3$	I2,0			5,0			2,6	I,3
	AT8			AT7			AT6	AT5
$2e_4$	60			38			32	20
	H8/h8			H7/g6			H7/h6	H6/h5
$2e_5$	40	35	30	25		20		I6
$2e_6$	I2					8,6		6,4
	H8/h8			H7/g6			H7/h6	H6/h5
$2e_{10}$	35	30	20	30		20		I5

Расчет допустимых отклонений базисных агрегатов и сменных наладок, с многолезвийным инструментом с базированием на конические поверхности.

Эскиз компоновки

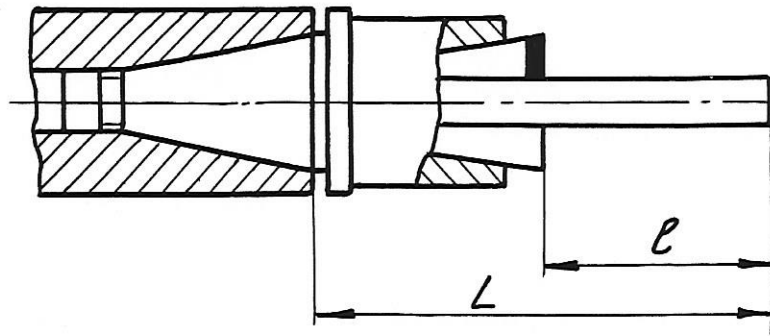


Размеры компоновки, мм

Звено	$L$							
	125	163	200	260	300	350	415	500
	$e$							
	25	63	100	160	200	250	315	400
$2e_{ср}$	Величина допуска для $2e_z = 30$ мкм							
	13,5	9,71	8,17	6,30	5,45	4,64	3,86	3,55
$2e_3$	2,6				1,3		1,2	
	AT6				AT5		AT4	
$2e_5$	15		12	10		8	6	
$2e_6$	18,0			15,0	10,5		9,5	
	AT8			AT7	AT6		AT5	
$2e_{10}$	25	20	16		12		10	
$2e_{ср}$	Величина допуска для $2e_z = 60$ мкм							
	22,92	20,39	17,19	13,29	11,52	9,84	8,24	7,64
$2e_3$	5,0			2,6				1,3
	AT7			AT6				AT5
$2e_5$	30	25	20	15	12		10	
$2e_6$	20,0		18,0			15,0	10,5	
	AT9		AT8			AT7	AT6	
$2e_{10}$	25			20		16		12

Расчет допустимых отклонений базисных агрегатов и сменных наладок, с многолезвийным инструментом с базированием на прерывистые цилиндрические поверхности самоцентрирующих элементов.

Эскиз компоновки

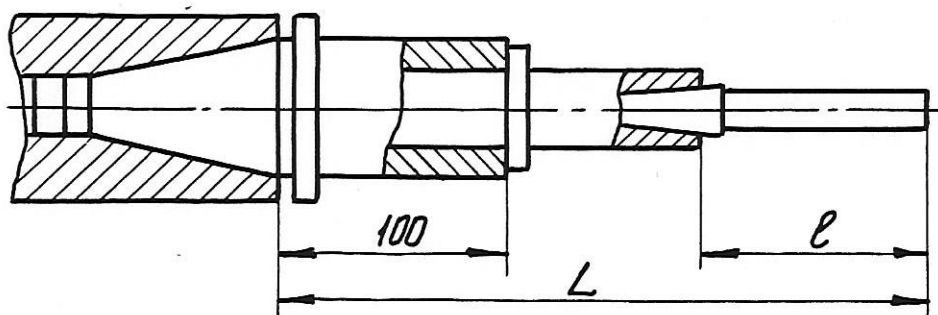


Размеры компоновки, мм

Зве- но	L							
	I25	I63	200	260	300	350	4I5	500
	d							
	25	63	I00	I60	300	250	3I5	400
	Величина допуска для $2e_z = 30$ мкм							
$2e_{cp}$	10,46	9,26	7,89	6,30	5,54	4,84	4,18	2,98
$2e_3$	2,6		I,3		I,2		I,0	
	AT6		AT5		AT4		AT3	
$2e_5$	I5	I2	I0		8	5		
$2e_8$	I2,0	I0,0		9,0	8,0	6,5		
	AT8	AT7		AT6	AT5	AT4		
$2e_9$	I5		I2	I0	8	5		
$2e_{10}$	20	I5	I2	I0			8	
	Величина допуска для $2e_z = 60$ мкм							
$2e_{cp}$	21,95	I9,0I	I6,06	I2,58	10,92	9,34	7,82	6,43
$2e_3$	5,0			2,6		I,3		
	AT7			AT6		AT5		
$2e_5$	25		20					
$2e_8$	I7		I3	I2	I0	9	8	
	AT10		AT9	AT8	AT7	AT6	AT5	
$2e_9$	30	25		20			I5	
$2e_{10}$	30	25		20				

Расчет допустимых отклонений базисных агрегатов и сменных наладок, с многолезвийным инструментом с базированием на цилиндрические поверхности с односторонним расположением крепежных элементов и на конические поверхности.

Эскиз компоновки

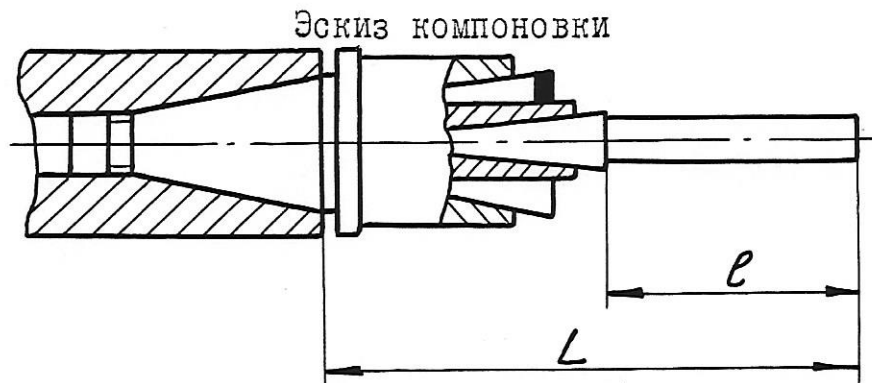


Размеры компоновки, мм

Звено	L						
	210	235	270	325	360	420	460
	l						
	100	125	160	200	160	160	160
	Величина допуска для $2e_z = 60$ мкм						
$2e_{cp}$	15,27	13,73	10,73	10,31	8,35	7,98	7,25
$2e_3$	5,0		2,6		1,3		
	AT7		AT6		AT5		
$2e_4$	60	38	32			20	
	H8/h8	H7/g6	H7/h6			H6/h5	
$2e_5$	25	30	20		15	20	
$2e_6$	12	6,6				6,4	
	H8/h8	H7/g6	H7/h6			H6/h5	
$2e_7$	20	25	20	16	10	15	
$2e_8$	20		15				10,5
	AT9		AT7				AT6



Расчет допустимых отклонений базисных агрегатов и сменных наладок, с многолезвийным инструментом с базированием на прерывистые цилиндрические поверхности самоцентрирующих элементов и на конические поверхности.



Размеры компоновки, мм

Зве- но	$L$						
	210	235	270	310	310	390	460
	$e$						
	100	125	160	200	160	160	200
	Величина допуска для $2e_z = 60$ мкм						
$2e_{cp}$	12,01	11,53	9,93	9,43	8,47	7,50	6,71
$2e_3$	5,0		2,6				1,3
	AT7		AT6				AT5
$2e_5$	15		12				10
$2e_8$	13	12		10			9
	AT9	AT8		AT7			AT6
$2e_9$	12		16		12		10
$2e_7$	20	16			12	10	
$2e_6$	18			15		10,5	
	AT8			AT7		AT6	

## **ГЛАВА 2. Расчет габаритных размеров базисных агрегатов и сменных наладок вспомогательного инструмента**

Как показано в главе 1, при систематизации вспомогательного инструмента (ВИ) возникает противоречие между разбиением его на базисные агрегаты и сменные наладки и достижением заданных требований к точности и жесткости установки сборки режущего и вспомогательного инструмента на данном станке.

Разрешение этого противоречия требует создания методов проектирования рациональных систем вспомогательного инструмента, удовлетворяющих требованиям эффективной эксплуатации оборудования автоматизированных производств и требованиям серийного изготовления инструмента.

Проектирование рациональных систем вспомогательного инструмента сдерживается отсутствием современных методик автоматизированного расчета с применением соответствующего программного обеспечения. Ниже приведена методика расчета в программе BASIK, которая устарела, но может быть взята за основу при развитии более совершенных методов расчета.

Точность и стабильность базирования и закрепления предварительно собранных и настроенных на размеры обработки сборок режущего и вспомогательного инструмента в условиях автоматической смены инструмента на станах с ЧПУ и ГПМ на их базе, в том числе образующих автоматизированные станочные комплексы (АСК), подробно изучены и описаны в диссертации на соискание ученой степени д.т.н. Маслова А.Р. «Разработка методов и средств проектирования и изготовления систем вспомогательного инструмента для автоматизированного машиностроительного производства» (МГТУ «Станкин», М. 1998. – 430 с.).

В этой работе показано, что особенности таких сборок, а также математические модели, описывающие их функционирование, могут быть получены на основе большого объема статистических данных.

Такие данные заложены в предлагаемую методику расчета габаритных размеров базисных агрегатов и сменных наладок вспомогательного инструмента.

Размеры определяют путем расчета суммарного перемещения  $\delta_b$  в точке приложения единицы нагружающей силы  $P$  с учетом контактных деформаций в стыках цилиндрических и конических соединений.

Компоновка инструмента (рис. 1, приложение 2) должна иметь податливость  $\delta_b$  не более указанной в табл. 5.2.

Величины допускаемых отклонений принимали на основании расчетов размерных цепей. Расчеты податливости вели на IBM PC по программе с использованием зависимостей по табл. 1. Пример расчета компоновки на рис. 1 приведен в табл. 2.

Данные расчетов приведены в табл. 3-10.

#### ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПОДАТЛИВОСТИ КОМПОНОВОК СИСТЕМ БАЗИРОВАНИЯ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА.

```

10 DIM IT(10), AL(10), DEL(10), OBL(10), SL(10), POD(10), ZOS(10), DI(10),
20 E=2.1*104
30 PRINT «Введите число звеньев составной конструкции»
40 PRINT «вспомогательного инструмента»
50 INPUT N
60 IF N=1 THEN 420
70 FOR I=1 TO (N-1)
80 PRINT «Введите номер типа хвостовика»
90 PRINT I; «звена, считая 1 звеном то, на котором»
100 PRINT «расположен режущий инструмент»
110 PRINT «1 - конус Морзе 4; 2 - хвостовик диаметром 40»
120 PRINT «в цанге; 3 - хвостовик диаметром 48 при односто-»
130 PRINT «роннем прижмем винтами; 4 - конус Морзе 5;»
140 PRINT «5- хвостовик диаметром 36 при одностороннем»
150 PRINT «прижмем; 6 - конус 7:24 №40; 7 - конус 7:24 №50»
160 INPUT IT(I)
170 PRINT «Задайте длину «;I;» звена, мм»
180 INPUT OBL(I)
190 PRINT «Задайте длину соединительной части «;I;» звена, мм»
200 INPUT SL(I)
210 PRINT «Задайте наружный диаметр сечения оправки «;I;» звена, мм»
220 INPUT DI(I)
230 PRINT «Задайте внутренний диаметр сечения оправки «;I;» звена, мм»
240 INPUT DIA(I)
250 ZOS(I)=.05*DI(I)4*E-.05*DIA(I)4*E
260 IF IT(I)=1 THEN 340
270 IF IT(I)=2 THEN 340
280 IF IT(I)=4 THEN 340
290 IF IT(I)=6 THEN 340
300 IF IT(I)=7 THEN 340
310 PRINT «Задайте максимальный зазор в «;I;» соединения, мм»
320 INPUT DEL(I)
330 GOTO 670

```

```

340 PRINT «Задайте угловой зазор в «;I;» соединении, сек»
350 INPUT AL(I)
360 DEL(I)=3.1415/3600!*AL(I)*SL(I)/180!
370 NEXT I
380 PRINT «Задайте номер типа хвостовика последнего звена»
390 PRINT «1-конус Морзе 4, 4-конус Морзе 5, 6-конус»
400 PRINT «7:24 №40, 7-конус 7:24 №50»
410 INPUT IT(I)
420 PRINT «Задайте длину «;N;» звена, мм»
430 INPUT OBL(I)
440 PRINT «Задайте длину соединительной части «;N;» звена, мм»
450 INPUT SL(N)
460 PRINT «Задайте наружный диаметр сечения «;N;» звена, мм»
470 INPUT DI(N)
480 PRINT «Задайте внутренний диаметр сечения оправки «;N;» звена, мм»
490 INPUT DIA(N)
500 ZOS(N)=DI(N)4*.05*E-DIA(N)4*.05*E
510 PRINT «Задайте угловой зазор в «;N;» звена, мм»
520 INPUT AL(N)
530 DEL(N)=3.1415/3600!*AL(N)*SL(N)/180!
540 IF AL(N)>=10! THEN 570
550 EN=.0625*AL(N)
560 GOTO 680
570 IF AL(N)>=15! THEN 600
580 EN=.625+.125*(AL(N)-10!)
590 GOTO 680
600 IF AL(N)>=30! THEN 630
610 EN=1.25+.35/3!*(AL(N)-15!)
620 GOTO 680
630 IF AL(N)>60! THEN 660
640 EN=3!+.15*(AL(I)-30!)
650 GOTO 680
660 PRINT «НЕДОПУСТИМОЕ ЗАДАНИЕ ЗАЗОРА»
670 GOTO 510
680 PSAL=0!
690 FOR I=1 TO N
700 PSAL=PSAL+OBL(I)-SL(I)
710 NEXT I
720 EN=(EN*PSAL/100!)*10(-3)
730 AUST=3.1415/2!*EN(1/2)/R
740 PRINT «Жесткость вершины резца «;ZO;» кг/мм»
750 END
760 IF IT(I)>1 THEN 790
770 POD(I)=(.0038-.0032)/.04*DEL(I)*10(-5)
780 GOTO 950
790 IF IT(I)>2 THEN 820

```

```

800 POD(I)=(.0038-.0032)/.04*DEL(I)*10↑(-5)
810 GOTO 950
820 IF IT(I)>3 THEN 850
830 POD(I)=(.0007+(.015-.0007)/.04*DEL(I))*10↑(-5)
840 GOTO 950
850 IF IT(I)>4 THEN 880
860 POD(I)=(.0004+(.001-.0004)/.04*DEL(I))*10↑(-5)
870 GOTO 950
880 IF IT(I)>5 THEN 910
890 POD(I)=(.0009+(.0019-.0009)/.04*DEL(I))*10↑(-5)
900 GOTO 950
910 IF IT(I)>6 THEN 940
920 POD(I)=(.001+(.0022-.001)/.04*DEL(I))*10↑(-5)
930 GOTO 950
940 POD(I)=(.0002+(.0007-.0002)/.04*DEL(I))*10↑(-5)
950 RETURN

```

#### РАСШИФРОВКА СПИСКА ИНДЕНТИФИКАТОРОВ

IT(i) -индентификатор типа соединения i-го звена с (i+1)-ым;  
AL(1) -угловой зазор конического соединения;  
del(i) -максимальный радиальный зазор;  
OBL(i) -общая длина i-го звена;  
SL(i) -длина соединительной части i-го звена с (i+1)-ым;  
POD(i) -(Θ/M)(i)- податливость i-го звена;  
ZOS(i) -EJ(i)-жсткость сечения i-го звена;  
Z -жесткость в сечении, содержащем вершину режущей части инстру-  
мента.

#### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА:

N, IT(j), IT(j)=1,2,3,...7, AL(j) при IT(j)=1,2,3,4,6,7, или del(j) при IT(j)=3,5, OBL(j),  
SL(j), ZOS(j).

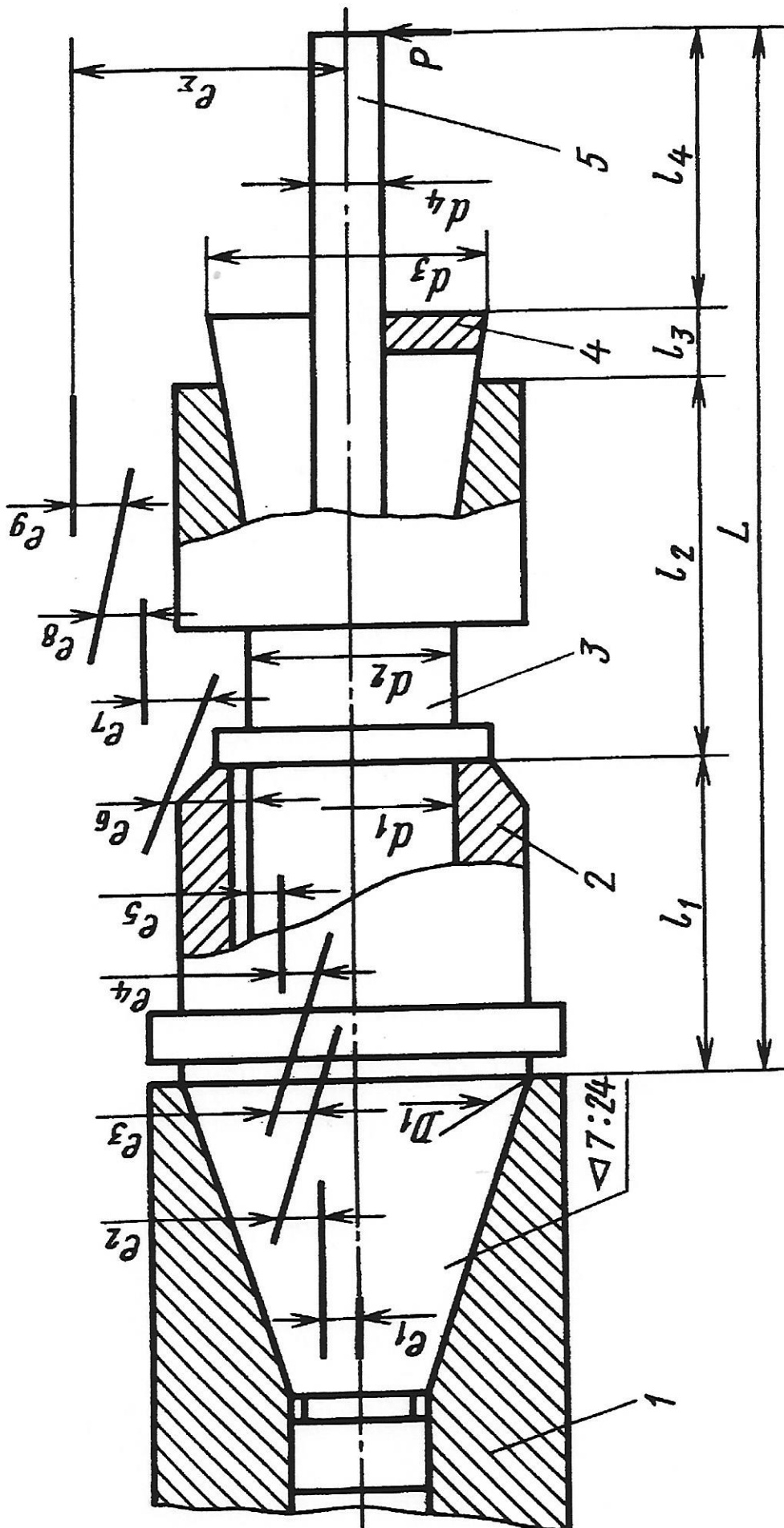


Рис.1 Расчетная схема составного ВИ

Пределные требования к приспособлениям

Таблица 2

Закрепляемый инструмент	Диаметр, мм	Биение $2e_1$ , мм	Жесткость $j$ , (Н*м <sup>-1</sup> )*10 <sup>-6</sup>	Податливость $\delta_B$ , (Н*м)*10 <sup>-6</sup>
Сверла спиральные	от 3 до 15	0,055	3,57	0,28
то же	св. 15 до 30	0,060	5,56	0,18
Двухзубые головки и развертки	до 50	0,060	2,00	0,50
то же	до 120	0,070	1,43	0,70
Фрезы концевые	6...20	0,010	5,00	0,20
то же	20...40	0,015	10,00	0,10
Фрезы дисковые и торцевые	80...160	0,020	10,00	0,10
Расточные оправки:				
для полустистой обработки	20...40	0,030	4,00	0,25
то же	40...80	0,030	5,88	0,17
то же	80...180	0,030	9,09	0,11
для чистовой обработки отверстий	40...90	0,005	8,33	0,12
то же	90...180	0,010	14,29	0,07

**Расчет предельного вылета  $l_2$  составного  
ВИ с конусом 7:24 №50 при  
закреплении спиральных сверл**

Таблица 2

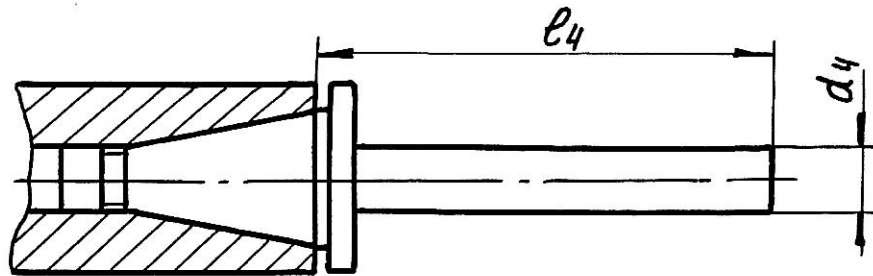
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ				
$d_4$ , мм	6		18	
$J_4$ , мм <sup>4</sup>	$6,48 \cdot 10$		$5,25 \cdot 10^3$	
$l_4$ , мм	10		15	
$\theta_4$ , (Н·м) <sup>-1</sup> ·10 <sup>-5</sup>	1,03		0,39	
$d_3$ , мм	40			
$J_3$ , мм <sup>4</sup>	$12,8 \cdot 10^4$			
$l_3$ , мм	10			
$\theta_3$ , (Н·м) <sup>-1</sup> ·10 <sup>-5</sup>	0,19			
$d_2$ , мм	32	44	32	44
$J_2$ , мм <sup>4</sup>	$5,24 \cdot 10^4$	$18,74 \cdot 10^4$	$5,24 \cdot 10^4$	$18,74 \cdot 10^4$
$d_1$ , мм	36	48	36	48
$\theta_2$ , (Н·м) <sup>-1</sup> ·10 <sup>-5</sup>	0,41	0,14	0,41	0,14
$D_1$ , мм	69,85			
$J_1$ , мм <sup>4</sup>	$119,02 \cdot 10^4$			
$\theta_1$ , (Н·м) <sup>-1</sup> ·10 <sup>-5</sup>	0,02			
$\delta_B$ , м·Н <sup>-1</sup> ·10 <sup>-6</sup>	0,28		0,18	
РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ				
Для:	Допустимый вылет $l_2$ , мм			
$l_1=75$ , мм	120	245	110	205
$l_1=105$ , мм	120	205	110	170
$l_1=160$ , мм	110	190	105	155
$l_1=200$ , мм	90	170	85	140



Расчет размеров расточных оправок без промежуточных соединений (цельные оправки).

Таблица 3

ЭСКИЗ КОМПОНОВКИ

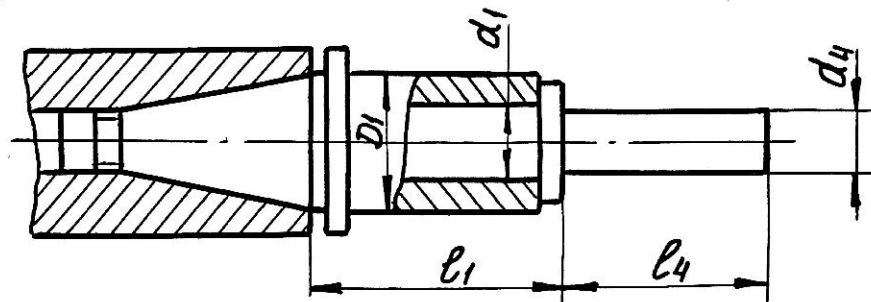


Обозначения данных компонентов	Размеры								
	$d_4$	20	25	32	40	50	63	80	100
$T_4 \cdot 10^4$	0,80	1,95	5,24	12,8	31,25	78,76	204,8	500,0	1220,7
$\delta_1$	Допустимая податливость, мм/Н								
	0,25			0,17			0,11		
Конус 40	Допустимый вылет $l_4$ , мм								
	105	145	195	200	220	195	195	195	195
	110	145	200	225	300	335	370	370	370
$\delta_2$	Допустимая податливость, мм/Н								
	-			0,12			0,07		
Конус 40	Допустимый вылет $l_4$ , мм								
				180	200	200	170	170	170
	-			205	270	350	330	330	330
Конус 50									

Расчет размеров компоновок для растачивания с системой базирования на цилиндрическую поверхность с односторонним расположением крепежных элементов.

Таблица 4.

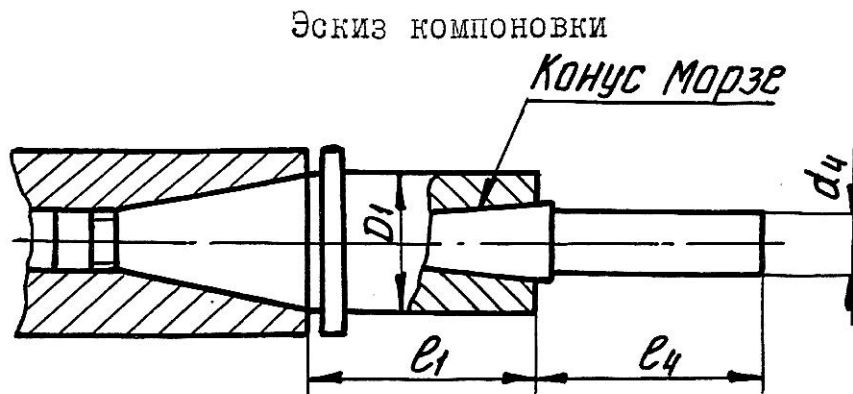
Эскиз компоновки



Данные компоновки	Размеры, мм									
	$d_4$	20	25	32	40	50	63	80	100	125
$J_4 \cdot 10^4$	0,80	1,95	5,24	12,80	31,25	78,76	204,80	500,00	1220,70	
$\delta_8$	Допустимая податливость, мкм/Н									
	0,25			0,17				0,11		
$d_1=36$ $D_1=63$ $l_1=115$ $l_4=160$	Допустимый вылет $l_4$ агрегата, компоновок с конусом 40, мм									
	90	110	125	125	95	95	80	80	80	
	75	88	95	70	70	65	65	65	65	
$d_1=36$ $D_1=63$ $l_1=75$ $l_4=160$	Допустимый вылет $l_4$ агрегата, компоновок с конусом 50, мм									
	105	120	160	145	160	140	140	140	140	
	90	110	125	95	95	90	90	90	90	
$d_1=48$ $D_1=80$ $l_1=105$ $l_4=200$	Допустимый вылет $l_4$ агрегата, компоновок с конусом 50, мм									
	105	135	175	170	195	175	180	185	190	
	100	125	160	150	160	135	135	135	135	

Расчет размеров компоновок для растачивания  
с системой базирования на конусы Морзе.

Таблица 5.

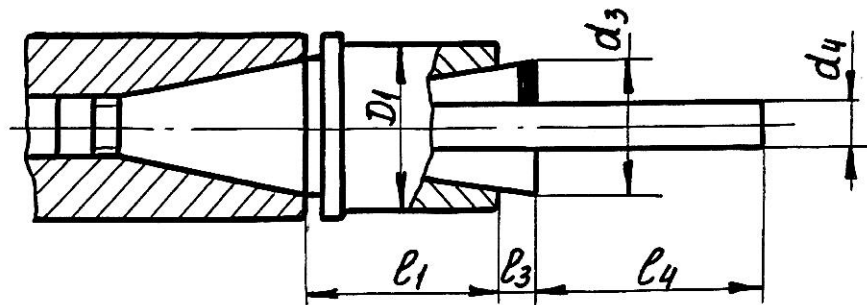


Данные компо- новки $d_4$	Размеры, мм									
	20	25	32	40	50	63				
$T_4 \cdot 10^4$	0,80	1,95	5,24	12,80	31,25	78,76				
$l_1$	75	150	75	150	80	150	90	150	120	120
$D_1$	50			60			80			
Конус Морзе	3			4			5			
$\theta_3 \cdot 10^{-5}$	1,41			0,52			0,10			
$\delta_B$	Допустимая податливость, мкм/Н									
	0,25					0,17			0,11	
$l_4$	Допустимый вылет $l_4$ агрегата компоновок с конусом 40, мм									
	85	65	90	70	125	90	125	90		
$l_4$	допустимый вылет $l_4$ агрегата компоновок с конусом 50, мм									
	90	70	95	75	130	115	130	115	185	160

Расчет размеров компоновки для растачивания с системой базирования в самоцентрирующем элементе.

Таблица 6.

Эскиз компоновки

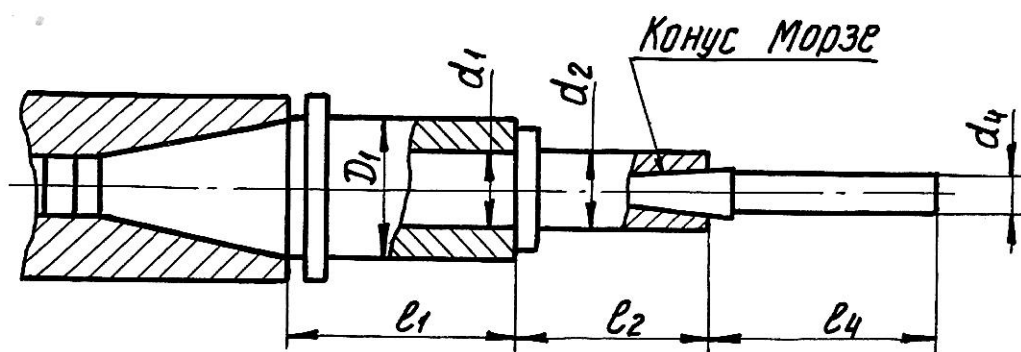


Данные компоновки	Размеры, мм	
	$d_4$	6-18
$\theta_4 \cdot 10^{-5}$	1,03	0,39
$D_1$	50	
$d_3$	40	
$J_3 \cdot 10^4$	12,18	
$\theta_3 \cdot 10^{-5}$	0,19	
$l_3$	10	
$l_1$	Допустимый вылет агрегата компоновки с конусом 40, мм	
	265	215
$\delta_3$	Допустимая податливость, мкм/Н	
	0,28	0,18
$l_1$	Допустимый вылет агрегата компоновки с конусом 50, мм	
	335	285

Расчет размеров компоновок для фрезерования концевыми фрезами с конической крепежной частью с системой базирования сменной наладки на цилиндрическую поверхность с односторонним расположением крепежных элементов.

Таблица 7.

Эскиз компоновки

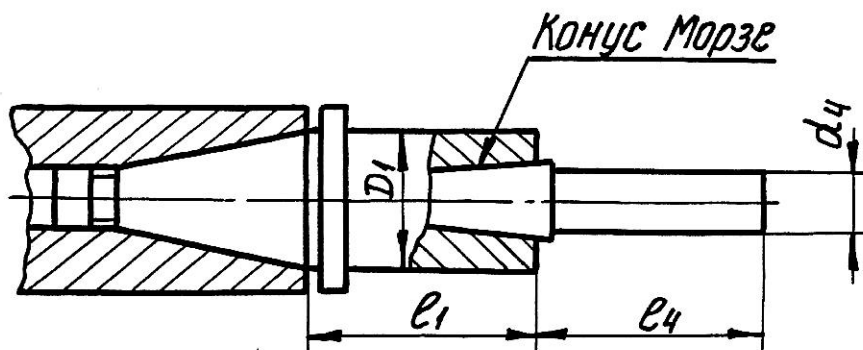


Данные компоновки	Размеры, мм						
	14	18	20	25	32	40	50
$d_4$							
Конус Морзе	2		3		4		
$\theta_3 \cdot 10^{-5}$	4,36		1,24		0,38		
$d_1$	36			48			
$D_1$	63			80			
$d_2$	32			44			
$J_2 \cdot 10^4$	5,24			18,74			
$\delta_B$	допустимая податливость, мкм/Н						
	0,2			0,1			
$l_1 = 115$	Допустимый вылет $l_2$ агрегата компоновок с конусом 40, мм						
	45		48		-		
$l_1 = 75$	Допустимый вылет $l_2$ агрегата компоновок с конусом 50, мм						
	90		95		-		
$l_1 = 200$	80		85		-		
$l_1 = 105$	-		-		40		

Расчет размеров компоновок для фрезерования концевыми фрезами с конической крепежной частью с системой базирования на коническую поверхность.

Таблица 8.

Эскиз компоновки

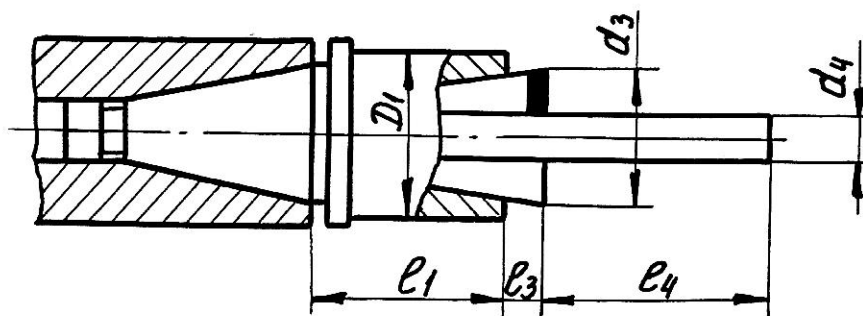


Данные компоновок	Размеры, мм				
	$d_4 =$	14	20	40	50
$D_1 =$	44	50	60	80	
Конус Морзе	2	3	4	5	
$\cdot 10^{-5}$	4,76	141	0,52	0,10	
$\delta_6 =$	Допустимая податливость, мкм/Н				
	0,2	0,1			
$l_1 =$	Допустимый вылет агрегата компоновок с конусом 40				
	140	200	220	-	
$l_1 =$	Допустимый вылет агрегата компоновки с конусом 50				
	140	205	250	280	280

Расчет размеров компоновки для фрезерования концевыми фрезами с цилиндрической крепежной частью с системой базирования в самоцентрирующем элементе.

Таблица 9.

Эскиз компоновки

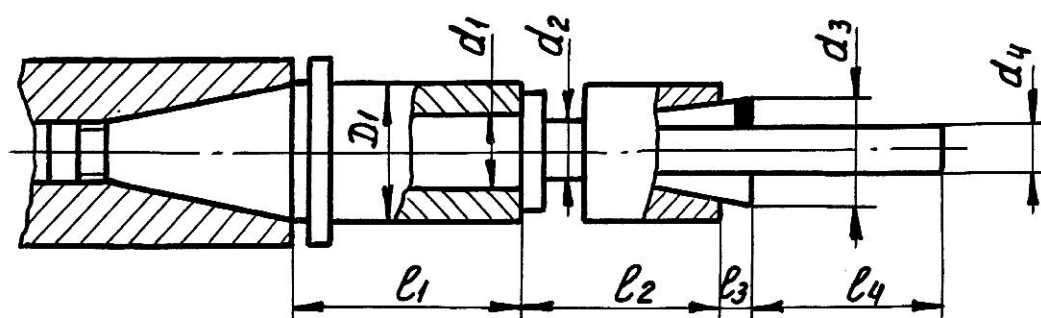


Данные компоновки	Размеры, мм					
	6	18	20	32	40	50
$d_4$	6	18	20	32	40	50
$\theta_4 \cdot 10^{-5}$	1,03	0,39	0,29	0,28	0,26	0,26
$D_1$	50			70		
$d_3$	40			59		
$J_3 \cdot 10^4$	12,18			60,58		
$\theta_3 \cdot 10^{-5}$	0,19			0,10		
$l_3$	10			15		
$\delta_B$	Допустимая податливость, мкм/Н					
	0,2			0,1		
$l_1$	Допустимый вылет агрегата компоновки с конусом 40, мм					
	225	200	155	160	-	
$l_1$	Допустимый вылет агрегата компоновки с конусом 50, мм					
	300	230	315			

Расчет размеров компоновки для сверления спиральными сверлами с конической крепежной частью с системой базирования сменных наладок на цилиндрическую поверхность в самоцентрирующем элементе.

Таблица 10.

Эскиз компоновки



Данные компоновки	Размеры, мм			
	$d_4$	6		18
$\theta_4 \cdot 10^{-5}$	1,03		0,39	
$l_3$	10			
$d_3$	40			
$T_3 \cdot 10^4$	12,18			
$\theta_3 \cdot 10^{-5}$	0,19			
$d_2$	32	44	32	44
$T_2 \cdot 10^4$	5,24	18,74	5,24	18,74
$d_1$	36	48	36	48
$D_1$	63	80	63	80
$\delta_B$	Допустимая податливость, мкм/Н			
	0,28		0,18	
$l_1 = 115$	Допустимый вылет $l_2$ агрегата компоновок с конусом 40, мм			
	90	-	65	-
$l_1 = 75$	Допустимый валет $l_2$ агрегата компоновок с конусом 50, мм			
	120	-	110	-
$l_1 = 105$	-	205	-	170
$l_1 = 160$	120	-	105	-
$l_1 = 200$	-	170	-	140



### **ГЛАВА 3. Определение номенклатуры режущего инструмента по заданной номенклатуре обрабатываемых деталей**

Исследование и разработка методов многокритериального проектирования систем вспомогательного инструмента как совокупности типоразмеров их элементов, а также обоснование их состава для каждого конкретного случая инструментального обеспечения группы станков автоматизированного производства широкой номенклатуры деталей до сих пор является актуальной задачей.

Использование систем автоматизированного управления качеством и экономическими параметрами предприятия и в настоящее время не привели к решению таких частных задач. На данном этапе развития ЕСТПП (единой системы технологической подготовки производства) многое еще делается вручную или с использованием частных подпрограмм, предлагаемых крупными поставщиками инструмента при покупке комплексного технологического решения по обеспечению и отладке конкретного технологического процесса.

Однако использование системы инструментального обеспечения в последнем случае имеет серьезные недостатки:

- появляется зависимость от монопольного поставщика инструмента;
- для секретных технологий такое использование невозможно;
- каждый раз при переходе на новую технологию необходима экономическая оценка целесообразности использования имеющегося на складах инструмента.

Поэтому является актуальным применение собственного решения определения состава инструмента с учетом перспектив развития производства с опорой на возможности собственного воспроизводства унифицированных сменных наладок.

В данной главе приводится методика определения номенклатуры режущего инструмента по заданной номенклатуре обрабатываемых деталей на примере размерных параметров корпусных деталей и допускаемых отклонений на основные размеры при изготовлении корпусных деталей.

Методика базируется на большом комплексе научных и конструкторских разработок, выполненных сотрудниками Всероссийского научно-исследовательского инструментального института (ВНИИИНСТРУМЕНТ) и Экспериментального научно-исследовательского института металлорежущих станков (ЭНИМС) в период 1980–1989 гг.

### 1.1. Размерные параметры корпусных деталей и допускаемых отклонений при их изготовлении.

С точки зрения обработки корпусных деталей первостепенное значение имеют: количество обрабатываемых сторон, размеры, форма и расположение основных отверстий служащих для монтажа валов, и базирующих поверхностей присоединяемых деталей.

Распространенность размеров основных отверстий корпусных деталей, а также требования к точности размеров, формы и расположения отверстий отражены в работах [2, 76]. Наиболее часто встречающиеся типы формы и сочетания основных отверстий, расположенных в одной стенке деталей, представлены на рис. 1.

Их можно подразделить по технологическому принципу на: а) гладкие отверстия, обработка которых возможна с одной стороны детали; б) гладкие отверстия, имеющие выточки и канавки, обработка которых возможна с одной стороны детали; в) ступенчатые отверстия без канавки и с канавками, обработка которых возможна с одной стороны детали; г) глухие отверстия, гладкие и ступенчатые, обработка которых возможна с одной стороны детали; д) отверстия двусторонние ступенчатые и гладкие, обработка которых возможна с двух сторон детали. В корпусных деталях, отверстия которых предназначены для монтажа валов, шпинделей, червяков и других подобных деталей, они располагаются на одной оси в двух или нескольких параллельных стенках. По технологическому признаку схемы сочетаний отверстий подразделяются на следующие:

Сочетания гладких отверстий (рис. 2): 1 - отверстия одного диаметра на одной оси; 2 - отверстия с уменьшающимися в одном направлении диаметрами на одной оси; 3 - отверстия с возрастающими в одном направлении диаметрами на одной оси; 4 - отверстия с возрастающими на встречу диаметрами на одной оси; 5 - отверстия с уменьшающимися на встречу диаметрами на одной оси.

Сочетания ступенчатых отверстий (рис 3):

а) односторонне направленные ступенчатые отверстия на одной оси: 1 - отверстия с одинаковыми диаметрами ступеней; 2 - наибольший диаметр ступенчатого отверстия во второй стенке меньше наименьшего диаметра ступенчатого отверстия, расположенного в первой стенке детали;

б) противоположно направленные ступенчатые отверстия на одной оси с одинаковыми диаметрами ступеней.

Сочетание ступенчатых и гладких отверстий (рис. 4), когда ступенчатое отверстие расположено в задней стенке детали, а гладкое - в передней стенке: 1 - диаметр гладкого отверстия меньше диаметра наибольшего ступенчатого отверстия; 2 - диаметр гладкого отверстия больше диаметра наибольшего ступенчатого отверстия; 3 - диаметр гладкого отверстия меньше или равен диаметру наименьшего ступенчатого отверстия; 4 - диаметр гладкого отверстия больше диаметра наименьшего ступенчатого отверстия.

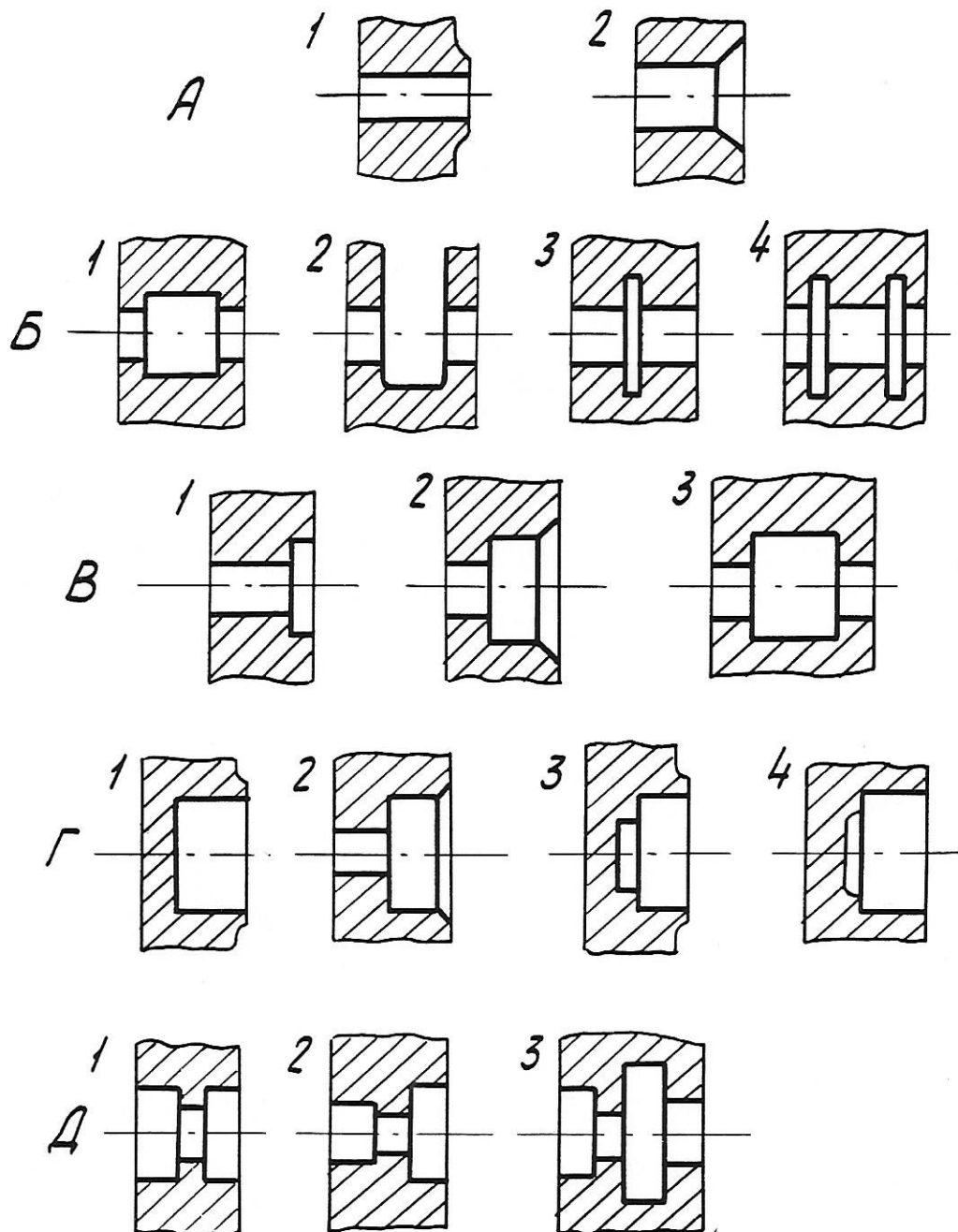


Рис. 1. Варианты и сочетания отверстий, расположенных в одной стенке детали.

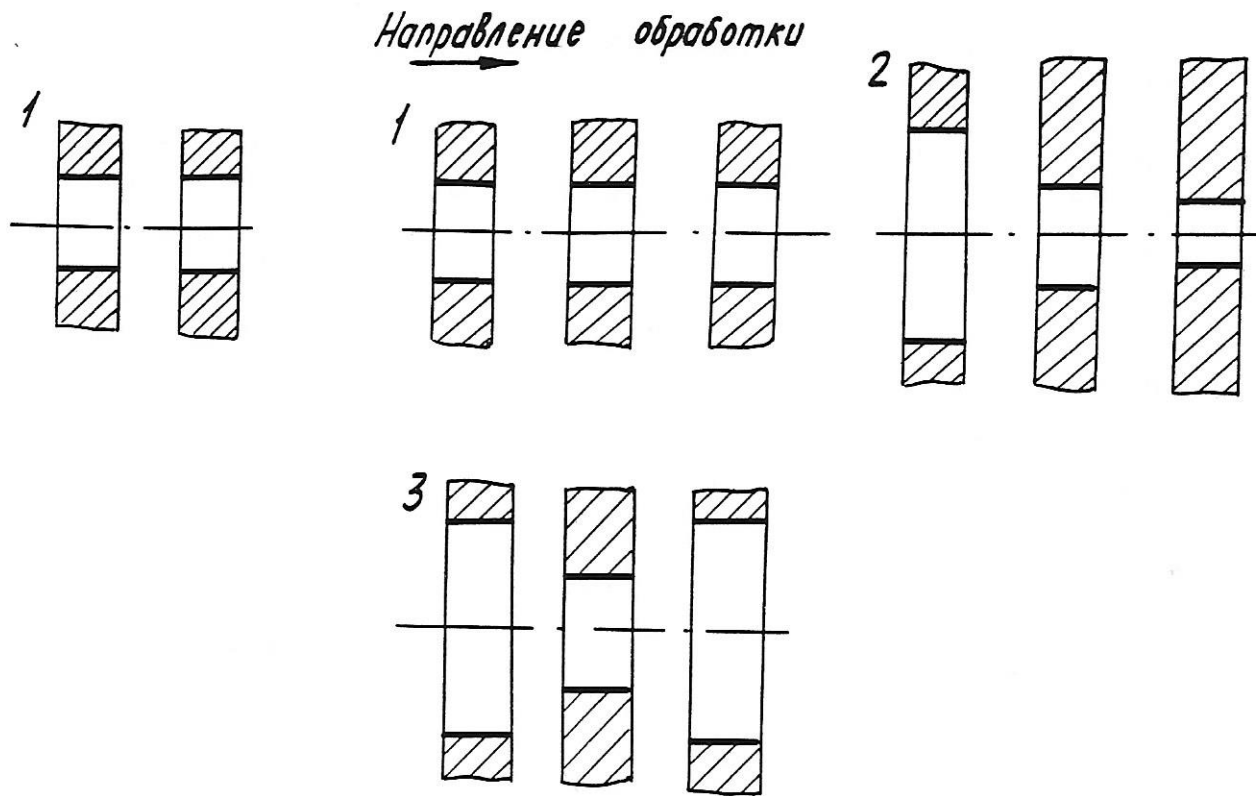


Рис. 2. Взаимное сочетание гладких отверстий, расположенных на одной оси.

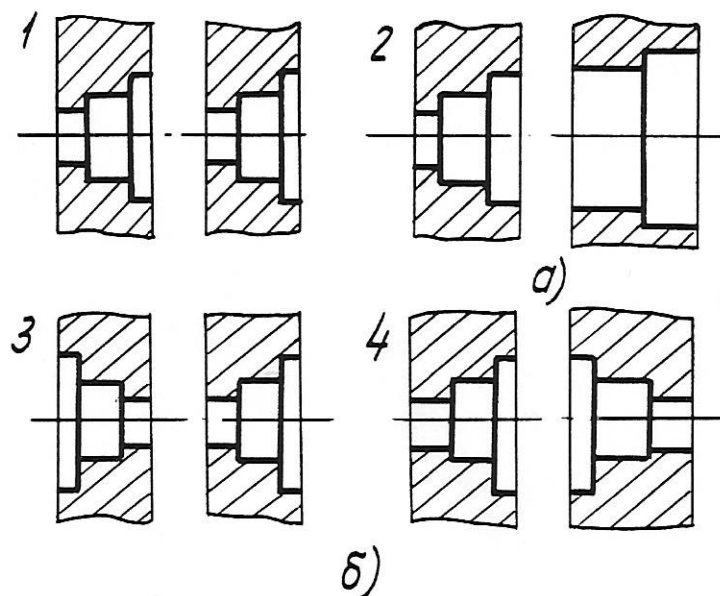


Рис. 3. Взаимное сочетание ступенчатых отверстий, расположенных на одной оси.

Взаимное расположение осей отверстий, расположенных на разных сторонах корпусных деталей, исходя из технологических признаков, может быть следующим: отверстия с параллельными осями, расположенными в одной стенке детали; отверстия с параллельными осями, расположенными в двух параллельных стенках, расстояния между которыми мало; отверстия с параллельными осями, расположенными в двух или нескольких параллельных стенках; отверстия с перпендикулярными осями, расположенными в одной плоскости в нескольких стенках; отверстия с перпендикулярными осями, расположенными в нескольких перпендикулярных плоскостях, в нескольких стенках.

Анализ показывает, что большинство отверстий в корпусных деталях выполняются гладкими для простоты их изготовления. Повторяемость отверстий, расположенных в одной стенке (см. рис. 1), по типу и форме характеризуется следующими данными:

Форма поверхности . . . . . А Б В Г Д

Применяемость в % . . . . . 80 3 12 2 3

Частота повторяемости схем взаимного сочетания гладких отверстий (см. рис. 2), расположенных на одной оси, характеризуется следующими данными:

Схема . . . . . 1 2 3

Применяемость . . . . . 22 57 20

Схемы взаимного положения осей отверстий, расположенных на разных сторонах корпусных деталей, зависят от вида изделий. Наиболее часто встречаются в коробках скоростей, коробках передач, фартуках и консолях станков, редукторах кранов, коробках передач автомобилей и т.д. схема, когда отверстия с параллельными осями расположены в или нескольких параллельных стенках.

В результате статистического анализа распространения каждой схемы взаимного расположения осей получены следующие данные:

Схема расположения осей . . . . . 1 2 3 4

Применяемость в % . . . . . 53 17 17 11

Наибольшее количество отверстий в корпусных деталях приходится на долю крепежных и прочих отверстий. Эти отверстия предназначены для крепления присоединяемых к корпусу деталей, удобства обработки основных отверстий, смазки деталей, монтажа гидро- и воздухопроводов и аппаратуры и т.п. Они отличаются разнообразием формы, размерами и точностью исполнения. Наиболее типичные формы отверстий представлены на рис. 5. Данные статистического анализа применяемости таких отверстий приведены в табл. 1.

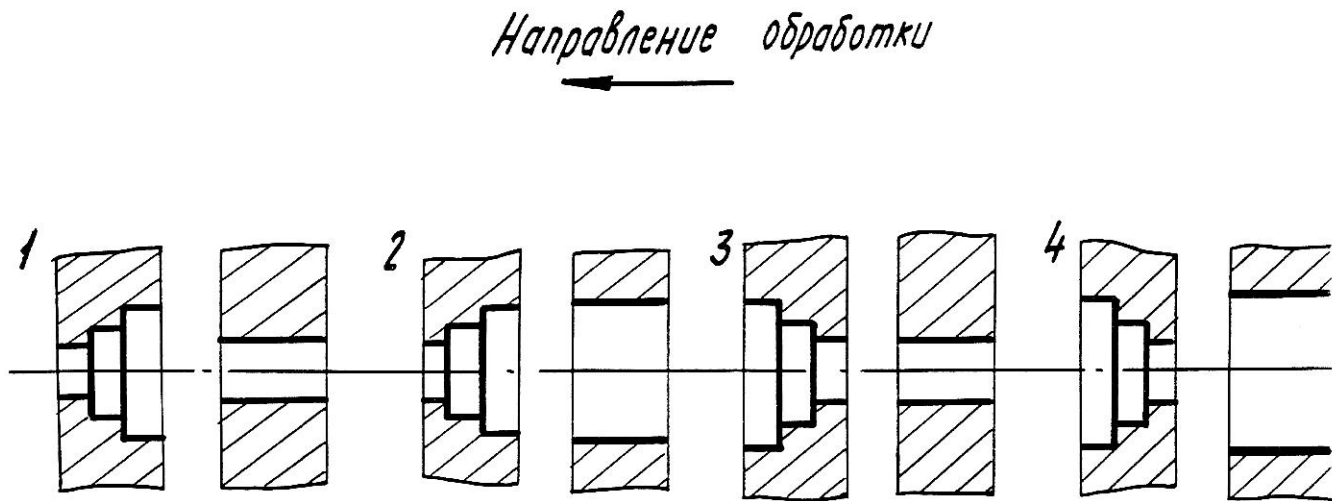


Рис. 4. Взаимное сочетание ступенчатых и гладких отверстий, расположенных на одной оси.

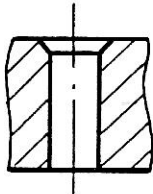
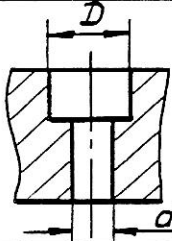
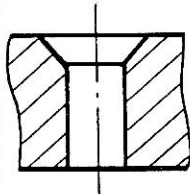
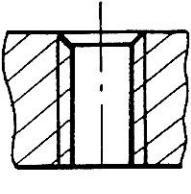
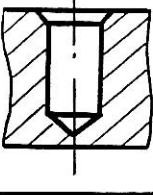
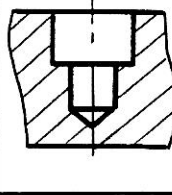
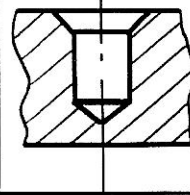
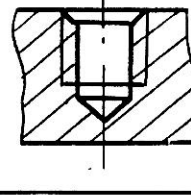
<i>Типы отверстий</i>	<i>Условная группа</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Сквозные</i>	<i>А</i>				
<i>Глухие</i>	<i>Б</i>				

Рис. 5. Формы крепежных отверстий корпусных деталей.

Таблица 1.

Вид отверстия	Повторяемость отверстий различных типов (см. рис.5).			
	1	2	3	4
Сквозные	2,1	21,0	5,3	31,3
Глухие	4,3	5,2	0,1	33,3

Применяемость диаметров резьбовых отверстий характеризуется следующими данными:

Диаметр отверстия, мм	3-6	6-10	10-16	16-20	20-27
Применяемость в %	6	30	58	4	2

Точность относительного положения отверстий корпусных деталей задается в основном свободными размерами (до 75% деталей). У одной трети корпусных деталей расположение резьбовых отверстий оговаривается допуском  $\pm(0,1-0,2)$ мм. Точность углового расположения резьбовых отверстий по окружности относительного базового отверстия у 60% деталей задается свободными размерами. В остальных случаях допуск равен  $\pm(10-30)$  угловых минут.

От точности размеров диаметров основных отверстий и особенно от точности их геометрической формы зависит точность монтажа сопрягаемых деталей, достижение необходимой посадки сопряжений и деформации внешнего кольца подшипника качения, принимающего форму отверстия корпуса. Поэтому отверстия под подшипники и особенно отверстия под подшипники шпинделей станков должны быть выполнены особо точно.

Точность формы отверстий большинства корпусных деталей нормируется пределами точности диаметрального размера отверстия. Однако значительное количество отверстий (особенно под подшипники, шпинделя, пиноль, гильзы различных станков) нормирует точность формы отверстий выше точности их диаметральных размеров. Точность формы точных отверстий в их поперечном сечении - некруглость ограничивается допуском 0,003-0,005мм, а нецилиндричность- 0,002-0,003мм.

Особо оговариваются у большинства корпусных деталей станкостроения допустимые погрешности соосности отверстий, расположенных на одной оси в нескольких параллельных стенках, так как несоосность отверстий вызывает перекосяк и деформацию монтируемых в корпус валов и подшипников. Последнее вызывает нагрев подшипников и корпуса в процессе работы. У большинства деталей несоосность ограничивается величиной половины допуска на диаметр меньшего из отверстий, расположенных на одной оси. Допустимая несоосность отверстий, расположенных на одной оси, предопределяет необходимую точность позиционирования заготовки, шпинделя и инструмента расточного станка при растачивании отверстия с двух сторон поворотом стола.

шестерни точных кинематических передач, погрешности межосевых расстояний ограничиваются пределами 0,01-0,03мм.

Непараллельность и перекося осей при растачивании отверстий в корпусных деталях определяется точностью установки координат стола относительно шпинделя и инструмента и точностью поворота стола при переходе к растачиванию отверстий, расположенных в противоположной стенке детали.

Чертежи просмотренных деталей [60] регламентирует допустимые отклонения от перпендикулярности осей отверстий в пределах 0,02-0,05мм. Неперпендикулярность торцовых поверхностей к осям отверстий составляет 0,02-0,4мм на радиусе 100мм.

Допускаемые отклонения диаметральных размеров крепежных отверстий определяются значениями 0,2-0,5мм.

Распространенность размеров основных отверстий корпусных деталей, а также требования к точности размеров, формы и расположения отверстий представлены на рис. 6-10.

Распределения количества обрабатываемых отверстий и их размеров приведены на рис. 11-17.

Фактические закономерности распределения размерных параметров совокупности корпусных деталей, обрабатываемых на многооперационных станках с ЧПУ могут быть аппроксимированы логарифмическим нормальным законом распределения [29]. В табл. 2 сведены рассчитанные значения характеристик выше приведенных распределений.

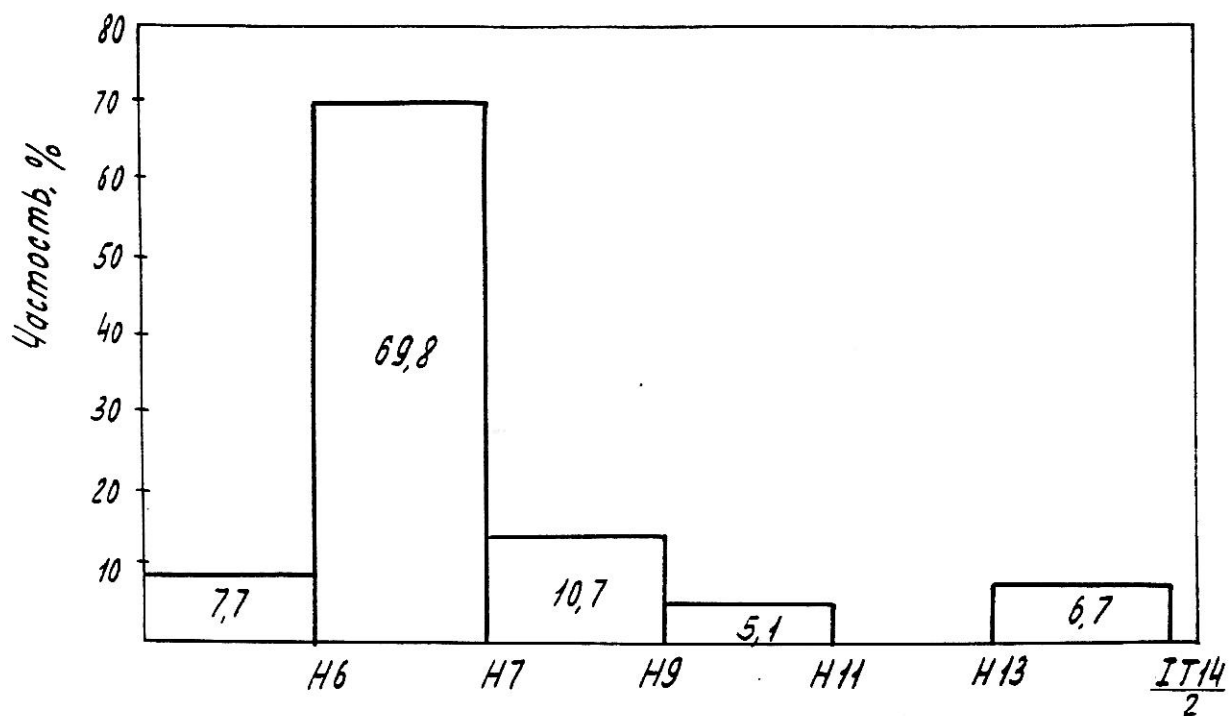


Рис. 6. Распределение деталей по квалитетам точности отверстий.



ТАБЛИЦА 2

Характеристика корпусных деталей	Един. измерения	Статистические характеристики распределений	
		среднее арифметическое	средне квадратическое
1	2	3	4
Параметры			
длина	мм	760	595
ширина	мм	492	470
высота	мм	460	451
Количество растачиваемых отверстий в корпусной детали	шт.	66,4	35,7
Количество осей растачиваемых отверстий	шт.	4,63	4,26
Диаметр растачиваемых отверстий			
средний	мм	84,5	49,8
максимальный	мм	175,5	85,4
минимальный	мм	9,05	5,19
Расстояние между торцами растачиваемых отверстий	мм	211,7	112,8
Максимальная длина растачивания с одной установки	мм	362,2	188,6
Точностные параметры растачиваемых отверстий			
Квалитет		H7	-
Параметр шероховатости	мкм	2,5	1,25
Точность межосевых расстояний	мм	0,136	0,063
Несоосность	мм	0,040	0,027
Непараллельность	мм	0,042	0,027

В рассматриваемых деталях допускаемые отклонения от номинального значения координат, регламентирующих межосевые расстояния, находятся 0,01-0,2мм. У корпусов коробок скоростей, коробок передач и коробок, несущих шестерни, скорость вращения которых превышает 15 м/сек (т.е. шестерни, к которым предъявляются требования бесшумности передачи), погрешности межосевого расстояния ограничиваются значениями 0,01-0,025мм. У корпусных деталей, несущих

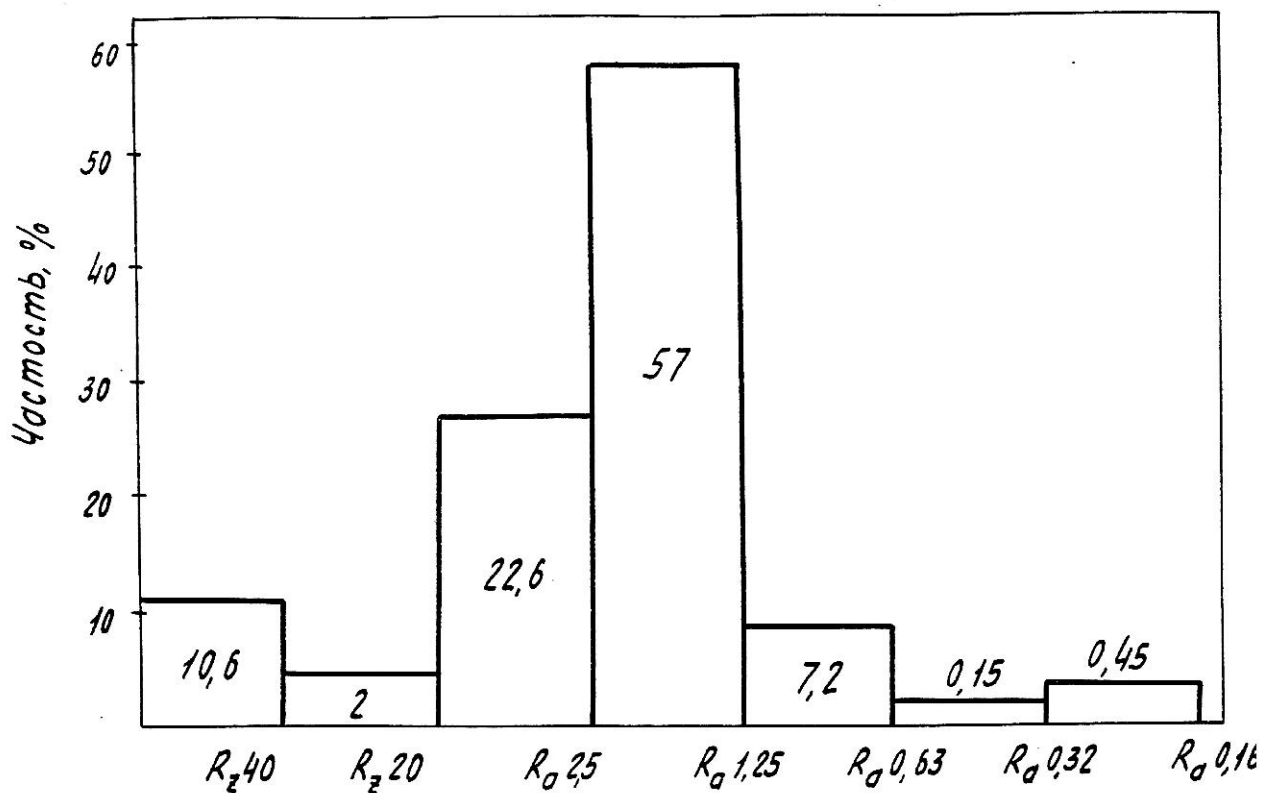


Рис. 7. Распределение деталей по величине шероховатостей отверстий.

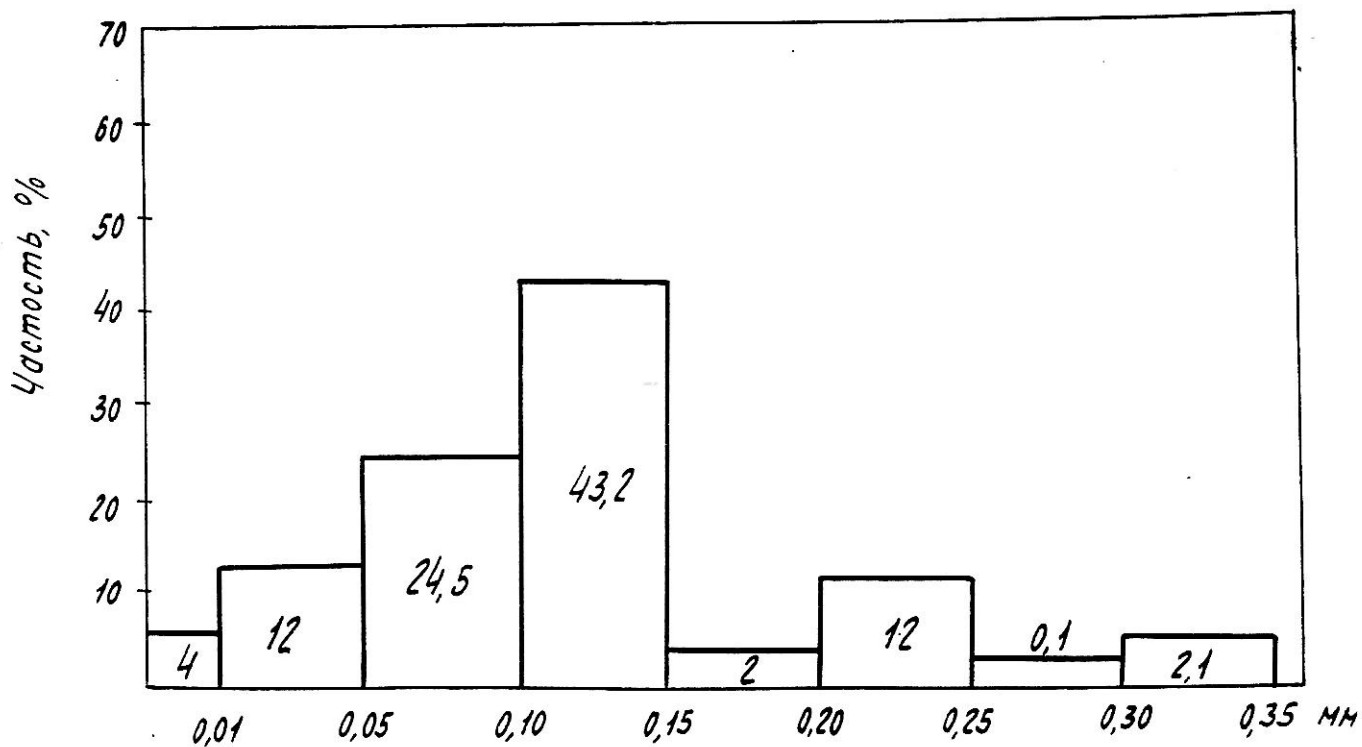


Рис. 8. Распределение деталей по точности межосевых расстояний основных отверстий.

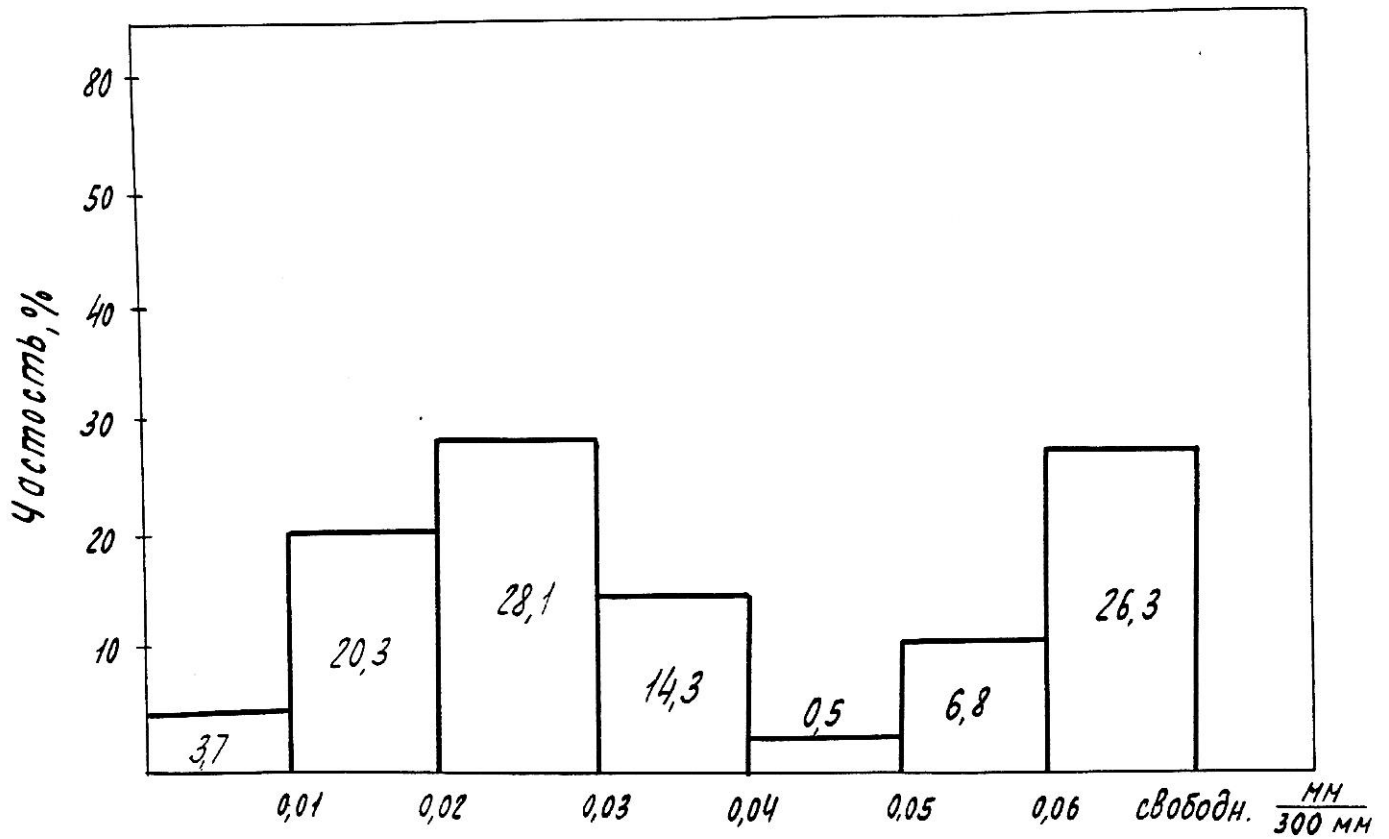


Рис. 9. Распределение деталей по несоосности основных отверстий.

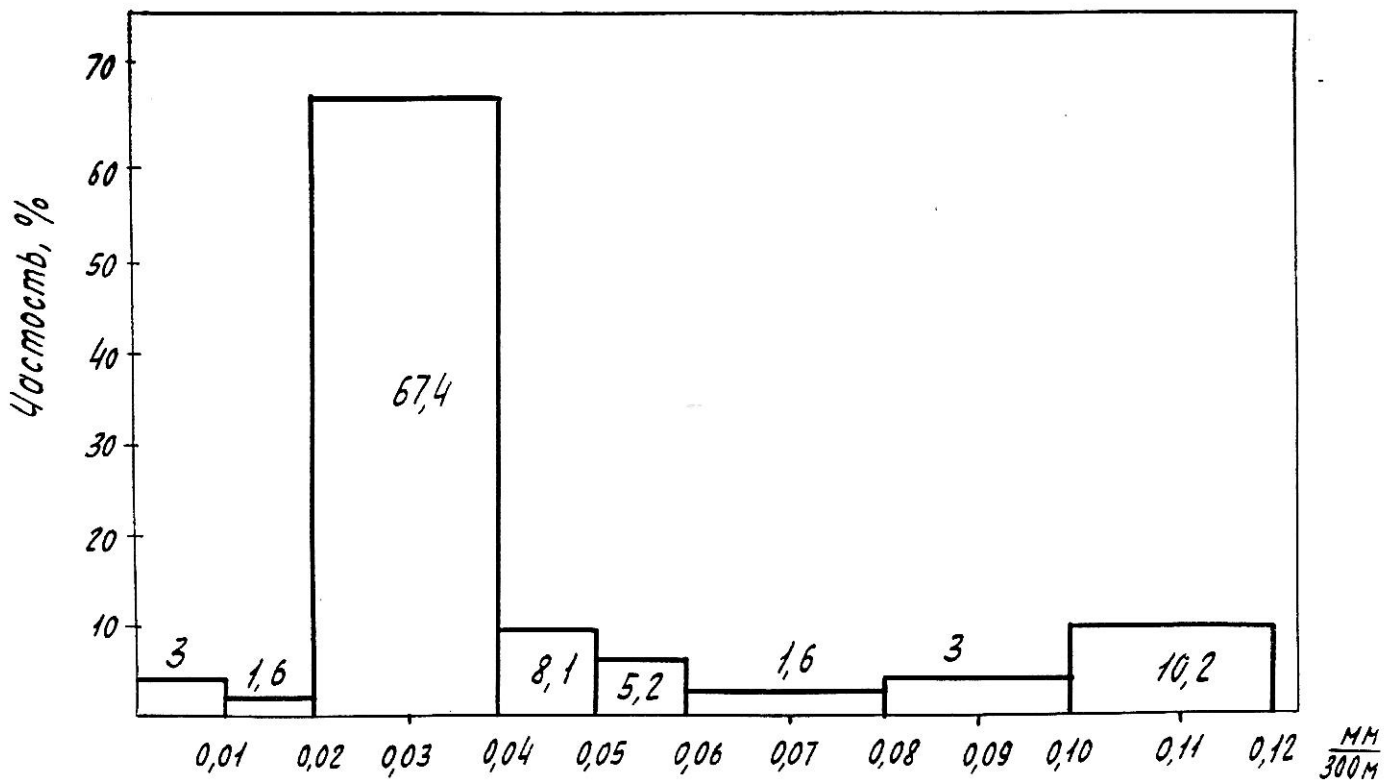


Рис. 10. Распределение деталей по допускаемым отклонениям на непераллельность осей отверстий.

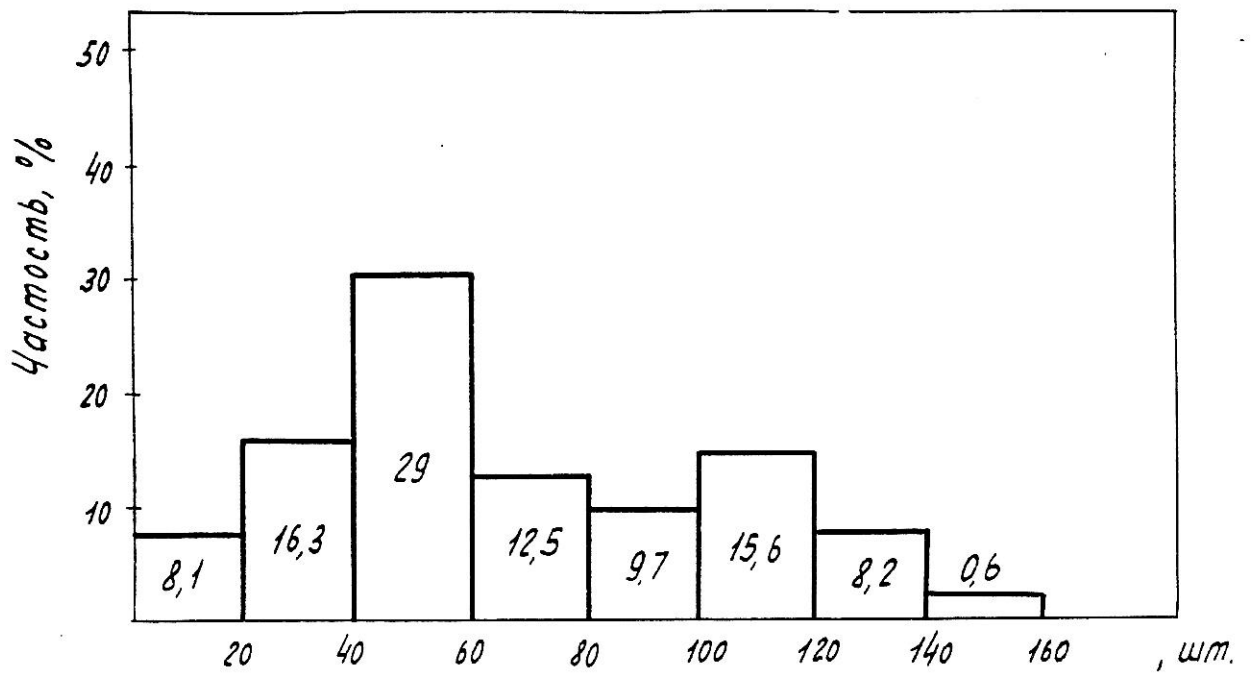


Рис. 11. Распределение количества обрабатываемых отверстий в одной детали.

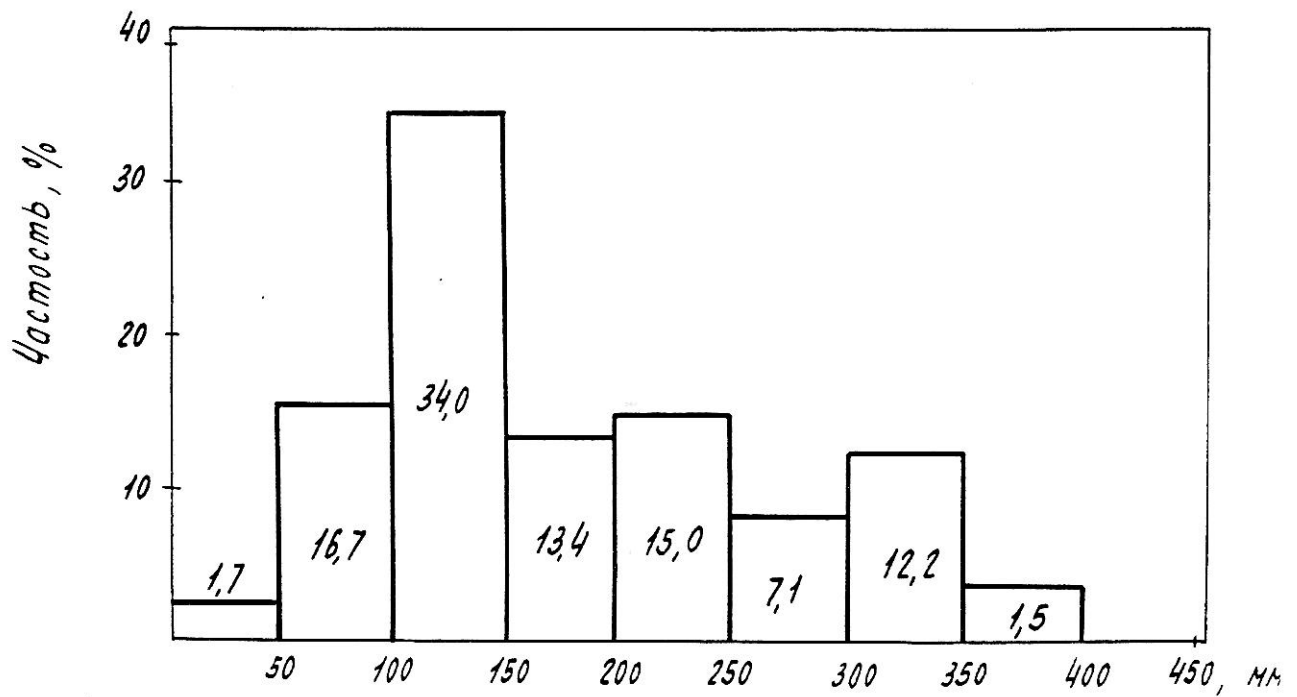


Рис. 12. Распределение отверстий по диаметру.

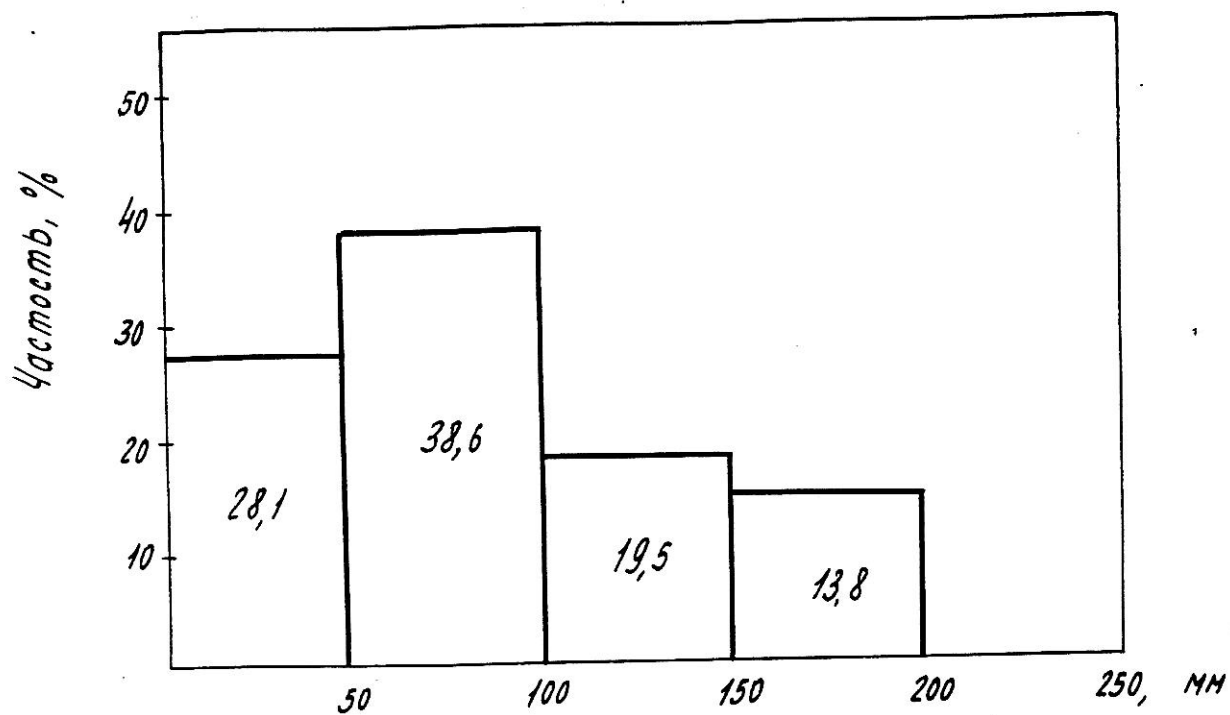


Рис. 13. Распределение максимальных диаметров обработки.

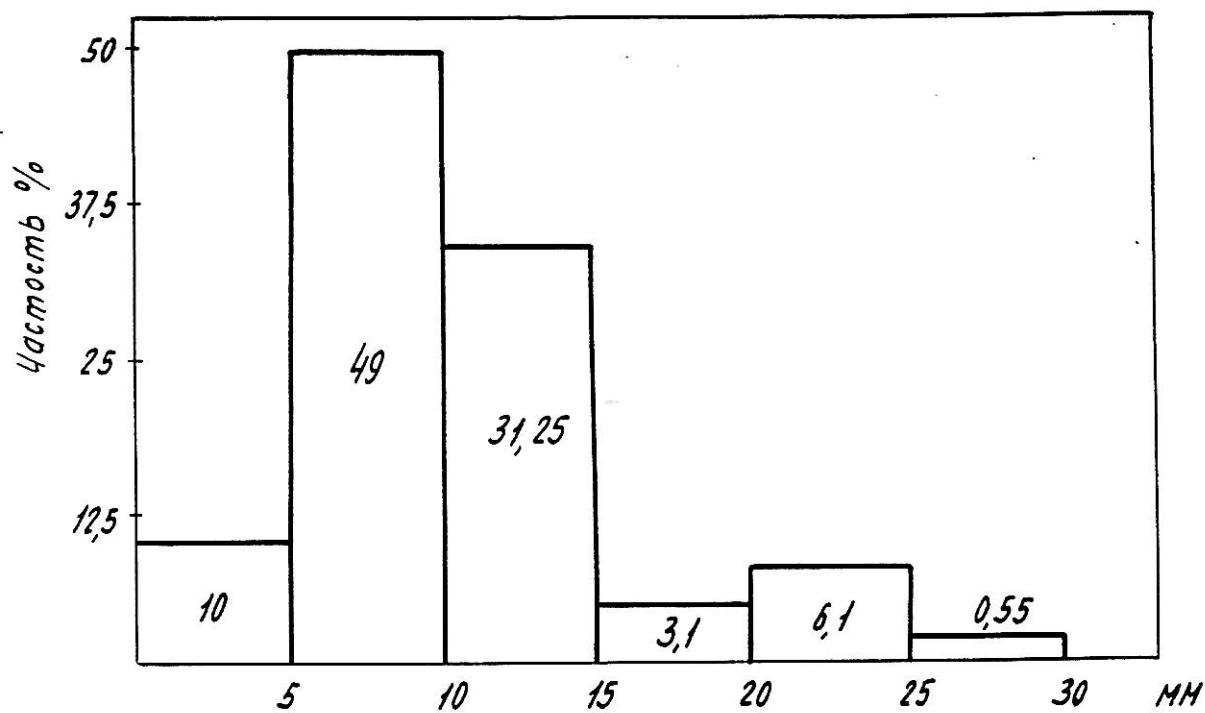


Рис. 14. Распределение минимальных диаметров обработки.

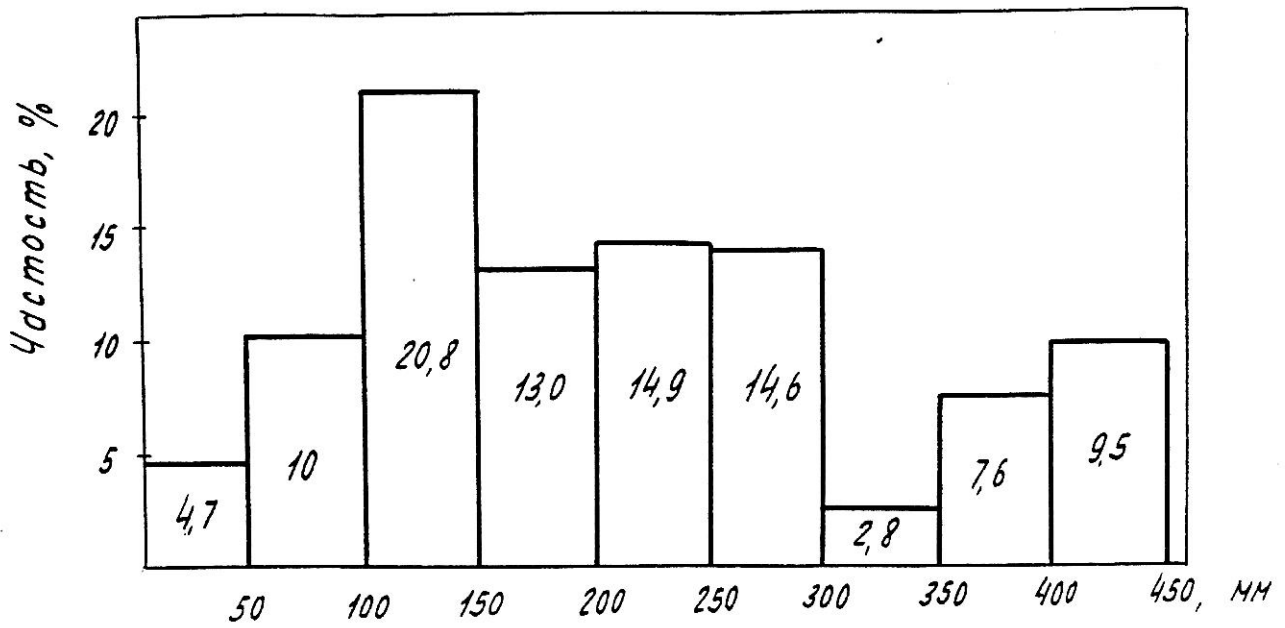


Рис. 15. Распределение отверстий по расстоянию между торцами.

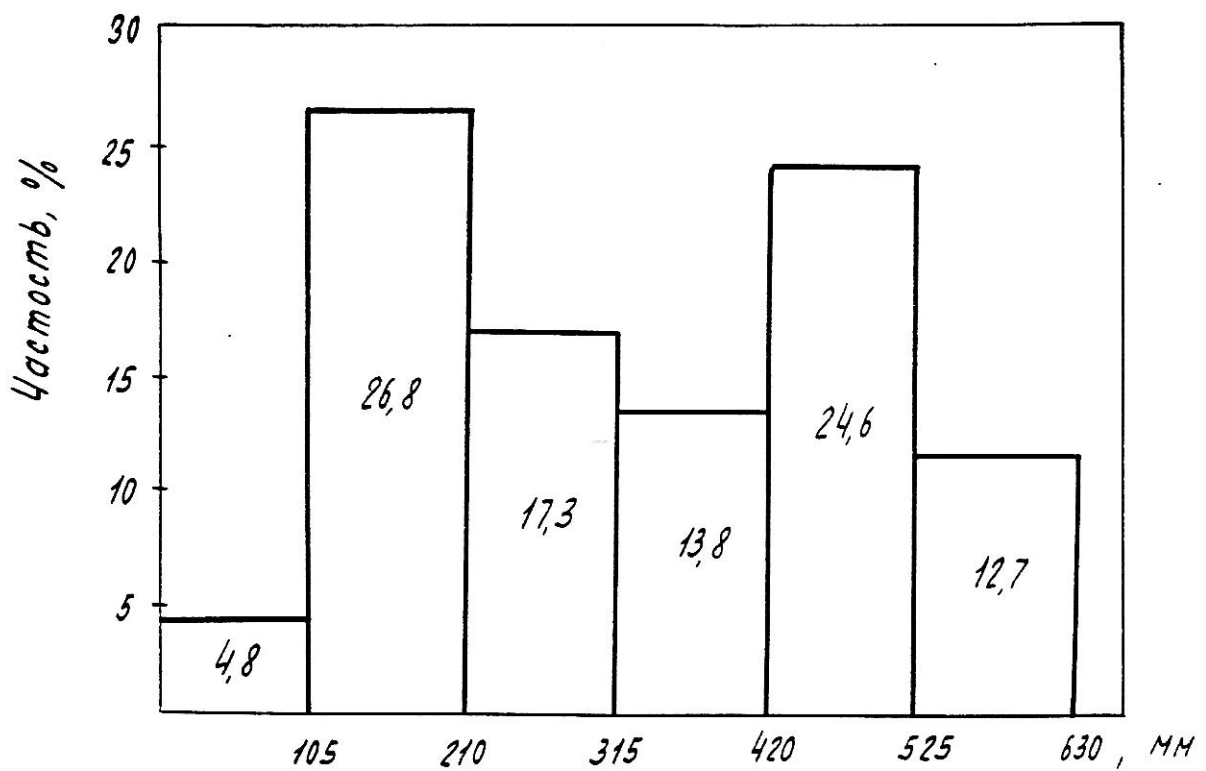


Рис. 16. Распределение деталей по максимальной длине растачивания с одной стороны.

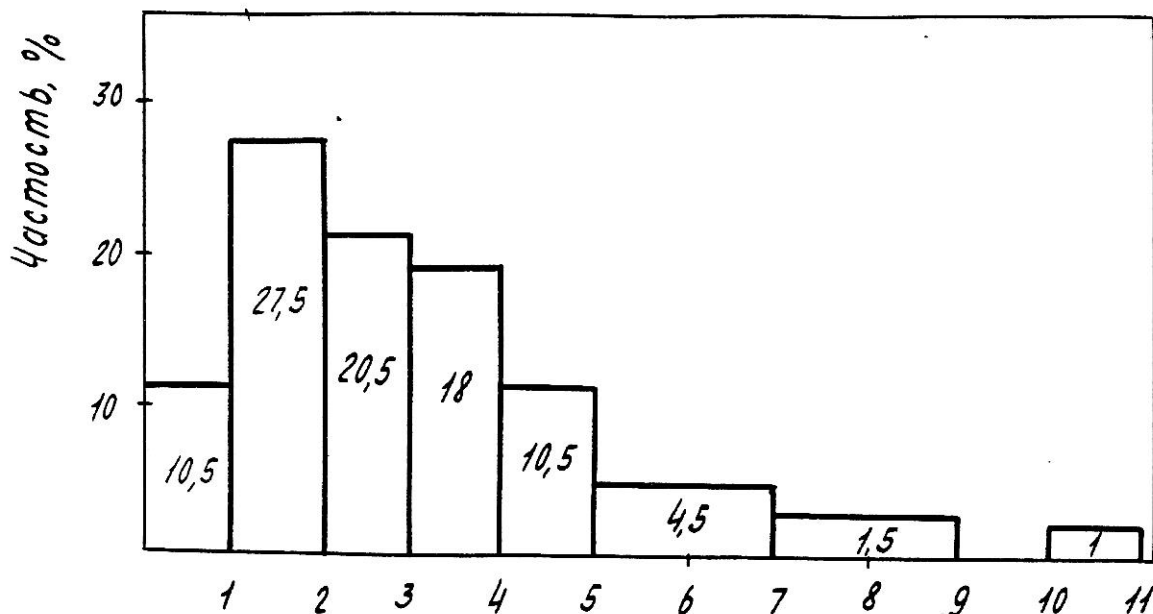


Рис. 17. Распределение отношений длины растачивания к диаметру обрабатываемого отверстия.

### 1.2. Типизация режущего инструмента.

Типаж режущего инструмента устанавливается на основании анализа форм и размеров деталей и заготовок, размеров инструмента и приемов работы, используемых на различных станках и результатов предварительных экспериментов, выполненных на станках с ЧПУ [81], а также на основе анализа операций обработки корпусных деталей [124].

Таблица 3.

Диаметр отверстия, мм	Центровочное сверло		Диаметр инструмента, мм			
	Спиральное	Комбинированное	Тип отверстия А2 и Б2		Тип отверстия А3 и Б3	
			Сверло	Цилиндрическая зенковка	Сверло	Коническая зенковка
6-8	10,0	5,0	$d_0$	$D$	$d_0$	22
8-10	15,0					
10-13	6,3					
13-15	20,0	8,0				
свыше 15	-	-				32

Типовые схемы обработки крепежных отверстий с допуском на межцентровое расстояния 0,1-0,2мм предусматривают центрирование отверстий и сверление с последующим зенкерованием (табл. 3).

При обработке сквозных и глухих отверстий с допуском на межцентровое расстояние 0,-0,2мм набор режущего инструмента зависит от требований к точности окончательной обработки и варьируется от комплекта центровочного и спирального сверла для отверстий 13 квалитета точности до комплекта, включающего центровочное сверло, спиральное сверло, зенкер, развертку для предварительной обработки и развертку для окончательной обработки отверстий по 7 квалитету точности диаметром от 3 до 32мм (табл. 4).

Обработку резьбовых осуществляют по схеме, приведенной в табл. 5. В зависимости от шага резьбы изменяется номенклатура спиральных сверл, предназначенных для обработки отверстий под нарезание резьбы. Количество типоразмеров сверл для диапазона резьб от М6 до М27 достигает 30 наименований.

Обработка гладких отверстий, точность расположения которых находится в пределах 0,03-0,10мм (рис. 1-4), осуществляется по видоизмененным схемам. При этом различают схемы обработки отверстий в сплошном материале (табл. 6) и по заранее подготовленным отверстиям (табл. 7).

Для чернового растачивания предварительно обработанных основных отверстий в первом проходе рекомендуется [120] применять двузубые расточные головки, оснащенные пластинками из твердого сплава, причем в диапазоне диаметров от 80 до 250мм пластинки должны быть сменными.

Для рассверливания отверстий диаметром до 80мм, целесообразно применять сверла со сменными режущими пластинами.

При отношении длины обрабатываемого отверстия к его диаметру 3,5-4, черновое растачивание необходимо осуществлять однолезвийным инструментом - расточными оправками с регулируемым выдвижным резцом. В диапазоне от 25 до 250мм получистовое и чистовое растачивание должно осуществляться однорезцовыми расточными оправками с твердосплавными резцами, имеющими микрометрические устройства для регулирования положения вершины режущей части [120].

Отношение длины обработки к диаметру расточки при растачивании соосных отверстий с одной стороны находится в пределах от 0,93 до 4,39 (рис. 17), где меньшие значения соответствуют большим диаметрам расточки. Абсолютные значения максимальной длины растачивания с одной установкой располагаются в интервале от 204 до 420мм. Растачивание отверстий диаметром от 5 до 30мм рекомендуется осуществлять резцами, закрепленными в расточных патронах с радиальной подачей [120].

При обработке основных отверстий важное значение имеет последовательность обработки фасок. Рекомендуется для отверстий диаметром 50-120мм и выше, этот переход осуществлять первым [76]. Для этого целесообразно использовать расфрезерование. Концентрические канавки под уплотнения обрабатывают дисковыми фрезами методом контурного фрезерования [76].





Инструмент для обработки резьбовых отверстий.

Таблица 5.

Диаметр резьбы	Центровочное сверло		Основная резьба		Резьба с мелким шагом					
	Спираль- ный	Комби- ниров.	Шаг резьбы	Диам- метр свер- ла	Шаг резьбы	Диаметр сверла	Шаг резьбы	Диаметр сверла	Шаг резьбы	Диаметр сверла
6	10	4,0	1,0	5,0	0,75	5,2	0,5	5,5	-	-
8			1,25	6,7	1,00	7,0	0,5	7,2	-	-
10	15	5,0	1,5	8,5	1,0	9,0	0,75	9,2	0,5	9,5
12			1,75	10,2	1,5	10,5	1,25	10,7	1,0	11,0
14		6,3		12,0	1,5	12,5	1,0	13,0	0,75	13,2
16	20	8,0	2,0	14,0	1,5	14,5	1,0	15,0	0,75	15,2
18				15,4	2,0	16,0	1,5	16,5	1,0	17,0
20			2,5	17,4	2,0	18,0	1,5	18,5	1,0	19,0
22	-	-	2,5	19,5	2,0	20,0	1,5	20,5	1,0	21,0
24	-	-	3,0	20,9	2,0	22,0	1,5	22,5	1,0	-
27	-	-	3,0	23,9	2,0	25,0	1,5	26,5	-	-

Комплект инструмента для обработки отверстий диаметром 8-50мм в сплошном материале.

Таблица 6.

Диаметр отверстия , мм	Квали- тет точ- ности	Диаметр инструмента $d_H$ , мм							
		Центрового сверла		Сверла		Чистово- ро расточ- ного	Развертки		
		диаметр- ного	комби- ниров.	I	2		черновой	чистовой	
св. 8 до 10	H7-H9	15	5,0	$d_0-12$	-	$d_0-0,2$	$d_0-0,04$	$d_0H7$	
св. 10 до 13			6,3						
св. 13 до 15		20	8,0	$d_0-10$	-	$d_0-0,2$	$d_0-0,05$	$d_0H7$	
св. 15 до 18									
св. 18 до 28		-		$d_0-20$	-	$d_0-0,2$	$d_0-0,06$	$d_0H7$	
св. 30 до 34									15
св. 35 до 38									20
св. 40 до 50									25
св. 32 до 50		H11	-		20			-	$d_0H11$

Комплекты расточного инструмента для обработки отверстий в сплошном материале.

Таблица 7.

Диаметр отверстия , мм	Квали- тет Точ- ности	Диаметр инструмента $d_n$ , мм						Развертки	
		Чернового расточного		Зенкера	Чистового расточного		чистовой	чирповой	
		первый проход	второй проход		первый проход	второй проход			
до 30	Н7-Н9	$d_0 - 4,0$	$d_0 - 1,0$	$d_0 - 1,0$	$d_0 - 0,2$	-	$d_0 - 0,07$	$d_0 - H7$	
	Н11	$d_0 - 2,0$	-	$d_0 - 0,2$	$d_0 - 0,2$	-	-	$d_0 - H11$	
от 30 до 50	Н7-Н9	$d_0 - 5,0$	$d_0 - 1,0$	$d_0 - 1,0$	$d_0 - 0,3$	-	$d_0 - 0,07$	$d_0 - H7$	
	Н11	$d_0 - 2,0$	-	$d_0 - 0,3$	$d_0 - 0,3$	-	-	$d_0 - H11$	
от 50 до 80	Н7-Н11	$d_0 - 5,0$	$d_0 - 1,0$	-	$d_0 - 0,4$	$d_0 - H7 -$ $- H11$	-	-	
	Н11	$d_0 - 6,0$	$d_0 - 1,5$	-	$d_0 - 0,6$	$d_0 - H7 -$ $- H11$	-	-	

Номенклатура типового режущего инструмента,  
применяемого для обработки корпусных деталей.

Таблица 8.

Наименование режущего инструмента		Диаметр обработки, мм	Вид присоединительной поверхности	Размеры присоединительной поверхности
1		2	3	4
Центровочные сверла	Комбинированные	2,5-10,0	Наружняя цилиндрическая	5,0-25,0 мм
	Спиральные $2\psi = 90^\circ$		Наружняя цилиндрическая	3,0-20,0 мм
Спиральные сверла		3,0-20,0	Наружняя цилиндрическая	3,0-20,0 мм
		14,25-23,0	Наружняя коническая	Конус Морзе 2
		23,25-32,0		Конус Морзе 3
Зенкеры		32,25-48,0		Конус Морзе 4
		10,0-20,0	Наружняя цилиндрическая	10,0-20,0 мм
		17,0-22,0	Наружняя коническая	Конус Морзе 2
		24,0-30,0		Конус Морзе 3
32,0-40,0	Конус Морзе 4			
Развертки	Хвостовые	6,0-9,0	Наружняя цилиндрическая	6,0-9,0 мм
		10,0-15,0	Наружняя коническая	Конус Морзе 1
		15,0-22,0		Конус Морзе 2
		24,0-32,0		Конус Морзе 3
	Насадные	25,0-34,0	Внутренняя коническая поверхность конусностью 1:3 с посадочным диаметром	$d = 13$ мм
		35,0-40,0		$d = 16$ мм
42,0-48,0		$d = 19$ мм		
50,0-55,0	$d = 22$ мм			
Зенковки конические		22-32	Наружняя коническая	Конус Морзе 2
Зенковки цилиндрические		15-20	Наружняя коническая	Конус Морзе 2
		24-32		Конус Морзе 3
		36-40		Конус Морзе 4
Метчики машинные		M6-M27	Наружняя цилиндрическая	6,3-20,0 мм
Расточные резцы расточных патронов		8-30	Наружняя цилиндрическая	10-20 мм
Расточные резцы державочные		25-180	Наружняя квадратного сечения	от 8x8 до 32x32 мм
Пластины расточные и перовых сверл		25-180	Наружняя призматическая	от 25x6 до 180x16 мм

Номенклатура режущего инструмента применяемого  
для обработки корпусных деталей.

Таблица 9.

Наименование режущего инструмента	Вид присоединительной поверхности	Размеры присоединительной поверхности
Фрезы концевые	Наружняя цилиндрическая	5,0–40,0 мм
Фрезы шпоночные	Наружняя цилиндрическая	4,0–12,0 мм
Фрезы дисковые	Внутренняя цилиндрическая с продольным шпоночным пазом	10,0–32,0 мм
Фрезы трехсторонние	Внутренняя цилиндрическая с продольным шпоночным пазом	22,0–40,0 мм
Фрезы торцевые	Внутренняя цилиндрическая с поперечным шпоночным пазом	32,0–50,0 мм

Фрезерование отверстий вместо их предварительного растачивания целесообразно, если длина отверстия не превышает длины режущей фрезы. При этом используются быстрорежущие (диаметром от 5 до 50мм) и твердосплавные (от 20 до 50мм) концевые фрезы. Диаметр шпоночных фрез - от 5 до 12мм (из быстрорежущей стали) и от 4 до 12мм (из твердого сплава).

Из фрез, рекомендуемых для обработки плоскостей [76], выбирают торцевые с диаметром, обеспечивающим наименьшее число проходов. В основном используются фрезы диаметром 100, 125 и 160мм с механическим креплением пластин из твердого сплава.

Номенклатура режущего инструмента применяемого для обработки корпусных деталей на автоматизированном оборудовании приведена в табл. 8, 9 и 10 [97].

## Номенклатура типового режущего инструмента для обработки тел вращения.

Таблица 10.

№ П/п	Наименование инструмента	Основной параметр	
		Угол в плане φ, град	Сечение державочной части, мм
1	Резец проходной с квадратной пластиной	45	25x25x150
2	Резец проходной с ромбической пластиной	95	25x25x150
3	Резец для контурного точения с ромбической пластиной с углом 55°	93	25x25x150
4	Резец расточной с ромбической пластиной с углом 80°	95	Диаметр хвостовика, мм
			25
			Сечение державочной части, мм
5	Резец для проточки наружных канавок прямых	-	25x25x150
6	Резец для проточки наружных канавок для выхода шлифовального круга	-	25x25x150
7	Резец для проточки наружных угловых канавок	-	25x25x150
8	резец для проточки внутренних стопорных канавок	-	Диаметр хвостовика, мм
			25
			Сечение державочной части, мм
9	Резец для расточки канавок для выхода шлифовального круга	-	25
10	Резец для расточки угловых канавок	-	25
11	Резец для нарезания внутренних резб, левый	Шаг резьбы, мм, не более 3	Диаметр хвостовика, мм
			25
			Сечение державочной части, мм
12	Резец для нарезания наружной резьбы	3	25x25x150
			Диаметр, мм
13	Центровочные сверла с наружной цилиндрической поверхностью	3,15-6,3	5,0-16,0мм
14	Сверла с цилиндрическим хвостовиком	6,0-45,0	6,0-40,0мм
15	Сверла с коническим хвостовиком	12,0-23,0	Конус Морзе2 Конус Морзе3
		23,25-32,0	

## **ГЛАВА 4. Определение состава комплекта вспомогательного инструмента для гибких производственных участков**

Для определения состава комплекта ВИ для конкретного гибкого производства используются следующие положения.

Входящий в систему (рис. 1) вспомогательный инструмент условно подразделяют на три группы:

- одноразмерный – для закрепления режущего инструмента одного размера, одного или нескольких типов;
- многоразмерный – для закрепления режущего инструмента одного типа, нескольких последовательно расположенных размеров;
- многотипоразмерный – для закрепления режущего инструмента разных типов, нескольких последовательно расположенных размеров.

От принадлежности к той или иной группе зависит способ расчета количества вспомогательного инструмента каждого типоразмера в инструментальной системе станка или ГПС.

При этом соблюдаются следующие положения:

- количество вспомогательного инструмента рассчитывается с учетом потерь от повреждений и износа присоединительных поверхностей;
- для обеспечения минимальных потерь времени на замену вышедшего из строя вспомогательного инструмента на участок подготовки инструмента к работе и сборки его в инструментальные комплекты поставляется удвоенное количество вспомогательного инструмента;
- каждый комплект инструмента для растачивания предварительно настраивают на размеры обработки, а у остальных проверяют осевые размеры и действительные размеры фиксируют в коде комплекта;
- номенклатура вспомогательного инструмента должна обеспечивать закрепление всего режущего инструмента, входящего в инструментальную систему станка или ГПС;
- количество многоразмерного вспомогательного инструмента зависит от количества размеров режущего инструмента, необходимого для обработки детали на станке, в пределах диапазона, определяемого присоединительной поверхностью вспомогательного инструмента.

Также, как показал опыт реализации технологических операций обработки сложных корпусных деталей, для некоторых видов режущего инструмента (центровки, зенковки, фрезы концевые и торцовые) необходимо дополнительное увеличение количества вспомогательного инструмента.



Комплект ВИ должен обеспечивать закрепление всего режущего инструмента, используемого на данном участке. При расчете потребности ВИ разделяют на три группы:

Одноразмерный - для закрепления режущего инструмента одного или нескольких типов одного размера.

Например: рис. 1, поз. 1.1; 1.12; рис. 2, поз. 2.1; 2.2; 2.3.

Многоразмерный - для закрепления режущего инструмента одного или нескольких, последовательно расположенных размеров.

Например: рис. 1, поз. 1.13; 1.15; рис. 2, поз. 2.9 и др.

Многотипоразмерный - для закрепления режущего инструмента разных типов с несколькими, последовательно расположенными размерами.

Например: рис. 1, поз. 1.3; 1.4; 1.7; 1.10; рис. 2, поз. 2.7; 2.8.

Количество ВИ рассчитывается с учетом его износа за срок службы не менее трех лет. Для обеспечения высокой производительности ВИ целесообразно использовать не менее трех комплектов.

Потребное количество ВИ, входящего в комплекты, определяется по формулам:

для одноразмерного ВИ:

$$N_1 = K_3 * K_n * C \quad (1)$$

для многоразмерного ВИ:

$$N_2 = K_3 * K_n * n \quad (2)$$

для многотипоразмерного ВИ:

$$N_3 = K_3 * K_n * \sum_{l}^m n_l \quad (3)$$

где  $K_n$  - коэффициент, учитывающий комплектность инструмента для предварительной настройки ( $K_n = 3$ );

$K_3$  - коэффициент запаса, учитывающий поломки, ремонт, отладку инструмента ( $K_3 = 1,25$ );

$n$  - количество размеров режущего инструмента, закрепленного в ВИ одного типоразмера;

$C$  - количество типов режущего инструмента, закрепляемого в ВИ данного типоразмера;

$m$  - число типов режущего инструмента.

Потребное количество специального ВИ определяется по формулам (1, 2, 3) с учетом его конструктивных особенностей. Рассчитанное количество инструмента  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  увеличивается до целых единиц. По результатам расчета количества ВИ разрабатываются нормативные комплекты для комплектации участков станков с ЧПУ, ГПЯ и ГПС.

Пример расчета количества ВИ приведен в приложении 1, а исходные данные для расчета - в приложении 2.

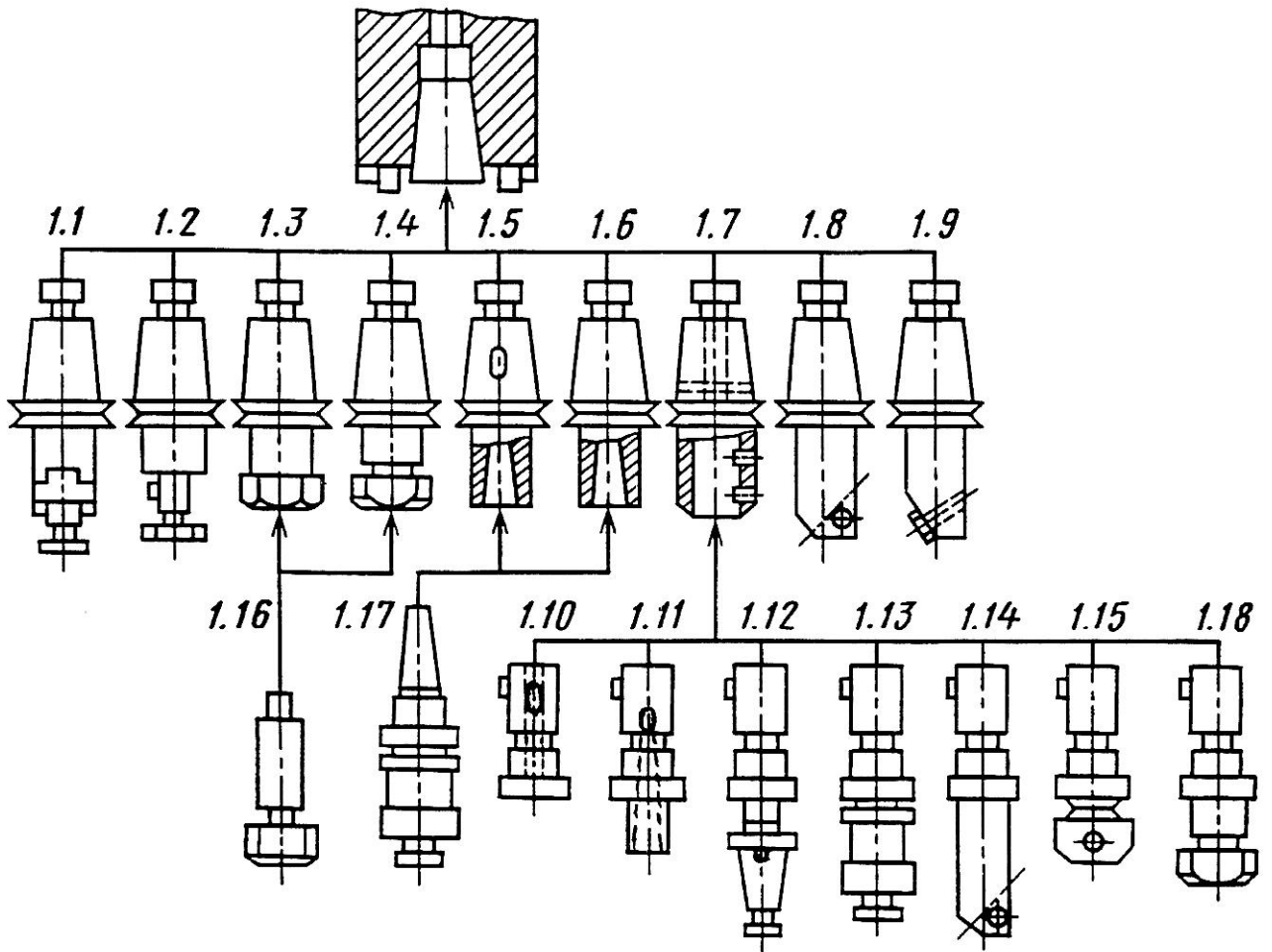


Рис. 1. Система стандартного вспомогательного инструмента для станков сверльно-расточной и фрезерной групп: 1.1. Оправка с конусом 7:24 для насадных фрез с поперечной шпонкой. 1.2. Оправка с конусом 7:24 для насадных фрез с продольной шпонкой. 1.3. Патрон с конусом 7:24 цанговый с диапазоном зажима 20...40мм. 1.4. Патрон с конусом 7:24 цанговый с диапазоном зажима 5..20мм. 1.5. Втулка с конусом 7:24 переходная для инструмента с конусом Морзе с лапкой. 1.6. Втулка с конусом 7:24 переходная для инструмента с конусом Морзе с резьбовым отверстием. 1.7. Базовый агрегат с конусом 7:24 для сменных агрегатов. 1.8. Оправка с конусом 7:24 расточная для лучистового растачивания. 1.9. Оправка с конусом 7:24 расточная для чистового растачивания. 1.10. Сменный агрегат с внутренним конусом Морзе. 1.11. Сменный агрегат с внутренним конусом Морзе удлиненный. 1.12. Сменный агрегат для насадных разверток. 1.13. Сменный агрегат для нарезания резьбы метчиками. 1.14. Сменный агрегат для растачивания. 1.15. Сменный агрегат с поперечным суппортом для растачивания. 1.16. Сменный агрегат с цанговым зажимом 3-12мм. 1.17. Сменный агрегат с конусом Морзе для нарезания резьбы метчиками. 1.18. Сменный агрегат с цанговым зажимом 5 - 20мм.

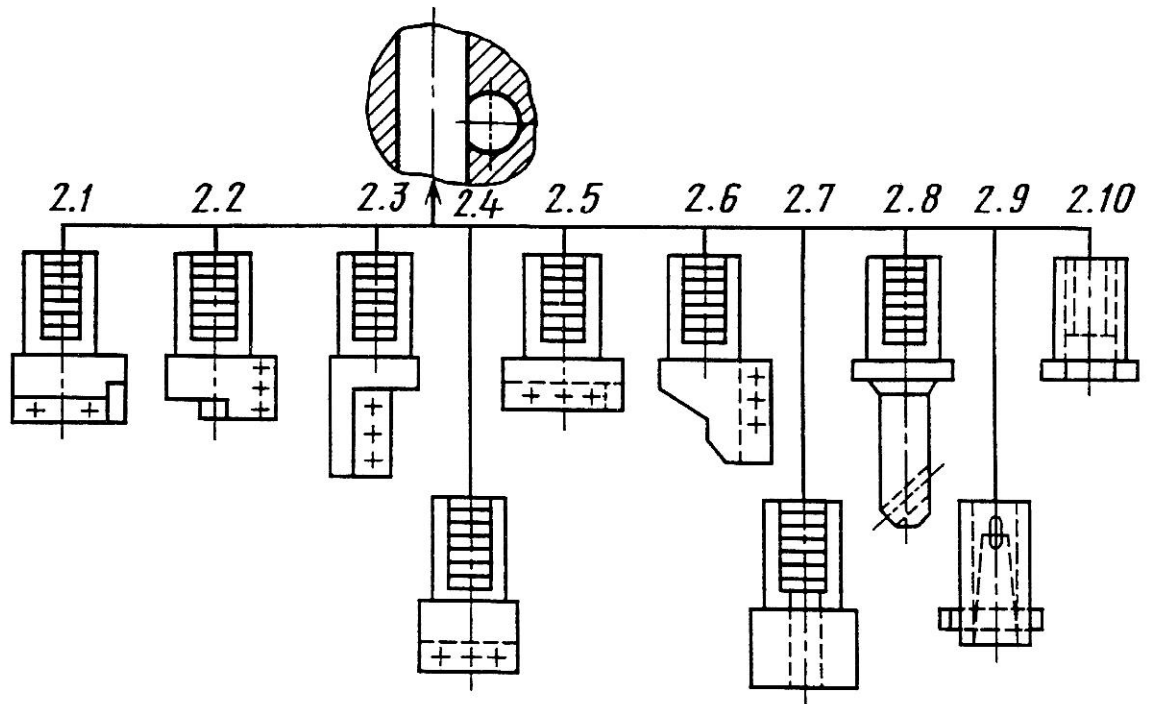


Рис. 2. Система стандартного вспомогательного инструмента.

- 2.1. Резцедержатель с перпендикулярным открытым пазом
- 2.2. Резцедержатель с параллельным открытым пазом.
- 2.3. Резцедержатель с осевым открытым пазом.
- 2.4. Резцедержатель с перпендикулярным открытым пазом для отрезных резцов
- 2.5. Резцедержатель несимметричный с перпендикулярным открытым пазом.
- 2.6. Резцедержатель с параллельным открытым пазом удлиненный.
- 2.7. Втулка переходная.
- 2.8. Бортштанга расточная.
- 2.9. Втулка переходная с конусом Морзе.
- 2.10. Втулка переходная разжимная.

**ПРИМЕР РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА ПРИСПОСОБЛЕНИЙ В КОМПЛЕКТЕ****1. Условия, принятые для расчета:**

гибкий автоматизированный участок для обработки корпусных деталей из чугуна марки СЧ 21-40;

участок комплектуется ГПМ мод. ИР800ПМФЗМ;

исходные данные для расчета потребности в ВИ приведены в приложении 2.

**2. Порядок расчета количества ВИ для каждой группы инструмента.****2.1. Одноразмерные ВИ - оправки с конусом 7:24 для насадных фрез с поперечной шпонкой (рис. 1, поз. 1.1).**

а) посадочная поверхность диаметром 32 мм для торцевых фрез диаметром 100 мм:

$$N_{\text{фрез.1}} = K_3 * K_H * C_1$$

$$C_1 = 1$$

$$N_{\text{фрез.1}} = 1,25 * 3 * 1 = 3,75$$

Принимаем для комплекта 4 оправки с посадочной поверхностью 32 мм для торцевых фрез диаметром 100 мм (обозначение 6222-0133 по РТМ2 П10-2-84);

б) посадочная поверхность диаметром 40 мм для торцевых фрез диаметром 125 мм:

$$N_{\text{фрез.2}} = K_3 * K_H * C_2$$

$$C_2 = 1$$

$$N_{\text{фрез.2}} = 1,25 * 3 * 1 = 3,75$$

Принимаем для комплекта 4 оправки с посадочной поверхностью 40 мм для торцевых фрез диаметром 125 мм (обозначение 6222-0133 по РТМ2 П10-2-84);

в) посадочная поверхность диаметром 50 мм для торцевых фрез диаметром 160 мм:

$$N_{\text{фрез.3}} = K_3 * K_H * C_3$$

$$C_3 = 1$$

$$N_{\text{фрез.3}} = 1,25 * 3 * 1 = 3,75$$

Принимаем для комплекта 4 оправки с посадочной поверхностью 50 мм для торцевых фрез диаметром 160 мм (обозначение 6222-0133 по РТМ2 П10-2-84);

**2.2. Многомерные ВИ. Патроны регулируемые расточные (рис. 1, поз. 1.15).**

$$N = K_3 * K_H * n_i = 1,25 * 3 * 3 = 11,25$$

где  $n=3$  (в патроне закрепляется одновременно в наладках три размера расточных резцов).

Принимаем для комплекта 12 патронов регулируемых расточных (обозначение 191.151.009 по РТМ 2 П10-2-84).

**2.3. Многотипоразмерные ВИ. Втулки регулируемые с внутренним конусом Морзе универсальные (рис. 1, поз. 1.10):**

$$N = K_3 * K_H * \sum_i^m n_i = 1,25 * 3 * 12 = 45, \text{ где}$$

$m=4$  (во втулках закрепляются в данном случае четыре типа инструмента: сверла с коническим хвостовиком, цековки, зенкеры, развертки);

$n=3$  (во втулке одного размера с конусом Морзе №2 закрепляется в наладке три размера режущего инструмента).

Принимаем для комплекта 45 штук втулок регулируемых с Конусом Морзе №2 (обозначение 191.836.032 по РТМ 2 П10-2-84).

Державки (базисные агрегаты) с отверстием  $\varnothing 36$  для крепления втулок и патронов (рис. 1, поз.1.7):

$$N=K_3 * K_n * \sum_i^m n_i = 1,25 * 3 * 8 = 30, \text{ где}$$

$m=2$  (в державках закрепляются в данном случае два типа инструмента: втулки и патроны);

$n=4$  (три размера втулок и один размер патрона).

Принимаем для комплекта 30 штук державок (обозначение 191. 112.051).

Аналогично рассчитывается остальное необходимое количество ВИ, используемого при обработке изделий на данной ГПС.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ВИ

Операции по технологическому процессу	Тип и размеры режущего инструмента, используемого в операциях	Кол-во инструмента	Наименование ВИ для закрепления режущего инструмента
Фрезерование уступа	Фреза торцевая Ø 100 мм, ТУ 2 035-874-82	1	Оправка 6222-0133, ГОСТ 26538-85
Предварительное фрезерование плоскости	Фреза торцевая Ø 125 мм, ТУ 2 035-874-82	1	Оправка 6222-0133, ГОСТ 26538-85
Чистовое фрезерование плоскости	Фреза торцевая Ø 160 мм, ТУ 2 035-874-82	1	Оправка 6222-0133, ГОСТ 26538-85
Зацентровка	Сверло спиральное центровочное Ø 20 мм, ОСТ 2 И20-5-80	1	Пагрон цанговый 191.113.050, ТУ 2 035-682-79
Сверление отверстий	Сверла спиральные с коническим хвостовиком, ГОСТ 10903-77: Ø 14,5 Ø 16,5 Ø 19,5	1 1 1	Втулка регулируемая с внутрен. Державка, Морзе, унив., ТУ 2 035-761-80; ТУ 2 035-763-80 191 836 032 191 112 051 191 836 032 191 112 051 191 836 032 191 112 051
Зенкерование отверстий	Зенкеры, оснащенные пластинами из твердого сплава, ГОСТ 10903-77 Ø 15 Ø 17 Ø 20	1 1 1	Втулка регулируемая с внутрен. Державка, Морзе, унив., ТУ 2 035-761-80; ТУ 2 035-763-80 191 836 032 191 112 051 191 836 032 191 112 051 191 836 032 191 112 051
Развертывание отверстий	Развертывание отверстий, ГОСТ 11175-80: Ø 15Н7 Ø 17Н7 Ø 20Н7	1 1 1	Втулка регулируемая, Державка ТУ 2 035-761-80: 191 836 032 191 112 051 191 836 032 191 112 051 191 836 032 191 112 051

Операции по технологическому процессу	Тип и размеры режущего инструмента, используемого в операциях	Кол-во инструмента	Наименование ВИ для закрепления режущего инструмента
Цековка отверстий под крепежные детали	Цековки, ГОСТ 26258-84: Ø 15 Ø 18 Ø 20		Втулка регулируемая, Державка ТУ 2 035-761-80: ТУ 2 035-763-80 191 836 032 191 112 051 191 836 032 191 112 051 191 836 032 191 112 051
Расточка отверстий	Резцы КРС с $\varphi=90^\circ$ Ø 12 x 70 Ø 12 x 90 Ø 18 x 140		Патрон регул. расточной, Державка ТУ 2 035-761-80: ТУ 2 035-763-80 191 151 112 191 112 051 191 151 112 191 112 051 191 151 112 191 112 051

Примечание 1. В состав комплекта входит 30 державок 191 112 0513

## Глава 5. ОЦЕНКА КОМПОНОВОК СИСТЕМ БАЗИРОВАНИЯ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ПО СОВОКУПНОСТИ КРИТЕРИЕВ.

Выбор экономически обоснованных систем, как совокупности средств, необходимых для изготовления деталей заданной геометрической формы в различных условиях производства, имеет большое значение. Этот выбор усложняется в связи с ростом номенклатуры изделий, которая удваивается каждые 20 лет из-за сокращения периода обновления. Это требует решения нетрадиционных технических и организационных задач, направленного на сокращение времени запуска изделия в производство, уменьшение затрат на переналадку оборудования и увеличение его производительности.

### 5.1. Условия компоновки систем.

Основной характеристикой системы является структура, определяемая составом элементов системы и связями между ними. Применительно к системам вспомогательного инструмента состав элементов определяется взаимодействием систем базирования и закрепления с узлами станков, с одной стороны, и их взаимодействие с крепежной частью - с другой. Связи между системами базирования и закрепления определяются следующими условиями:

1. Обеспечение заданного технологического процесса: содержание и последовательность переходов, определяющие номенклатуру и размеры инструмента.
2. Обеспечение требований эксплуатации: автоматическая смена инструмента, предварительная настройка на размеры обработки, ограничения по длине и массе инструмента.
3. Обеспечение качества обработки: задание точности размеров, шероховатость поверхностей, отклонения от правильной геометрической формы, точность взаимного расположения поверхностей.
4. Обеспечение заданной производительности обработки: требуемая частота вращения инструмента, надежность закрепления, предупреждение поломок инструмента.
5. Обеспечение заданной производительности подготовки инструмента к работе: быстрая сборка разборка компоновок инструмента, защита от повреждений, устойчивость к коррозии, удобство хранения, подборки компоновок и их транспортирования.
6. Снижение расходов на эксплуатацию: минимизация запаса, снижение стоимости приобретения инструмента, сокращение времени на переналадку и на переоснащение, взаимозаменяемость для различных модификаций оборудования.

Для разработки систем вспомогательного инструмента, отвечающих этим условиям необходимо принять две концепции, отражающие особенности развития современного производства и сближающие интересы потребителей вспомогательного инструмента и его изготовителей - технологическую и конструкторскую.



Проектирование систем вспомогательного инструмента на базе технологической концепции позволяет отразить требования служебного назначения (п.п. с 1 по 4 вышеперечисленных условий).

Согласно конструкторской концепции необходимо придать системе свойства (п.п. 5 и 6), определяющие их гибкость и срок службы без морального устаревания, что достигается разбиением на отдельные независимые узлы.

Выделяются основные преимущества такого разбиения, сближающие обе концепции проектирования и изготовления систем вспомогательного инструмента:

- конструктивная и функциональная законченность узлов системы;
- унификация присоединительных поверхностей узлов, обеспечивающая наименьшее возможное число связей при их объединении в компоновки;
- ограниченность номенклатуры узлов для создания различных компоновок;
- экономичность при решении технологических задач обработки деталей на станках;
- экономичность при решении технологических задач изготовления узлов системы;
- увеличение надежности работы компоновок за счет отработанности, входящих в них узлов, и наибольшего соответствия выполняемой задаче;
- улучшение свойств эксплуатации и восстановления свойств за счет уменьшения разнообразия конструкций узлов;
- сокращение времени и трудоемкости проектирования узлов системы;
- разработка усовершенствованных форм и методов проектирования новых систем вспомогательного инструмента.

Перечисленные условия определения состава и структуры систем в совокупности с преимуществами разбиения конструкций вспомогательного инструмента на функциональные узлы рассматривали с учетом результатов исследований и статистических данных, полученных в настоящей работе.

Исследовали сочетания элементарных поверхностей деталей, подлежащих изготовлению в условиях автоматизированного производства. Установлено, что из 1800 деталей типа тел вращения 80% составляют детали ступенчатой формы с рядом геометрических элементов, расположенных по контуру.

Результаты анализа корпусных деталей приведены в приложении.

На основании: а) данных о видах поверхностей и их размерах; б) требований к обрабатываемым деталям; в) типовых технологических процессов [124] и г) стандартов на конструкции и размеры крепежной части определена номенклатура типового режущего инструмента для станков автоматизированного производства (табл. 5.1 и 5.2).

Одна и та же группа деталей может быть изготовлена на различном оборудовании, соответствующим различным производственным условиям на станках с ЧПУ, на ГПЯ, на ГАС, или на агрегатных станках (АС). Вопросы рентабельности технологических операций рассмотрены в [2]. Накопленный опыт выполнения технико-экономических расчетов позволяет установить качественные зависимости приведенных затрат  $Z_t$ , от числа  $Z$  наименований деталей обрабатываемых с помощью одной системы вспомогательного инструмента в течении года (рис. 5.1).

Типовой режущий инструмент для обработки корпусных деталей.

Таблица 5.1.

Наименование режущего инструмента	Характеристика крепежной части
Фреза торцовая насадная, $d = 125\text{мм}$	Цилиндрическая внутренняя, $d = 40\text{мм}$
Резец расточной державочный, $\varphi = 60^\circ$	Призматическая наружная, $d = 20 \times 20\text{мм}$
Сверло, $d = 8,5\text{мм}$	Цилиндрическая наружная, $d = 8,5\text{мм}$
Сверло, $d = 26\text{мм}$	Коническая наружная, конус Морзе 3
Развертка, $d = 85\text{мм}$	Коническая внутренняя, конус 1:30
Метчик М10	Цилиндрическая наружная, $d = 10\text{мм}$
Фреза концевая, $d = 16$	Цилиндрическая наружная, $d = 16\text{мм}$

Типовой режущий инструмент для обработки тел вращения.

Таблица 5.2.

Наименование режущего инструмента	Характеристика крепежной части
Резец проходной с $\varphi = 80^\circ$	Призматическая наружная, $25 \times 25\text{мм}$
Резец расточной с $\varphi = 55^\circ$	Цилиндрическая наружная, $d = 25\text{мм}$
Сверло, $d = 35\text{мм}$	Коническая наружная, КМ4
Сверло центровочное, $d = 4\text{мм}$	Цилиндрическая наружная, $d = 16\text{мм}$

Точки пересечений этих зависимостей показывают равные  $Z_t$  для сравниваемых вариантов. До точки 4 целесообразно применять системы вспомогательного инструмента для станков с ручным управлением; в интервале 4 -3 - для станков с ЧПУ; 3-2- для ГПЯ; 2 - 1 для ГАС и от точки 1 - для АС. Указанные зависимости основаны на пропорциональности затрат на ВИ стоимости оборудования. Все перечисленные типы оборудования отличаются специфическими требованиями к конструкции крепежной части для установки и закрепления инструмента. В табл. 5.3 приведены данные о крепежной части инструмента для обработки корпусных деталей.

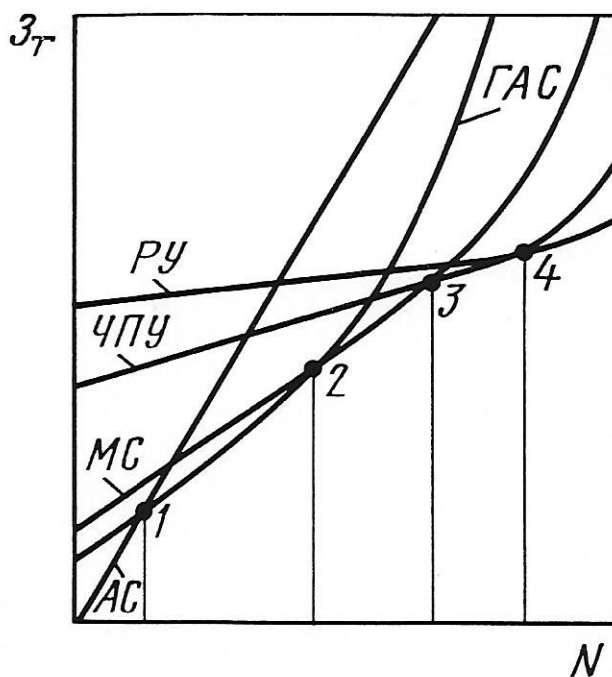


Рис. 5.1. Зависимость годовых приведенных затрат  $Z_T$  от количества  $N$  наименования деталей, обрабатываемых одной системой вспомогательного инструмента.

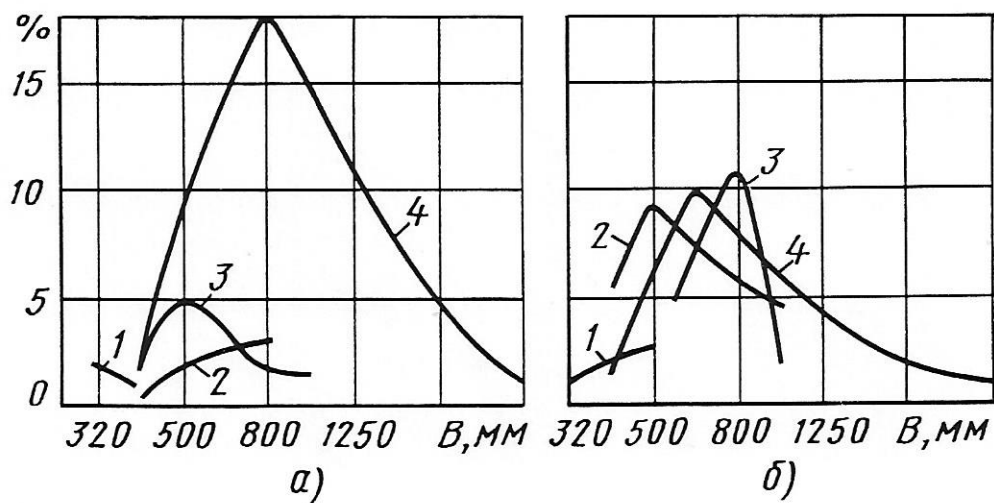


Рис. 5.2. Применяемость конусов 7:24 на горизонтальных (а) и вертикальных (б) ГПЯ: 1 - конус 30; 2 - конус 40; 3 - конус 45; 4 - конус 50.

Автоматизированные станки для токарной обработки имеют или аналогичную крепежную часть, или по рис. 3.14.

В свою очередь размеры крепежной части можно соотнести с главным параметром, характеризующим данную группу станков. Так. Для станков с токарной группы - это наибольший диаметр обрабатываемых деталей (высота центров), а для станков сверлильно-фрезерно-расточной группы - ширина рабочей поверхности стола, на которой устанавливают заготовку. Установленные соотношения приведены на рис. 5.2.

В целом, рассматривая компоновки систем базирования и закрепления инструмента (см. главу 1), возможно типизировать вспомогательный инструмент с учетом сложившихся терминологии и объема стандартизированных элементов [25] по функциональным типам и типам крепежной части (табл. 5.4).

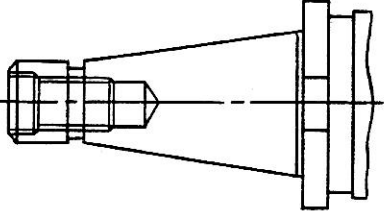
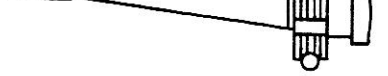
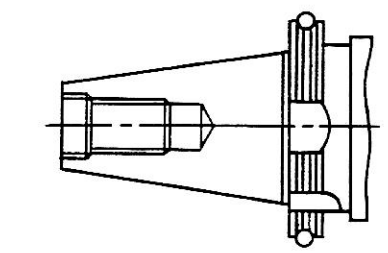
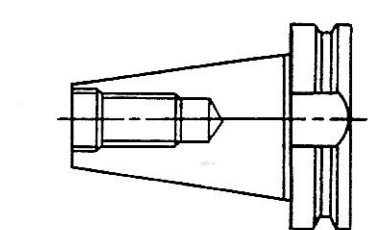
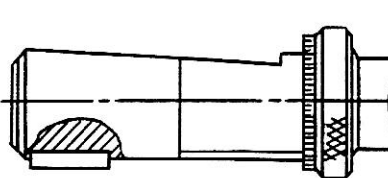
Результаты проведенной оценки условий компоновки систем позволяют сформулировать основные критерии, определяющие структуру и обобщенные показатели систем вспомогательного инструмента. Выявленные критерии можно выделить в три группы: экономические - характеризующие затраты связанные с реализацией конкретной технологической задачи; технические - характеризующие функциональные и эксплуатационные возможности систем, и технико-экономические - связывающие степень использования определенного ресурса системы с ее стоимостью.

Система вспомогательного инструмента, как средство необходимое для изготовления деталей заданной геометрической формы в различных условиях автоматизированного производства, может быть определена как взаимодействие систем базирования и закрепления с узлами станков и их взаимодействием с крепежной частью режущего инструмента - с другой.

Связи между системами базирования и закрепления могут быть установлены как функции: заданного технологического процесса; требования эксплуатации оборудования; качества обработки; заданной производительности обслуживания инструмента; минимума расходов на эксплуатацию инструмента.

Конструкция крепежной части инструмента для установки и закрепления на различном автоматизированном оборудовании.

Таблица 5.3.

Тип оборудования (см.рис.5.1)	Эскиз крепежной части	Стандарт, исполнение	Разме- ры
Станки с ЧПУ		ГОСТ 25827-93 Исполнение 1 ISO 297-88 DIN 2080	30
			40
			45
			50
			60
ГПЯ и ГАС		ГОСТ 25827-93 Исполнение 3	30
			40
			45
		ГОСТ 25827-93 Исполнение 2 ISO 7388/1-83 DIN 69871A CAT/ANSI B5.50	30
			40
			45
			50
			55
			60
		MAS 403 Bm JIS B 6339	30
40			
45			
50			
АС		ГОСТ 13876-93 DIN 6327	16
			20
			28
			36
			48

Типизация вспомогательного инструмента  
по видам компоновок систем базирования  
и закрепления инструмента.

Таблица 5.4.

Системы базирования и закрепления на станке	Системы базирования и закрепления режущего инструмента	№№ типа	Тип вспомогательного инструмента	Крепежная часть
$l_1 = 0; d_1 = d_3 = 0$	$l_2 = 0; d_1 = 0$	1.	Резцедержатель для инструмента с призматической крепежной частью.	Призматический паз
		2.	Втулка для инструмента с конической крепежной частью.	Коническое отверстие
		3.	Втулка для инструмента с цилиндрической крепежной частью.	Цилиндрическое отверстие
	$l_2 = l_3 = 0; d_2 = 0$	4.	Патрон с самоцентрирующими элементами.	Прерывистое цилиндрическое отверстие
		5.	Оправка для насадного инструмента с цилиндрическим отверстием.	Наружная цилиндрическая поверхность
		6.	Оправка для насадного инструмента с коническим отверстием.	Наружная коническая поверхность
$l_2 = 0; d_2 = 0$	$l_1 = 0; d_1 = 0$	1.	Резцедержатель для инструмента с призматической крепежной частью.	Призматический паз
		2.	Втулка для инструмента с конической крепежной частью.	Коническое отверстие
		3.	Втулка для инструмента с цилиндрической крепежной частью.	Цилиндрическое отверстие

## 5.2. Анализ возможных вариантов компоновок по критерию снижения себестоимости обработки.

Выбор варианта системы вспомогательного инструмента и анализ условий ее рационального применения требует знания не абсолютного экономического эффекта, а оценку эффективности систем по отношению друг другу.

Целесообразность применения системы выявляется путем сравнения приведенных затрат в рублях на обработку годового количества деталей по существующему (базовому) и новому технологическим процессам.

Выражение для расчета экономического эффекта в данных условиях имеет вид:

$$\mathcal{E}_1 = [(\mathcal{C}_1 \alpha - \mathcal{C}_2) + (I_1 - I_2)] A_2 \quad (5.1)$$

где  $\mathcal{C}_1$  и  $\mathcal{C}_2$  - цены базовой и новой систем, руб;

$\alpha = \frac{t_2}{t_1}$  - коэффициент эквивалентности новой системы вспомогательного инструмента по отношению к базовой работоспособности;

$I_1 = (t_1 \cdot n_1 \cdot S_{cm})$  - затраты потребителя при использовании им одного комплекта базового вспомогательного инструмента в течение года;

$I_2 = (t_2 \cdot n_2 \cdot S_{cm})$  - затраты потребителя при использовании им одного комплекта нового вспомогательного инструмента в течение года;

$t_1$  - время обработки одной типовой детали с применением базового вспомогательного инструмента, мин;

$t_2$  - время обработки одной типовой детали с применением нового вспомогательного инструмента;

$A$  - количество комплектов нового вспомогательного инструмента;

$S_{cm}$  - стоимость станкоминуты,

Применение компоновок инструмента из базисных агрегатов и сменных наладок с унификацией присоединительных поверхностей позволяет применить пути уменьшения массы металла, идущего на изготовление комплекта составного ВИ:

$$\mathcal{E}_2 = (Q_1 - Q_2) \mathcal{C}_3 \quad (5.2)$$

где  $Q_1$  - масса базового инструмента, т;

$Q_2$  - масса нового инструмента, т;

$\mathcal{C}_3$  - стоимость 1 тонны стали, идущей на изготовление ВИ, руб.

Массу металла определяют, исходя из номенклатуры и количества сменных наладок типового комплекта автоматизированного оборудования и размеров стандартного инструмента

Объем и масса заготовок инструмента условно сравниваются при номинальных размерах без учета припусков.

Экономический эффект от сокращения номенклатуры вспомогательного инструмента осуществляют исходя из известной зависимости себестоимости продукции от роста серийности производства .

Серийность производства базисных агрегатов и сменных наладок вспомогательного инструмента устанавливают, исходя из анализа номенклатуры показывает, что замена цельных конструкций сборными позволяет значительно

показывает, что замена цельных конструкций сборными позволяет значительно сократить количество типоразмеров практически без увеличения их общего объема.

При изготовлении в условиях инструментального производства минимальная партия изделий при этом увеличивается в  $A_i/A_j$  раз, а средние партии  $A'_i/A'_j$  раз. Повышение серийности и сокращение номенклатуры изделий позволяет значительно уменьшить простои оборудования инструментального производства под переналадкой, снизить затраты вспомогательного времени, сократить количество установочных и контрольных приспособлений. В целом, это приводит к повышению эффективности производства ВИ и снижению себестоимости его изготовления:

$$\Delta_3 = (C_1 - C_2)A_2 \quad (5.3)$$

где  $C_1$  – себестоимость базового инструмента, руб;

$C_2$  – себестоимость нового инструмента, руб;

$A_2$  – количество ВИ, штук.

Себестоимость  $C_2$  нового инструмента может быть определена из соотношения:

$$C_2 = \frac{C_1 \cdot \eta}{100} \quad (5.4)$$

где  $\eta$  – величина отношения себестоимости продукции, изготовленной в более крупных сериях к первоначальной себестоимости, %.

Экономический эффект от повышения серийности в окончательном виде:

$$\Delta_3 = \frac{C_1}{1 + P_\phi} \cdot (1 - \eta) A_2, \quad (5.5)$$

где  $P_\phi$  – рентабельность изготовления вспомогательного инструмента, %.

Существенным для сравнения вариантов систем вспомогательного инструмента по себестоимости изготовления является косвенное определение трудоемкости финишных операций их изготовления через сравнение величин допускаемых отклонений на присоединительные поверхности базисных агрегатов и сменных наладок.

Определение величин допусков на размеры, форму и взаимное расположение присоединительных поверхностей осуществляют путем преобразования уравнения (2.29) размерных цепей компонок:



$$\bar{e}_{\Sigma(x)} = \frac{1}{K_{\Sigma(x)}} \sqrt{e_{cp}^2 \sum_l^n A_i^2 K_i^2} \quad (5.6)$$

где  $\bar{e}_{cp}$  - половина среднего допуска на звенья размерной цепи.

В качестве  $e_{\Sigma(x)}$  принимают половину допускаемого биения соединительных поверхностей вспомогательного инструмента для конкретного вида режущего инструмента (табл. 5.1). Допускаемые значения этой величины, определяемые как биение оправки на вылете, равном расстоянию от соединительной поверхности режущего инструмента до его режущих кромок. Коэффициенты  $K_{\Sigma(x)}$  рассчитывали по формуле (2.30), значения  $K_i$  - из табл. 5.5.

Осуществили размерный анализ компоновок ВИ всех типов, предусмотренных классификацией (табл. 5.4).

Значения биения конического отверстия шпинделя  $e_1$  и нормированного перекоса  $e_2$  принимали в соответствии с требованиями технических условий на станки [101].

При количестве составляющих звеньев с однородными по величине допусками среди общего числа звеньев более 5, принимали  $K_{\Sigma} = 1$ , что соответствует 0,27% выхода величины замыкающего звена за допускаемые пределы.

Средние значения зазоров в цилиндрическом соединении, полностью выбираемых в одну сторону, рассчитывали по формуле:

$$\Delta = \frac{1}{4} K_i (\delta_A + \delta_B) \quad (5.7)$$

где  $K_i$  - коэффициент рассеивания допуска при изготовлении цилиндрических деталей шлифованием;

$\delta_A$  - поле допуска отверстия;

$\delta_B$  - поле допуска вала.

Данные расчета среднего зазора для типовых посадок приведены на рисунке 5.3. Минимальный вылет  $\ell_1$  базового агрегата (рис. 5.4) рассчитывали по формуле:

$$\ell_1 = L - \ell_3 = L - \frac{24(D - d - 2\ell_2)}{7} \quad (5.8)$$

Вылет закрепляемого инструмента определяли путём анализа действующих стандартов на режущий инструмент.

Классификация компоновок базисных агрегатов и сменных наладок вспомогательного инструмента.

Таблица 5.4.

Базисные агрегаты (Basic holders)		Сменные наладки (Tool adapters)					
		Номера типов вспомогательного инструмента по табл. 5.4.					
		1	2	3	4	5	6
Номера типов вспомогательного инструмента по табл. 5.4.	1	+	-	-	-	+	+
	2	+	-	+	+	+	+
	3	+	+	-	+	+	+
	4	+	+	+	-	+	+
	5	+	-	-	-	-	-
	6	+	-	-	-	-	-

(+) - применяемые; (-) - не применяемые.

Алгоритм расчета компоновок ВИ приведен на рис. 5.5. В соответствии с этим алгоритмом выполнен расчет допусковых отклонений компоновки, приведенной на рис. 5.6.

$e_{\Sigma}$  - замыкающее звено размерной цепи;

$e_1$  - биение конического отверстия шпинделя;

$e_2$  - биение шпинделя от перекоса осей;

$e_3$  - биение базового агрегата от перекоса в соединении конусностью 7:24;

$e_4$  - биение сменной втулки или оправки от зазора в цилиндрическом соединении;

$e_5$  - биение посадочного отверстия базового агрегата;

$e_6$  - биение сменной втулки оправки или режущего инструмента от перекоса в цилиндрическом или коническом соединении;

$e_7$  - биение конического отверстия в сменной втулке;

$e_8$  - биение сменной разрезной втулки или режущего инструмента от перекоса в коническом соединении;

$e_9$  - биение цилиндрического отверстия в сменной разрезной втулке.

Звенья  $e_1, e_4, e_5, e_7, e_9$  являются векторами биение, не зависящими от вылета, а звенья  $e_2, e_3, e_6, e_8$  - векторами перекосов, которые необходимо учитывать при изменении вылета инструмента.

Предаточные отношения при составляющих звеньях размерных цепей характеризуют степень и направленность влияния составляющего звена на замыкающие.

Для определения передаточных отношений в размерной цепи, образованной векторными величинами, следует учесть размеры вылетов агрегатов компоновки для звеньев-векторов перекосов.

В связи с тем, что передаточные отношения векторов перекосов в плоскости замыкающего звена могут быть интерпретированы как биения, а биения является величиной сугубо положительной, то все передаточные отношения в рассматриваемой размерной цепи имеют положительные значения.

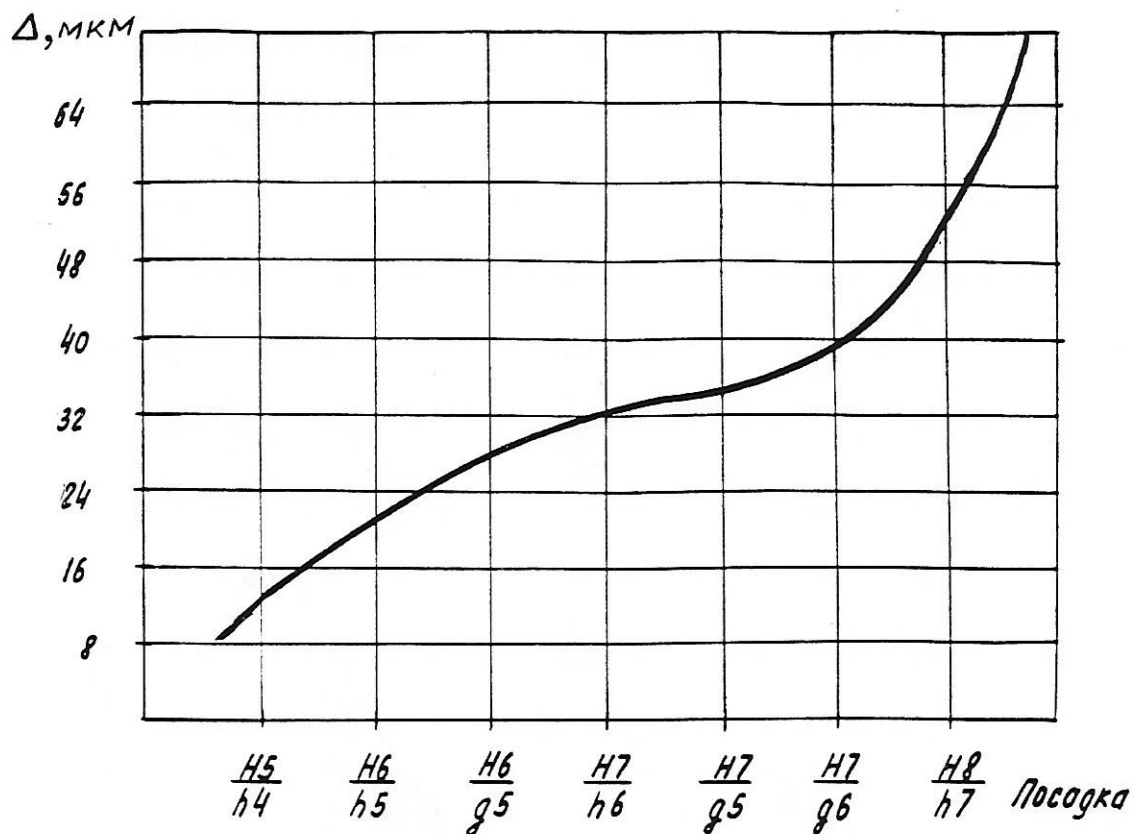


Рис. 5.3. Вероятные значения зазоров  $\Delta$  в цилиндрических соединениях.

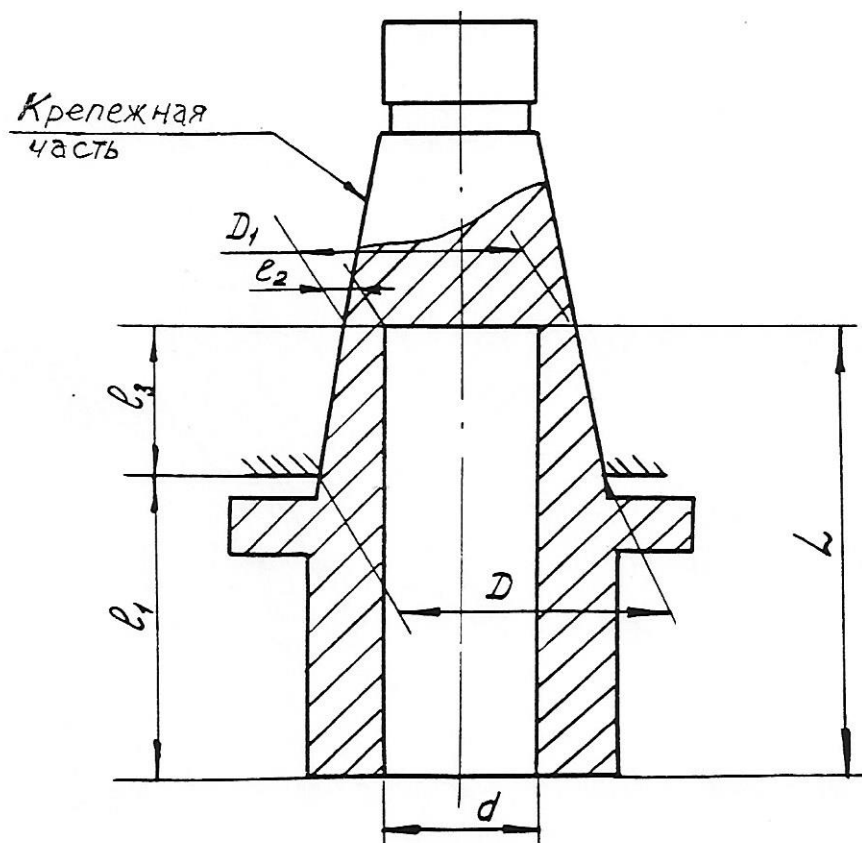


Рис. 5.4. Схема расчета  $l_1$  базового агрегата.

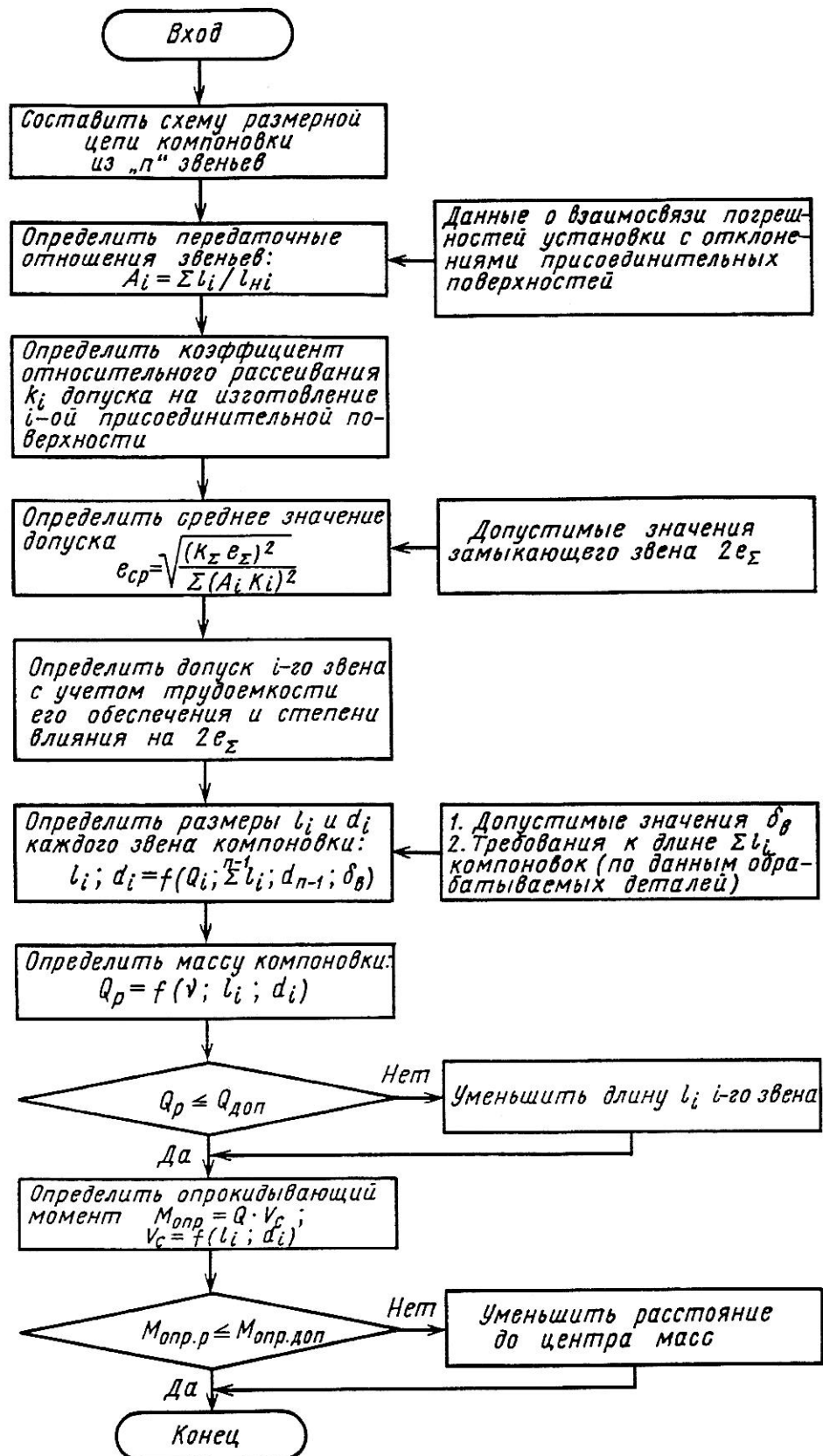


Рис. 5.5. Алгоритм расчета компоновок ВИ.

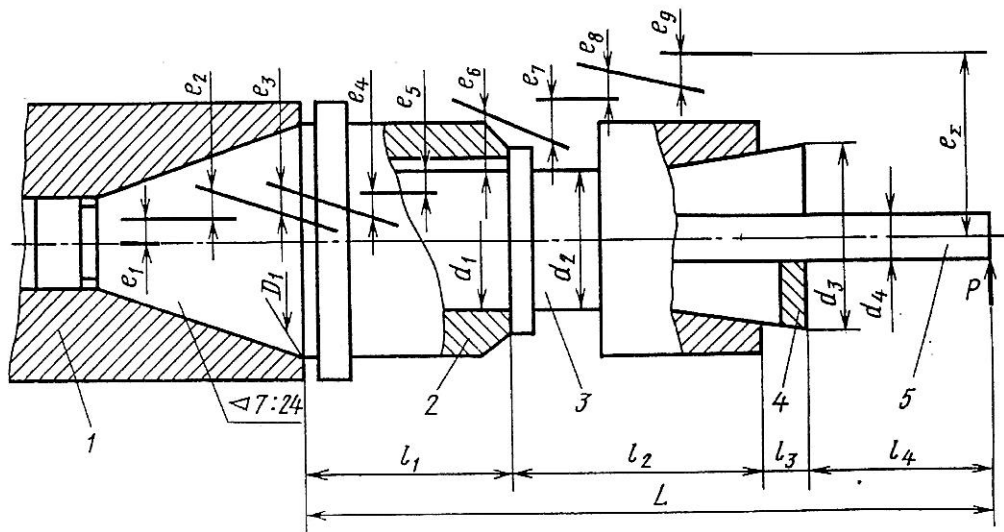


Рис. 5.6. Размерная цепь компоновки ВИ, установленной на станке.

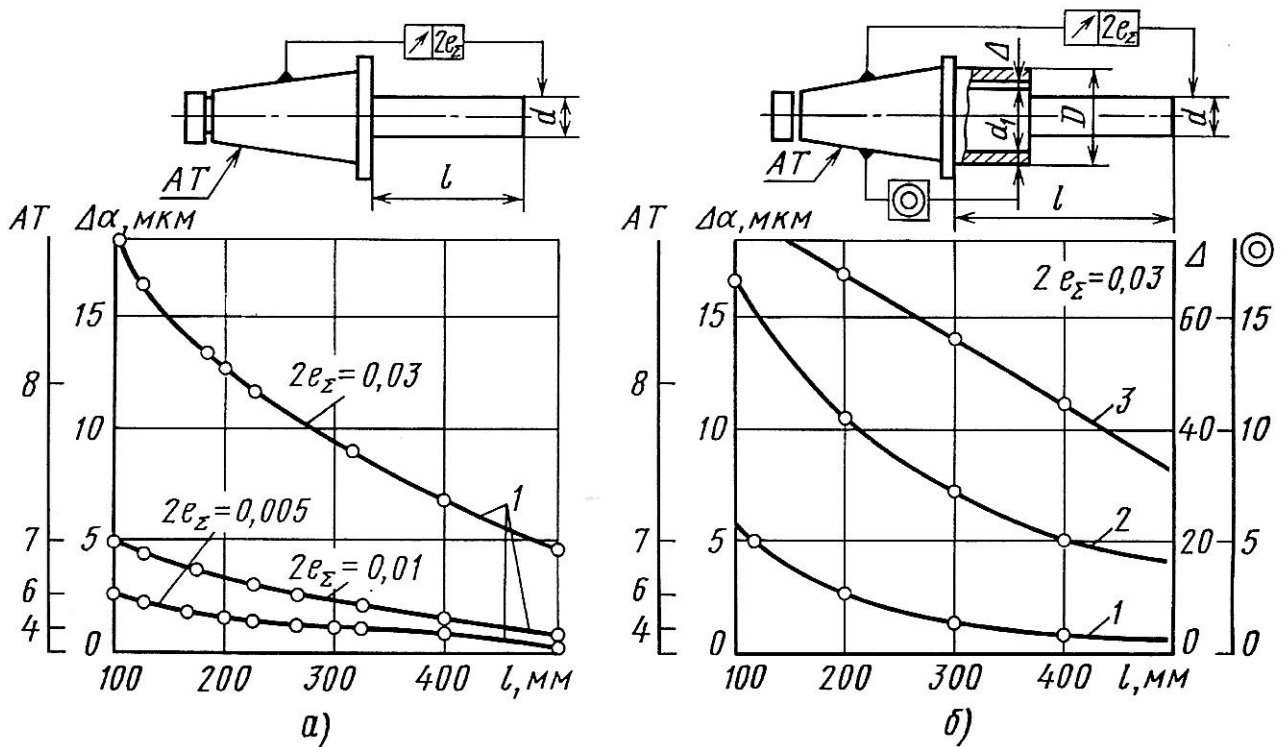


Рис. 5.7. Допуски на соединительные поверхности: 1 - допуски на угол конуса; 2 - допуски на радиальный зазор (цилиндрическая посадка); 3 - допуск на неконцентричность.

В примере уравнение размерной цепи имеет общий вид:

$$e_{\Sigma} = e_1 + A_2 e_2 + A_3 e_3 + e_4 + e_5 + A_6 e_6 + e_7 + A_8 e_8 + e_9 \quad (5.9.)$$

$$\text{где } A_2 = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{l_{H_2}}; A_3 = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{l_{H_3}};$$

$$A_6 = \frac{l_2 + l_3 + l_4}{l_{H_6}}; A_8 = \frac{l_3 + l_4}{l_{H_8}}$$

$l_H$  - величина вылета на котором нормируется величина соответствующих переко-сов.

Анализ среднего значения допуска составляющего звена с учетом габаритов и характера размеров компоновок, предполагаемых технологических процессов изготовления базисных агрегатов и сменных наладок показывает, что достижение заданной точности возможно без компенсирующих звеньев методом взаимозаменяемости.

Уравнение размерной цепи:

$$e_{\Sigma} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \sqrt{(A_1 K_1 e_1)^2 + (A_2 K_2 e_2)^2 + (A_3 K_3 e_3)^2 + (A_4 K_4 e_4)^2 + (A_5 K_5 e_5)^2 + \dots}$$

$$\dots + (A_6 K_6 e_6)^2 + (A_7 K_7 e_7)^2 + (A_8 K_8 e_8)^2 + (A_9 K_9 e_9)^2, \quad (5.10)$$

где  $K_{\Sigma}$  - коэффициент относительного рассеивания величины замыкающего звена  $e_{\Sigma}$ ;

$K_i$  - коэффициент относительного рассеивания  $i$ -го звена (по табл. 5.5)

Принимается, что  $e_3 = e_4 = e_5 = e_6 = e_7 = e_8 = e_9 = e_{cp}$ .

где  $e_{cp}$  - среднее значение допуска.

С учетом того, что  $A_1 = A_4 = A_5 = A_7 = A_9 = 1$ ,

$$e_{\Sigma} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \sqrt{(K_1 e_1)^2 + (A_2 K_2 e_2)^2 + e_{cp}^2 [(A_3 K_3)^2 + K_4^2 + K_5^2 + (A_6 K_6)^2 + K_7^2 (A_8 K_8)^2 + K_9^2]} \quad (5.11)$$

Номинальные размеры и допускаемые отклонения составляющих звеньев  $e_1$  и  $e_2$  определяют по техническим нормам на металлорежущие станки. Размеры вылета режущих инструментов определяют по государственным и отраслевым стандартам (примеры табл. 5.6).

**Значение коэффициента  $k_i$  в зависимости от  
способа получения поверхности.**

Таблица 5.5.

Способ получения поверхности	Вид поверхности	$k_i$
Наружное шлифование в центрах	Конус Морзе	1,17
	Конус 7:24	1,51
	Конус 1:5	1,37
	Цилиндрическая	1,09
Внутреннее шлифование	Конус Морзе	1,17
	Конус 7:24	1,17
	Конус 1:5	1,21
	Цилиндрическая	1,09
Бесцентровое шлифование	Конус Морзе	1,03

**Вылеты режущего инструмента**

Таблица 5.6.

Вид инструмента с цилиндрическим хвостовиком	Нормативный документ	Параметры рабочей части (см. Рис. 5.6)	
		диаметр $d_4$	вылет $l_4$
Сверла	ГОСТ 886-77*	6-18	152-221
Зенкеры	ГОСТ 12489-71*	6-9	46-75
Развертки	ГОСТ 1672-71*	10-20	60-75

По формуле (5.11) вычисляют среднее значение допуска  $e_{cp}$ , которое корректируют, исходя из равной сложности обеспечения допусков в условиях крупносерийного производства. Характер сложности определяют экспертным путем.

Пример процесса корректировки допусков и установки их окончательных значений приведен в таблице 5.8.

Соотношения между значениями допусков (зазора  $\Delta$ ) и  $e_1$  определяли по установленным зависимостям (см. главу 3 и 4). Проверочный расчет величины замыкающего звена при откорректированных допусках должен показать, что он не превышает заданных значений.

С учетом того, что в пределах степеней точности угловых отклонений приняты максимальные значения биений в плоскости замыкающего звена, можно считать, что процент выхода за пределы поля допуска не превышает 0,27%. Такой риск вполне допустим с учетом практических условий обработки.

Сведения для расчета размерных цепей компоновки  
для базирования и закрепления спиральных сверл.

Таблица 5.7.

Звено размер- ной цепи	Передаточные отношения	Заданные размеры, мм	Нормированная величина вылета	Заданные допускае- мые отклонения, мм	Технологическая операция	Коэффициент рассеивания $k_i$
$e_{\Sigma}$	-	-	-	0.055	Сборка	1.0
$e_1$	$A_1=1.0$	-	-	0.006	Шлифование	1.1
$e_2$	$A_2=1.67$	$L=250$	150	0.001	Шлифование	1.17
$e_3$	$A_3=2.5$	$L=250$	100	-	Шлифование	1.57
$e_4$	$A_4=1.0$	-	-	-	Шлифование	1.09
$e_5$	$A_5=1.0$	-	-	-	Шлифование	1.09
$e_6$	$A_6=1.5$	$l_2+l_3+l_4=150$	100	-	Шлифование	1.09
$e_7$	$A_7=1.0$	-	-	-	Шлифование	1.17
$e_8$	$A_8=0.5$	$l_3+l_4=50$	100	-	Шлифование	1.37
$e_9$	$A_9=1.0$	-	-	-	Шлифование	1.09



## Корректировка допусков

Таблица 5.8.

Звено размер- ной цепи	Среднее значение допуска, мкм	Значение допусков		1-я попытка корректировки		2-я попытка корректировки	
		значе- ние, мкм	степень точност.	значе- ние, мкм	степень точност.	значе- ние, мкм	степень точност.
3	13,39	13,39	AT8	2,6	AT6	2,6	AT6
4		13,39	$\frac{H5}{h4}$	32	$\frac{H6}{g5}$	38	$\frac{H7}{g6}$
5		13,39	-	20	-	15	-
6		13,39	$\frac{H9}{h9}$	6,4	$\frac{H6}{g5}$	8,6	$\frac{H7}{g6}$
7		13,39	-	15	-	15	-
8		13,39	AT9	10	AT7	10	AT7
9		13,39	-	15	-	15	-

Назначение допусков, в зависимости от вылета цельного и сборного вспомогательного инструмента, показано на рис. 5.7.

Из размерного анализа следует, что ряд цельных конструкций ВИ, такие как оправки для насадных развёрток ( компоновки 16, 26, 36 и 46, табл. ), втулки для свёрл, зенкеров и развёрток с коническим хвостовиком ( компоновки 32 и 42) и однолезвийные оправки для предварительного растачивания ( компоновки 11) могут быть изготовлены с биением присоединительных поверхностей до 0,045 мм на вылете вспомогательного инструмента до 200 мм.

Пределы допустимого биения оправок требуемой длины для торцевых фрез и для чистового растачивания должны быть ограничены величиной 0,005 - 0,01 мм. Допустимые длины черного инструмента в 1,5 - 2 раза превышают необходимые длины для обработки.

Эти данные объясняют, почему в установленных опытным путём практических способах базирования и закрепления инструмента на станках с ручным управлением применяются переходные втулки. Однако, при этом оговаривается, что недопустимо использовать переходные втулки при работе отделочным инструментом.

Таким образом, следует предположить, исходя из наших расчетов и данных о практике крепления инструмента на обычных станках, что большую часть конструкций ВИ для автоматизированного оборудования возможно сделать сборными (агрегатированными), определив при этом границу экономической целесообразности применения таких конструкций (табл. 5.9).

Сравнение вариантов систем вспомогательного инструмента по критерию себестоимости обработки.

Таблица 5.9.

№№ П/П	Наименование параметра присоединительной поверхности	Допускаемые отклонения для вспомогательного инструмента	
		Тип 3	Тип 4
1.	Угол конуса конусностью 7:24, степень точности	AT5	AT4
2.	Диаметр цилиндрической поверхности отверстия базисного агрегата, качество точности	H7	H7
3.	Биение цилиндрического отверстия базисного агрегата относительно конуса 7:24, мм (Тип 3)	0,020	-
4.	Биение конического отверстия базисного агрегата относительно конуса 7:24, мм (Тип 4)	-	0,012
5.	Диаметр цилиндрической поверхности сменных наладок, качество точности	7	7
6.	Биение конического отверстия сменной наладки относительно наружной цилиндрической поверхности, мм	0,025	0,020
7.	Угол конуса Морзе сменных наладок, степень точности	AT8	AT7
8.	Биение конической поверхности конусностью 1:30 сменных наладок относительно наружной цилиндрической поверхности, мм	0,025	0,020
9.	Угол конуса самоцентрирующих элементов, степень точности	-	AT7
10.	Биение наружной конической поверхности самоцентрирующего элемента относительно цилиндрического отверстия, мм	-	0,008

### 5.3. Обоснование размерных параметров компонок по критерию заданной точности обработки.

Выбор параметров компонок систем базирования и закрепления инструмента, определяющих систему вспомогательного инструмента оптимального состава, необходимого для осуществления процесса обработки с заданной точностью, является сложным вопросом подготовки производства.

В предположении, что различные компоновки различных систем могут обеспечить выполнение требований к точности обработки в неодинаковой степени, необходимо решить задачу, какому варианту системы вспомогательного инструмента следует отдать предпочтение.

Предполагается, что компоновки создаются из цилиндрических узлов на основе неформальных процедур с анализом каждого из возможных вариантов компонок и выбора.

Очевидно, что создание гибких систем вспомогательного инструмента является оптимизационной задачей. В настоящей работе эта задача решается путём наложения ограничений на размеры и допускаемые отклонения присоединительных поверхностей ВИ из условия выполнения требований к качеству обработки.

Для этого аналитические уравнения принятой расчетной модели (см. главу 2), решали относительно характеристик ВИ:  $j_i$  и  $e_i$ . В качестве исходных принимали параметры, приведённые в табл. 3.8 и вели расчет расточных переходов для условий последующей лабораторной проверки на станке с автоматической сменой инструмента модели МА6907 МФ4, а именно, для однолезвийной обработки отверстий с окончательными размерами 32Н7, 85Н7, 110Н7 и 180Н7. Каждое отверстие должно быть тремя переходами: черновое, получистовое и предварительное чистовое.

Рассчитанные значения допускаемой податливости  $1 \setminus j$  для этих условий в зависимости от допуска  $\Delta R_k$  на конечный радиус отверстия  $R_k$  приведены на рис. 5.8.

Существующие исследования влияния основных геометрических и конструктивных параметров режущего инструмента на качество обработки позволили получить количественные зависимости, характеризующие взаимосвязь точности обработки и биения режущих кромок из-за погрешностей установки инструмента.

Рекомендуется [1,10] устанавливать требования к биению патронов и втулок в сборе со шпинделем станка: для свёрл - 0,1.....0,14 мм, зенкеров и развёрток диаметром до 50 мм - 0,06 - 0,08 мм. В работе [10] эти данные уточняются для условий сверления основных конструкционных материалов. Показано, что для свёрл, предназначенных для обработки отверстий без предварительной зацентровки, необходимо применять ВИ, обеспечивающий биение свёрл не более 0,055 - 0,060 мм; дальнейшее повышение точности крепления не может привести к существенному повышению точности сверления и не является перспективным.

Показано [ 1 ], что при креплении торцовых и дисковых фрез рекомендуется допуск на несоосность хвостовика и установочной поверхности оправки - не более 0,02 мм. Указывается [97], что биение посадочных поверхностей при креплении концевых фрез необходимо выдерживать в пределах 0,012 мм.

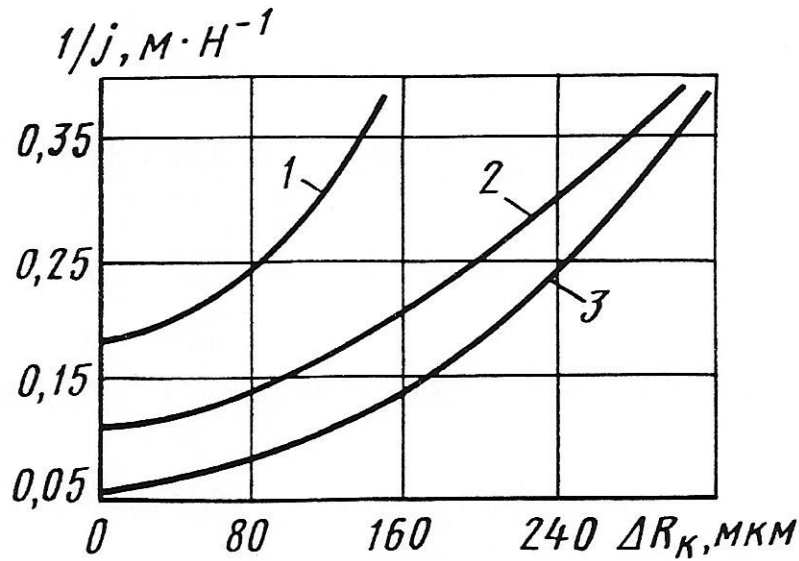


Рис.5.8. Зависимость допускаемой податливости  $1/j$  от величины допуска на конечный радиус отверстия  $\Delta R_k$ : 1- $R_k=32$ мм; 2- $R_k=85$ мм; 3- $R_k=110$ мм.

Обобщение расчетных требований к биению режущих кромок  $2e_i$  и перечисленные данные могут служить в качестве значений замыкающего звена  $2e_\Sigma$ . При контурном фрезеровании концевыми фрезами диаметром 125 - 160 мм удовлетворительные результаты получаются при жёсткости крепления в радиальном направлении  $10 \text{ Н/м} \cdot 10^{-6}$  [59].

По результатам экспериментов [ 10 ] для крепления свёрл диаметром 6 - 18 мм с цилиндрическим хвостовиком рекомендуется применять патроны, обеспечивающие жёсткость не менее  $3,5 \text{ Н/м} \cdot 10^{-6}$ , а для свёрл диаметром 18 - 30 мм - не менее  $5,4 \text{ Н/м} \cdot 10^{-6}$ . В целом рассчитанные и известные значения требований к радиальной жёсткости и радиальному биению, позволяют оценить степень соответствия комплектов ВИ задаче достижения требуемого качества обработки и могут служить основой для расчетов размеров его консольных участков и сечений составляющих элементов, величин зазоров в соединениях, определяющих значения  $\Delta_{упр}$  и  $\Delta_{уст}$ . Указанные требования приведены в таблицах 5.10 и 5.11 .

Для обобщённого описания характера внутренних связей элементов компоновки систем базирования и закрепления режущего инструмента классифицированы по признаку соединения с системами базирования и закрепления на станке в возможных вариантах компоновок из базисных агрегатов (табл. 5.5) 6-ти типов.

Компоновки 1.1 включает конструкции непосредственно закрепляемые на станке. Остальные компоновки включают составной инструмент состоящий из 2 - х элементов: базисного агрегата и сменной наладки. В образованных переходных втулках, патронах и оправках может быть непосредственно закреплён режущий инструмент с соответствующей крепежной частью.

Требования к биению режущих кромок типового режущего инструмента.

Таблица 5.10

Закрепляемый инструмент	Биение $2e_s$ , мм
Сверла с цилиндрическим хвостовиком диаметром 6 -18 мм	0,055
Сверла с коническим хвостовиком диаметром 18-30 мм	0,060
Зенкеры и развертки диаметром до 50 мм	0,060
Зенкеры и развертки диаметром до 120 мм	0,070
Фрезы концевые диаметром 5-40 мм	0,010
Фрезы дисковые и торцовые	0,020
Расточные резцы для получистовой обработки	0,030
- для чистовой обработки отверстий	0,005

Все компоновки растачивали в соответствии с алгоритмом (рис. 5.5) на предельные значения вылета при заданной точности обработки, через заданную податливость. Расчет проводился из условия:

$$\delta_s \geq \left\{ P \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\left( \sum_{i=1}^n l_i \right)^3}{3EJ_i} + \theta_i \left( \sum_{i=1}^n l_i \right)^2 \right] \right\} \quad (5.12)$$

Приведен пример расчета предельного вылета  $l_2$  компоновки для базирования и закрепления спирального сверла (рис. 5.6). Для данной компоновки (см. табл. 5.11)

$$0,028 \geq \frac{(l_1 + l_2 + l_3 + l_4)^3}{3EJ_1} + \frac{(l_2 + l_3 + l_4)^3}{3EJ_2} + \frac{(l_3 + l_4)^3}{3EJ_3} + \frac{l_4^3}{EJ_4} + \theta_1(l_1 + l_2 + l_3 + l_4)^2 + \theta_2(l_2 + l_3 + l_4)^2 + \theta_3(l_3 + l_4)^2 + \theta_4 l_4^2$$

Данные расчета сведены в табл. 5.12. Соотношения между значениями допусков (зазора  $\Delta$ ) и  $\theta_i$  определили по установленным зависимостям (см. главы 3 и 4). Проверочный расчет величины податливости  $\delta_s$  должен показать, что он не превышает заданных значений.

## Требования к жесткости закрепления режущего инструмента.

Таблица 5.11

Закрепляемый инструмент	Податливость $\delta_s$ , М/Н·10 <sup>6</sup>
Сверла с цилиндрическим хвостовиком диаметром 6-18 мм	0,28
Сверла диаметром 18-50 мм с коническим хвостовиком	0,18
Развертки диаметром до 50 мм	0,5
Двухзубые головки и развертки диаметром свыше 50 мм	0,7
Фрезы концевые диаметром 6-20 мм	0,2
То же, диаметром 20-40 мм	0,1
Фрезы дисковые и торцовые диаметром 80-160 мм	0,1
Расточные оправки для черновой обработки диаметром свыше 50 мм	0,28
Расточные оправки для получистовой обработки отверстий диаметром 20-40 мм	0,25
То же, диаметром 40-90 мм	0,17
То же, диаметром 90-180 мм	0,11
Расточные оправки для чистовой обработки отверстий диаметром 40-90 мм	0,12
То же, диаметром 90-180 мм	0,07

В качестве примера, анализировали три варианта компоновок сменных наладок со следующими базисными агрегатами: с конусами Морзе (тип 2), с односторонним расположением крепежных элементов (тип 3), с самоцентрирующими элементами (тип 4) (рис. 5.9)

При одинаковых степенях точности изготовления компоновки систем базирования и закрепления типа 2 предпочтительнее компоновок типа 3 и 4 (рис. 5.10).

Допускаемая длина цельных оправок для насадных зенкеров и развёрток в зависимости от точности изготовления конуса 7:24 (рис. 5.11) превышает в 1,6 раза необходимую длину при использовании конструкции с конусом точности АТ5, и в 1,2 раза - с конусом АТ6. Применение компоновок с цилиндрическим соединением с односторонним расположением крепежных элементов даёт удовлетворительные результаты, а компоновки с конусом Морзе не обеспечивают необходимой точности обработки на вылетах более 350 мм при точности конусов АТ5 и ниже.

Аналогично по критерию точности обработки были проанализированы размеры и допуски компоновок всех типов и групп. Анализ полученных данных показывает, что с точки зрения точности крепления, целесообразно использовать агрегатированные конструкции ВИ во всех случаях, кроме крепления свёрл с цилиндрическим хвостовиком, концевых фрез, торцовых фрез и расточных оправок для чистовой обработки отверстий. Агрегатированный ВИ может быть конструктивно реализован из базисных агрегатов и сменных наладок с помощью цилиндрического соединения с односторонним расположением крепежных элементов.

Расчет предельного вылета  $l_2$  компоновки для базирования и закреплении спиральных сверл

Таблица 5.12.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ				
$d_4$ , мм	6		18	
$J_4$ , мм	$6,48 \cdot 10$		$5,25 \cdot 10^3$	
$l_4$ , мм	10		15	
$\theta_4$ , $(Н \cdot м)^{-1} \cdot 10^{-5}$	1,03		0,39	
$d_3$ , мм	40			
$J_3$ , мм <sup>4</sup>	$12,8 \cdot 10^4$			
$l_3$ , мм	10			
$\theta_3$ , $(Н \cdot м)^{-1} \cdot 10^{-5}$	0,19			
$d_2$ , мм	32	44	32	44
$J_2$ , мм <sup>4</sup>	$5,24 \cdot 10^4$	$18,74 \cdot 10^4$	$5,24 \cdot 10^4$	$18,74 \cdot 10^4$
$d_1$ , мм	36	48	36	48
$\theta_2$ , $(Н \cdot м)^{-1} \cdot 10^{-5}$	0,41	0,14	0,41	0,14
$D_1$ , мм	69,85			
$J_1$ , мм <sup>4</sup>	$119,02 \cdot 10^4$			
$\theta_1$ , $(Н \cdot м)^{-1} \cdot 10^{-5}$	0,02			
$\delta_{\theta}$ , $м \cdot Н^{-1} \cdot 10^{-6}$	0,28		0,18	
РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ				
Для:	Допустимый вылет			
$l_1=75$ , мм	120	245	110	205
$l_1=105$ , мм	120	205	110	170
$l_1=160$ , мм	110	190	105	155
$l_1=200$ , мм	90	170	85	140

При таком способе соединения допускаемые отклонения на присоединительные элементы могут быть расширены (при тех же вылетах) по сравнению с соединением при помощи самоцентрирующих элементов (тип 4), что объясняется меньшим количеством промежуточных элементов в соединении (типа 3).

Вылеты компоновок ВИ на базе цилиндрического соединения типа 3 с односторонним прижимом винтами, имеют границы, показанные на рисунке 5.12, из которого следует, что весь инструмент обеспечивает предварительную обработку отверстий с отношением длины обработки к диаметру не менее  $L/D_{обр} = 7$ . Для чистовой обработки это отношение уменьшается с увеличением диаметра обрабатываемых отверстий и не превышает  $L/D_{обр} = 3,5$  для отверстий с  $D_{обр} > 80$  мм. В то же время для насадных развёрток указанных диаметров такое ограничение отсутствует. Сборные оправки имеют преимущество перед цельными по общему вылету  $L$  при диаметре до 50 мм.

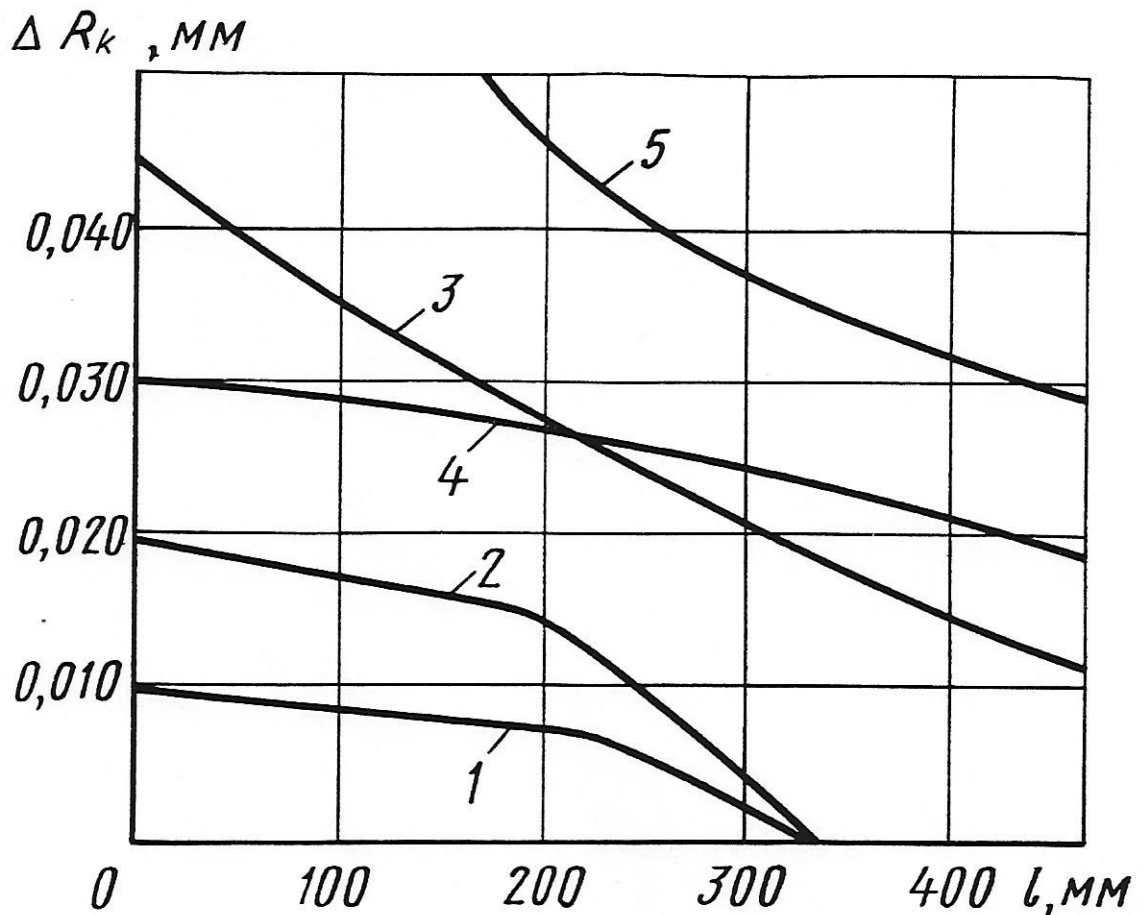


Рис. 5.9. Зависимость точности обработки компоновками ВИ с конусами 7:24 степени точности АТ5 от величины их вылета: 1 - оправки расточные чистовые; 2 - оправки для насадных фрез; 3 - втулки для инструмента с коническим хвостовиком; 4 - оправки расточные черновые; 5 - оправки для насадных развёрток.

#### 5.4. Оценка компоновок по критерию соответствия требованиям оборудования.

Поперечные сечения рабочего пространства станка можно выразить в долях ширины  $B$  рабочей поверхности стола и показать во взаимосвязи с размерами координатных перемещений исполнительных органов и размерами инструментов [2].

При вертикальной компоновке станка минимальный размер по высоте  $h_{\min}$  невелик и может быть принят равным минимальному размеру длины инструмента по длине  $h_{\min} = l_{\min}$ . Высота рабочего пространства, выраженная через ширину стола, равна  $k_1 B = Z - (l_{\text{хв}} + 2\Delta)$ . При установке деталей высотой  $kB$  на стол длину обработки можно представить в виде условия, когда разность  $l_{\max} - l_{\min} = k_1 B / 2$ . Из этого соотношения можно определить наибольшие размеры инструмента по длине, который может быть автоматически заменен без дополнительных движений:

$$l_{\max} = Z/2 + l_{\min} - (l_{\text{хв}} + 2\Delta) \quad (\text{рис. 5.13, а}).$$

При горизонтальном варианте пространства станка величина  $h_{\min}$  может не учитываться, а  $h_{\max} = Y$ . Рабочее пространство смещено, наибольшие размеры инструмента по длине находятся в зоне  $k_2 B = Z - (l_{\text{хв}} + 2\Delta)$ , а наименьшие -  $k_3 B = k_2 B - (l_{\max} - l_{\min})$ . Статистический анализ показал, что  $k_1 = 1$ ,  $k_2 = 0,66$ .



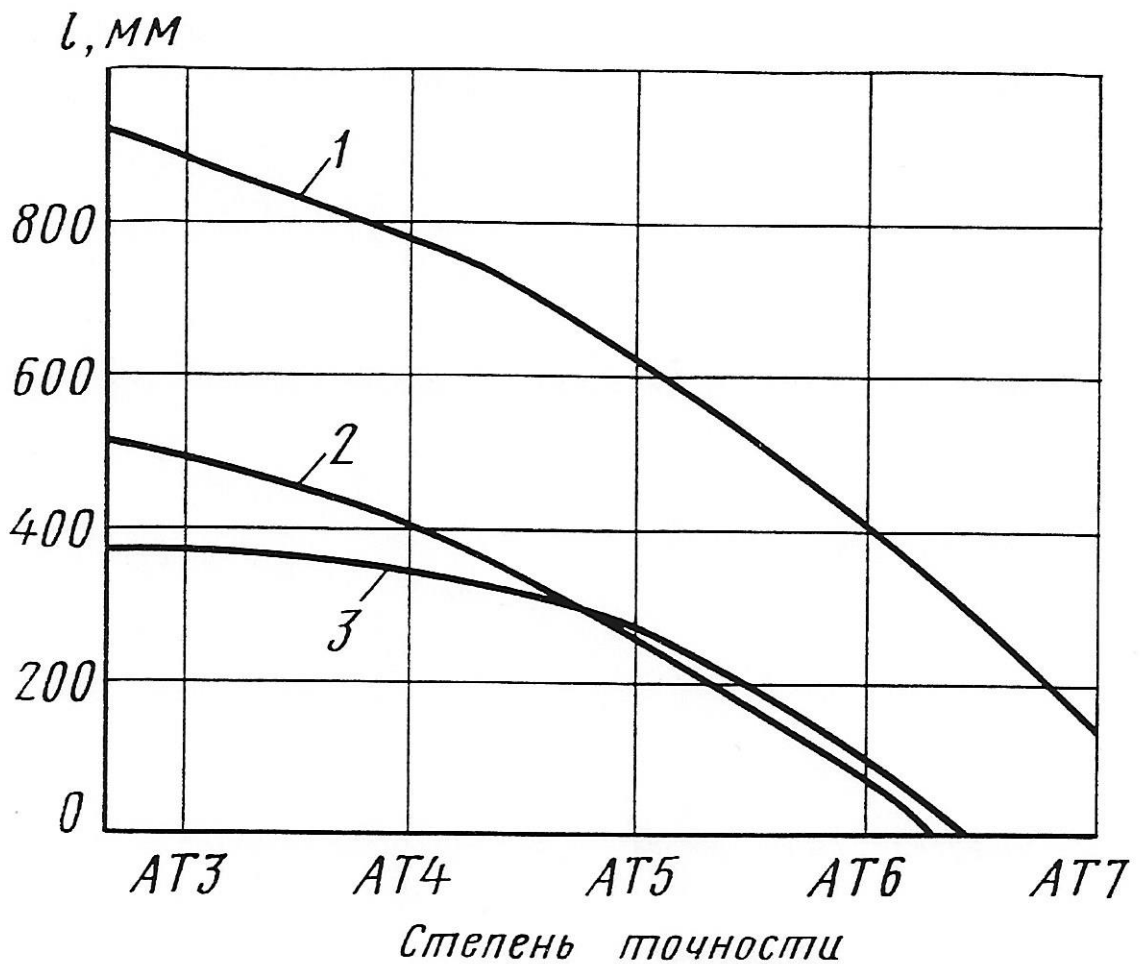


Рис. 5.10. Допускаемые по критерию точности обработки лучистовым растачиванием длины оправок диаметром 80мм; 1 - тип 3; 2 - тип 4; 3 - тип 2.

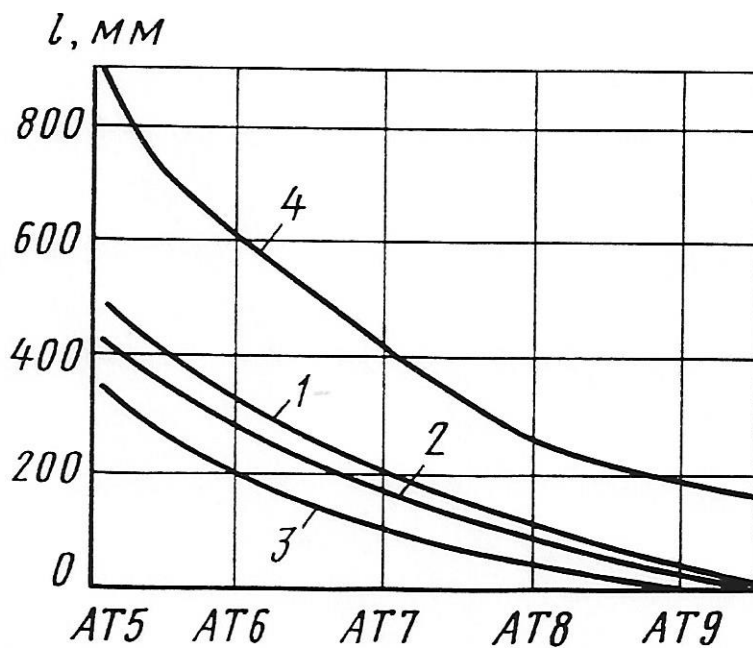


Рис. 5.11. Вылет компоновок для насадных зенкоров и разверток: 1 тип 4; 2 - тип 4 с промежуточным элементом; 3 - тип 2; 4 - тип 3.

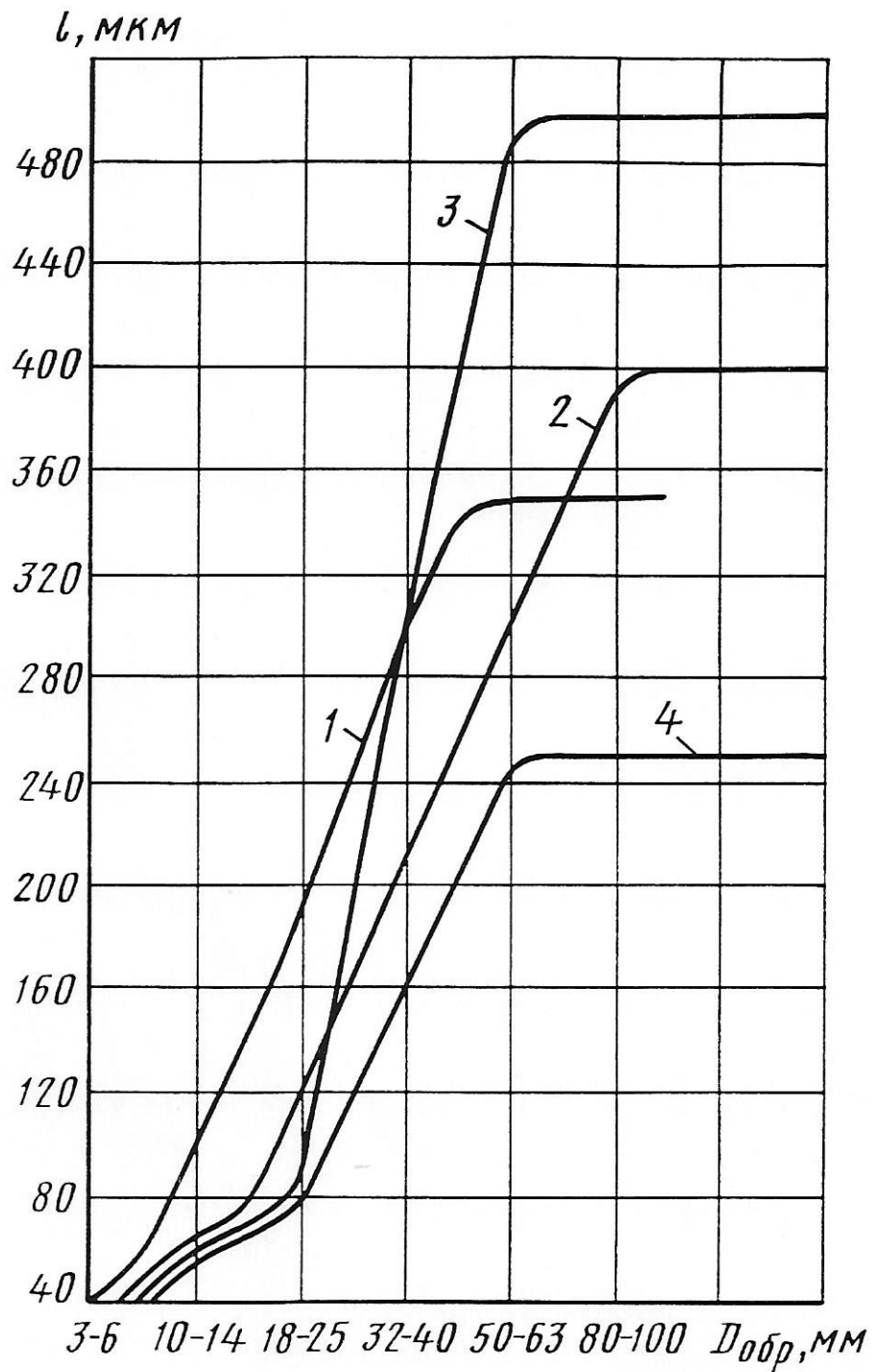


Рис. 5.12. Вылеты компонок для различных размеров обработки  $D_{обр}$ . 1) сверла; 2) развертки; 3) черновое растачивание; 4) чистовое растачивание.

Для вертикальных станков  $B = 300 \dots 1250 \text{ мм}$ , для горизонтальных  $300 - 1000 \text{ мм}$ . Корреляция между  $Y$  и  $B$  выражена для горизонтальных станков величиной  $0,56$ , а для вертикальных  $-0,86$ .

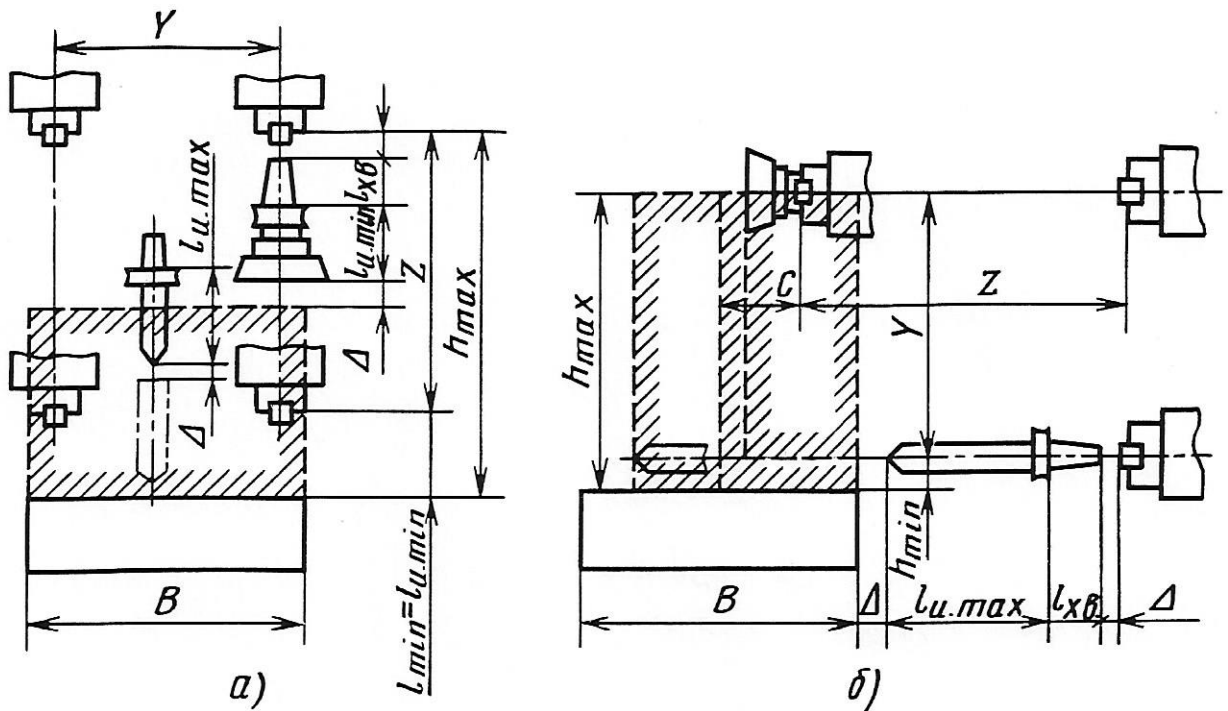


Рис. 5.13. Определение максимального и минимального вылета инструмента  $l_{и}$  для а) вертикальных и б) горизонтальных станков.

Сведения о стандартизированных размерах инструмента для инструментальных магазинов приведены в табл. 5.13.

Допускаемые размеры и масса компоновок инструмента.

Таблица 5.13.

Конус	t	s	ди max		L	m, кг
			мм	мм		
№40	38,1	76	75	225	400	16
			85	250		
			110			
			130			
			150			
№50	50,8	101	100	300	500	25
			130			
			150			
			170			
			200			

В табл. 5.13 обозначены:  $t$  - расстояние между шпонками гнезд магазина;  $d_{и \max}$  - максимальный диаметр инструмента, установленного предварительно в магазин при соседних заполненных гнездах;  $D_{и \max}$  - то же, при соседних пустых

гнездах;  $L$  - общая длина компоновки инструмента, включая ее крепежную часть;  $m$  - масса компоновки инструмента.

По критериям приведенным в табл. 5.11, рассчитывали вылеты компоновок.

Получили значения вылетов с учётом допустимой податливости для компоновок всех типов, предусмотренных нашей классификацией (табл. 5.5). Результаты расчётов приведены в приложении 3 и на рисунках 5.11 - 5.21, на которых цифрой 1 обозначены зависимости для компоновок на базе цилиндрического соединения с односторонним расположением крепежных элементов; 2 - на базе самоцентрирующих элементов; 3 - с конусом Морзе. Учитывали, что оправки для насадных развёрток, патроны для концевых развёрток и метчиков могут иметь значительную податливость, так как указанные инструменты работают самоустанавливаясь в предварительно обработанных отверстиях. [11]

Для крепления свёрл с цилиндрическим хвостовиком наиболее целесообразной конструктивной схемой крепления является компоновка типа 4 (рис. 5.14, 5.15), так же как и для других инструментов с цилиндрическим хвостовиком (рис. 5.11). Это объясняется тем, что в такой схеме отпадает необходимость в дополнительном регулируемом цилиндрическом соединении, оно образуется непосредственно между самоцентрирующим элементом и хвостовиком режущего инструмента.

В тех условиях, когда режущий инструмент имеет присоединительную поверхность, отличную от цилиндрической и требует радиальную регулировку, компоновка типа 4 нецелесообразна. Для крепления концевых фрез с коническим хвостовиком целесообразна компоновка типа 2 с конусами Морзе (рис. 5.16). При креплении других инструментов с конусами Морзе целесообразно остановить выбор на компоновках типа 3 на базе цилиндрического соединения с односторонним расположением крепежных элементов, сменные наладки которых взаимозаменяемы для станков различных конструкций.

Необходимо учитывать, что компоновки типа 2 с наружными конусами 7:24 и внутренними конусами Морзе они имеют излишние запасы точности и жёсткости; номенклатура таких втулок очень широка из-за нескольких размеров конусов Морзе, что обуславливает значительное усложнение технологического процесса достижения высокого качества конусов 7:24.

Сравнение вариантов компоновок расточного инструмента (рис. 5.18) показывает преимущество цилиндрического соединения с односторонним прижимом винтами перед другими соединениями в части обеспечения необходимого вылета инструмента.

Это преимущество с большей очевидностью раскрывается при сравнении вылетов компоновок расточного инструмента с вылетами от торца шпинделя станка (рис. 5.19). Компоновки расточного инструмента для предварительной обработки с диаметром рабочей части сменных наладок до 50 мм обеспечивают вылеты в 1,2 - 2,3 раза больше, чем цельные, если они выполнены на базе цилиндрических соединений с односторонним расположением крепежных элементов.

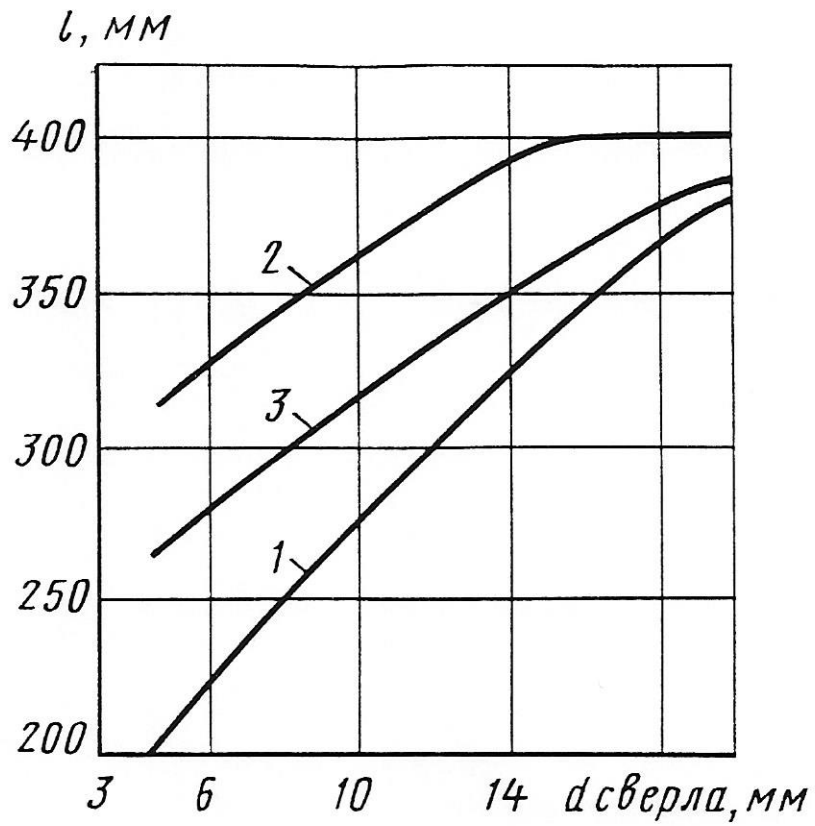


Рис. 5.14. Допускаемый вылет компоновок при закреплении сверл за цилиндрический хвостовик.

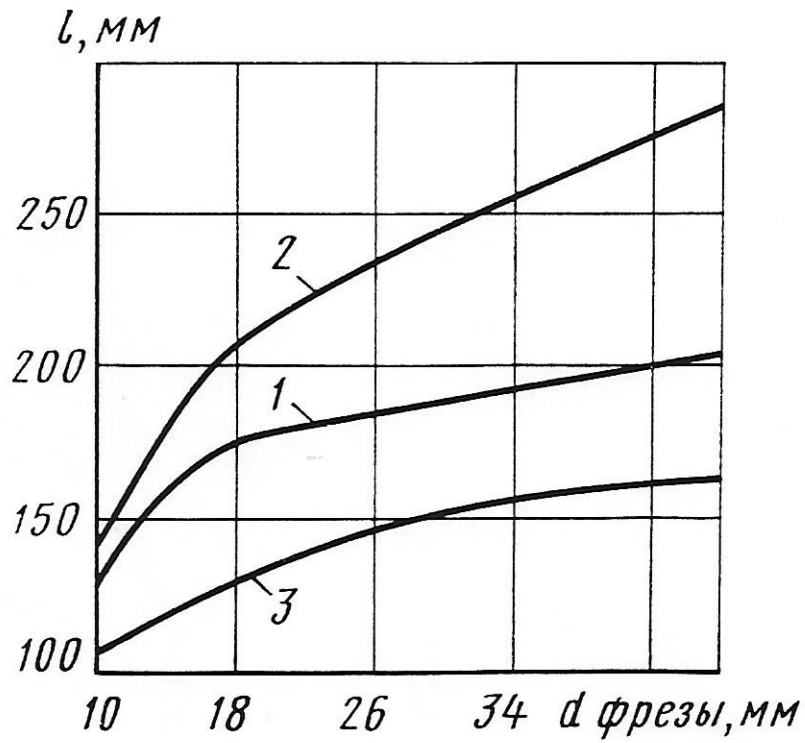


Рис. 5.15. Допускаемый вылет компоновок при закреплении концевых фрез за цилиндрический хвостовик.

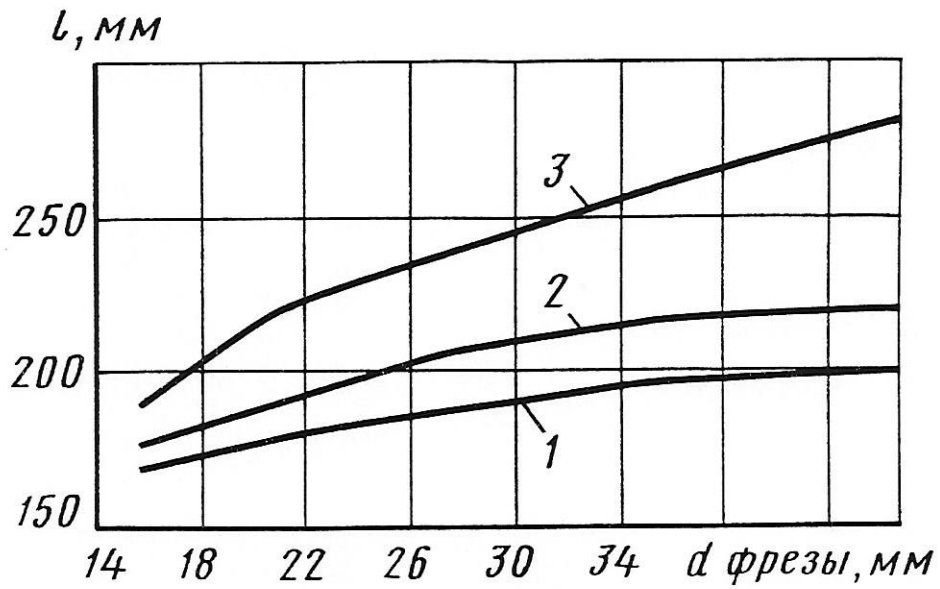


Рис. 5.16. Допускаемый вылет компоновок при закреплении концевых фрез с коническим хвостовиком.

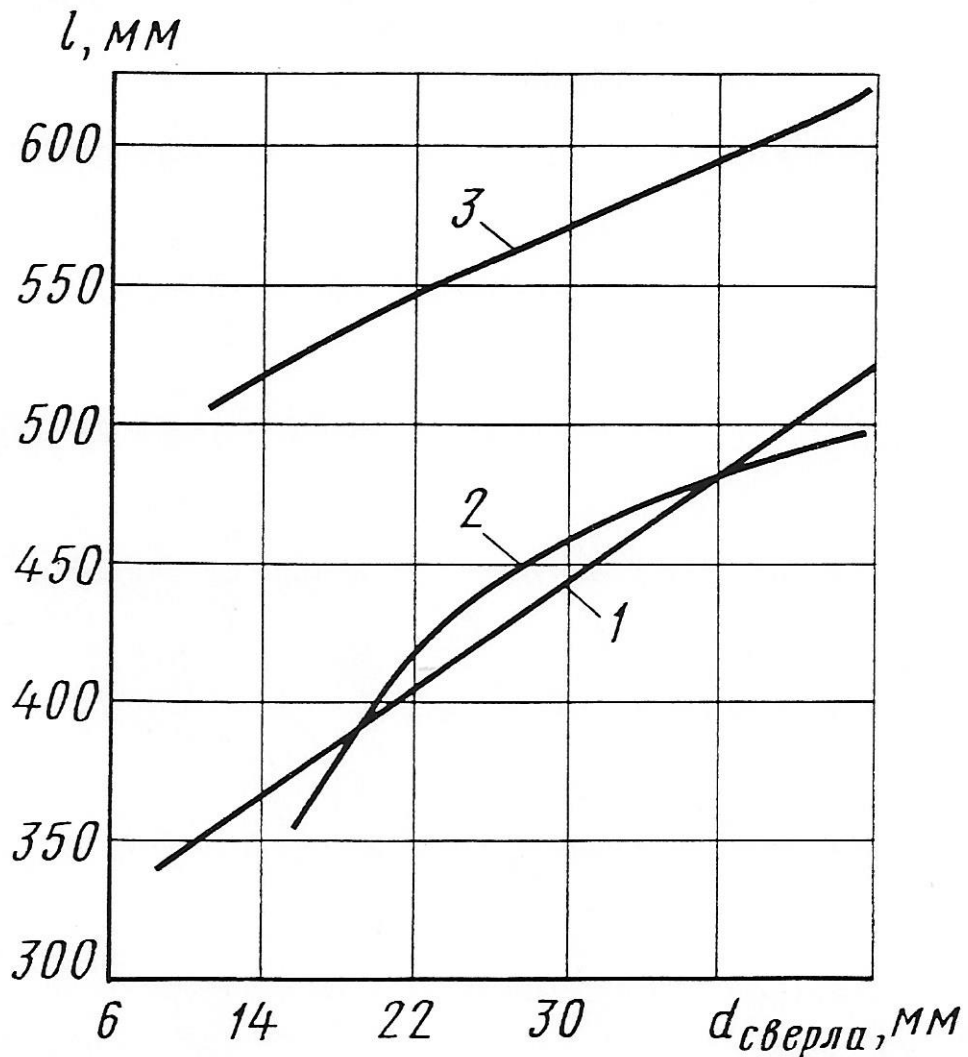


Рис. 5.17. Допускаемый вылет компоновок при закреплении сверл с коническим хвостовиком.

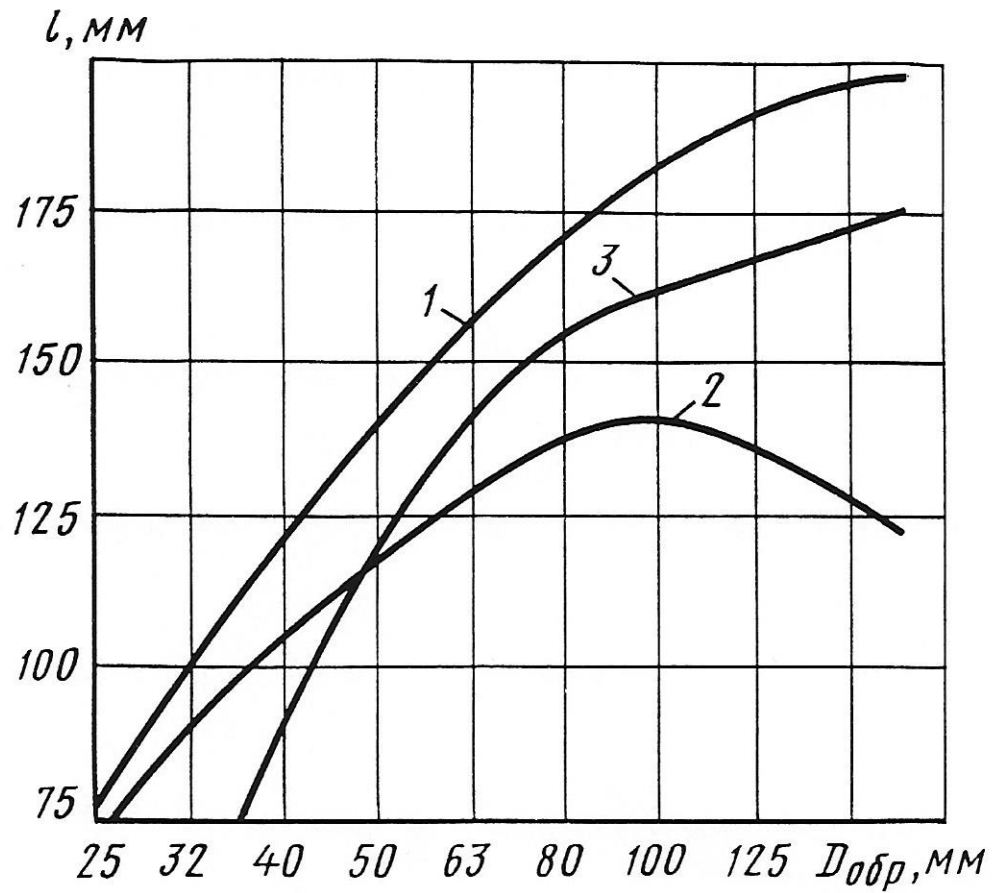


Рис. 5.18. Допускаемый вылет компоновок для растачивания (от торца базисного агрегата).

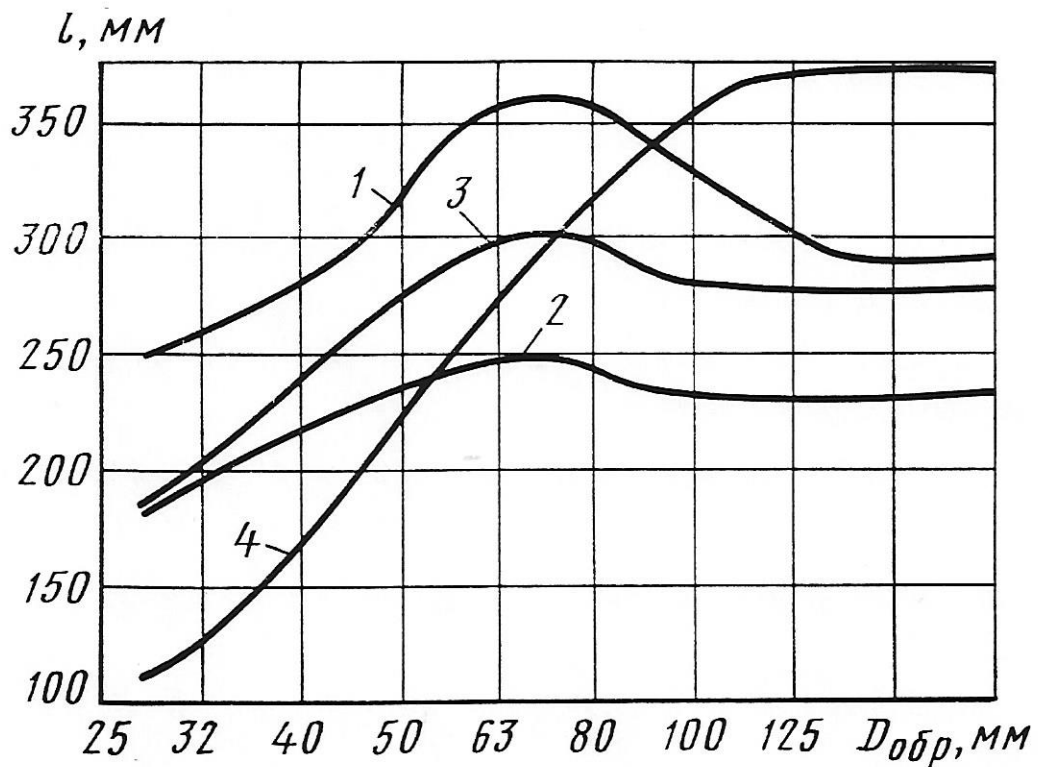


Рис. 5.19. Допускаемый вылет компоновок для чернового растачивания (от базового диаметра конуса 7:24).

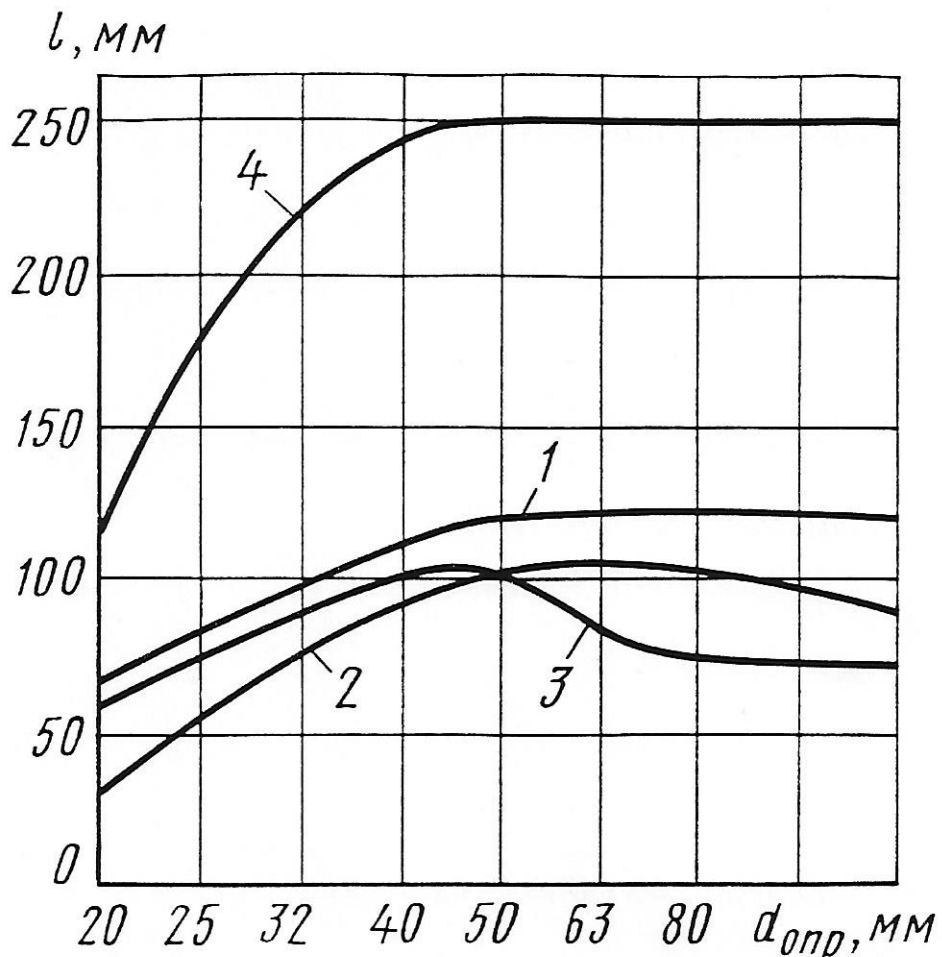


Рис. 5.20. Допускаемые вылеты компоновок для чистового растачивания (от торца базисного агрегата): 4 - цельные оправки.

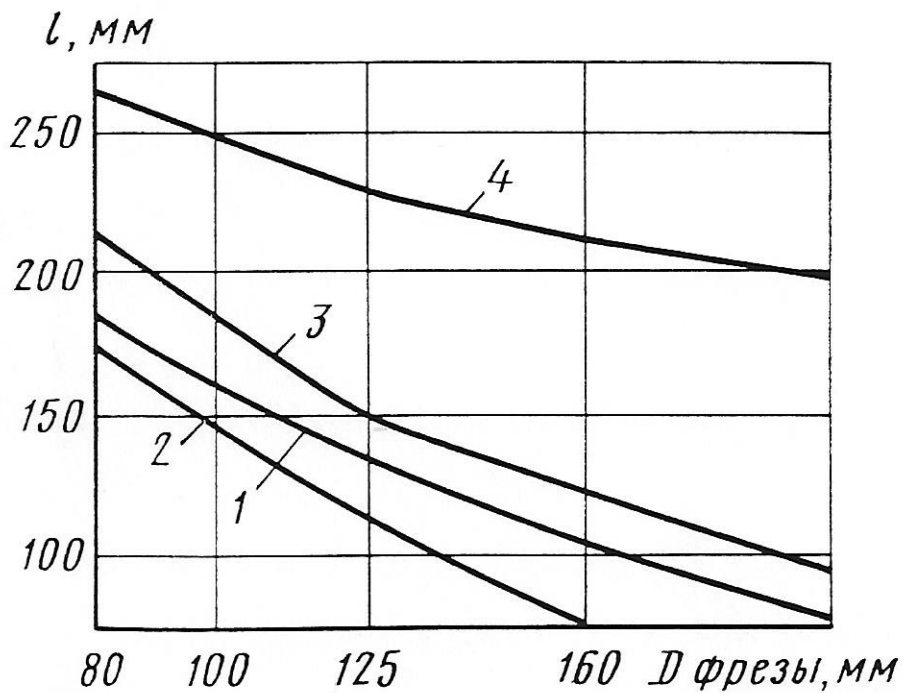


Рис. 5.21. Допускаемые вылеты компоновок для торцовых фрез: 4 - цельные оправки.



Компоновки инструмента для чистовой обработки во всём диапазоне диаметров обрабатываемых отверстий не дают преимуществ перед цельными, в части получения необходимого вылета (рис. 5.20). Аналогичная картина наблюдается при сравнении вариантов крепления торцовых фрез (рис. 5.21).

Полученные зависимости показывают, что в качестве основного способа крепления режущего инструмента на многооперационных станках с ЧПУ, целесообразно использовать компоновки инструмента на базе цилиндрического соединения с односторонним расположением крепежных элементов. При этом достаточно иметь один базисный агрегат с конусом 40 одной длины и два базисных агрегата с конусом 50 двух длин: короткий и удлинённый.

Расточные оправки для предварительной обработки отверстий с диаметром рабочей части сменных наладок до 50 мм целесообразно делать составными, а с рабочей частью диаметром более 50 мм - цельными.

Сменные наладки переходных втулок, оправок для насадного инструмента и других типов, целесообразно разделить на короткие и длинные; в базисных агрегатах с конусами 40 и 50 - устанавливать взаимозаменяемые сменные наладки с одинаковым диаметром наружной цилиндрической поверхности. Оправки для чистового растачивания и для торцовых насадных фрез целесообразно делать цельными с повышенными требованиями к точности конусов 7:24.

Ограничениями, налагаемыми на компоновки инструмента, являются опрокидывающий момент и максимальная масса. Опрокидывающий момент, можно определить как момент силы тяжести инструмента на плече, равном расстоянию от центра тяжести до оси симметрии канавки хвостовика инструмента, предназначенной под захват автооператора. Стандартами установлены предельные значения опрокидывающего момента: для конуса 40 - 25Н·м; для конуса 50 - 40Н·м. Технические условия на ГПЯ регламентируют максимальную массу инструмента: для станков с конусом 40 - 16кг; для станков с конусом 50 - 25кг.

Рассчитывали массу компоновок. Близкой к критическим значениям является масса компоновок типа 1 с диаметром рабочей части свыше 60мм. Номографические зависимости веса оправок от величины вылета рабочей части приведены на рисунке 5.22. Определили, что нецелесообразно применение расточных оправок диаметром 125 мм и оправок для насадных торцовых фрез диаметром более 125 мм с конусом 40. Оправки с конусом 50 и диаметром 125 мм не должны иметь вылет более 240 мм, а оправки для торцовых фрез диаметром свыше 125 мм - 200 мм. Размеры других компоновок ограничены по критерию допустимой податливости, а чистовых - по критерию допустимого биения. Оправки для торцовых фрез диаметром 160 - 200мм не должны иметь вылет более 95мм.

Для определения величины опрокидывающего момента рассчитывали координаты центра тяжести осевого сечения инструмента.

Расчет для цельных оправок ( рис. 5.23) вели по формулам:

$$V_c = \frac{\frac{D+d_1}{2} \cdot \ell_1 \cdot \left( \ell_2 + \frac{1}{3} \ell_1 \right) + d \cdot \ell_2 \cdot \frac{1}{2} \ell_2}{\frac{D+d_1}{2} \ell_1 + d \ell_2} \quad (5.13)$$

$$L = \ell_2 - V_c \quad (5.14)$$

Для сборных оправок ( рис. 6.20) расчет вели по формуле:

$$V_c = \frac{\frac{D+d_1}{2} \cdot \ell_1 \cdot \left( \ell_2 + \ell_1 + \frac{1}{3} \ell \right) + D \cdot \ell_1 \left( \ell_2 + \frac{1}{2} + \ell_1 \right) + d \ell_2 \cdot \frac{1}{2} \ell_2}{\frac{D+d_2}{2} \ell + D \ell_1 + d \ell_2} \quad (5.15)$$

$$L = \ell_2 + \ell_1 - V_c \quad (5.16)$$

Выполненные расчеты показали (рис. 5.25), что опрокидывающий момент цельного и сборного инструмента с конусом 40 с размерами, определёнными по критерию допускаемой податливости, находится в пределах 25 Н·м.

Для цельного инструмента с конусом 50, критерий предельного опрокидывающего момента определяет ограничение вылета цельных оправок с рабочим диаметром 125 мм и сборного инструмента с рабочим диаметром свыше 50 мм, соответственно до величин 295 и 430 мм. Остальные компоновки могут иметь размеры, определяемые по критериям допустимой податливости и максимальной массы.

Обобщение результатов исследования компоновок по всем критериям позволяет установить достаточно чёткие границы размеров сменных наладок с цилиндрической наружной поверхностью, базисных агрегатов и цельных конструкций с конусами 7:24.

Установленные предельные размеры согласуются с данными о необходимых размерах инструмента для обработки деталей. В частности достигается последовательность черновых и чистовых переходов по длине обработки ( рис. 5.12). Однако, чистовая обработка основных отверстий диаметром более 63мм однолезвийными оправками с вылетом более 260мм без автоматической подналадки невозможна из-за несоответствия требованиям к точности обработки. При этих условиях целесообразно применять оправки с насадными развёртками.

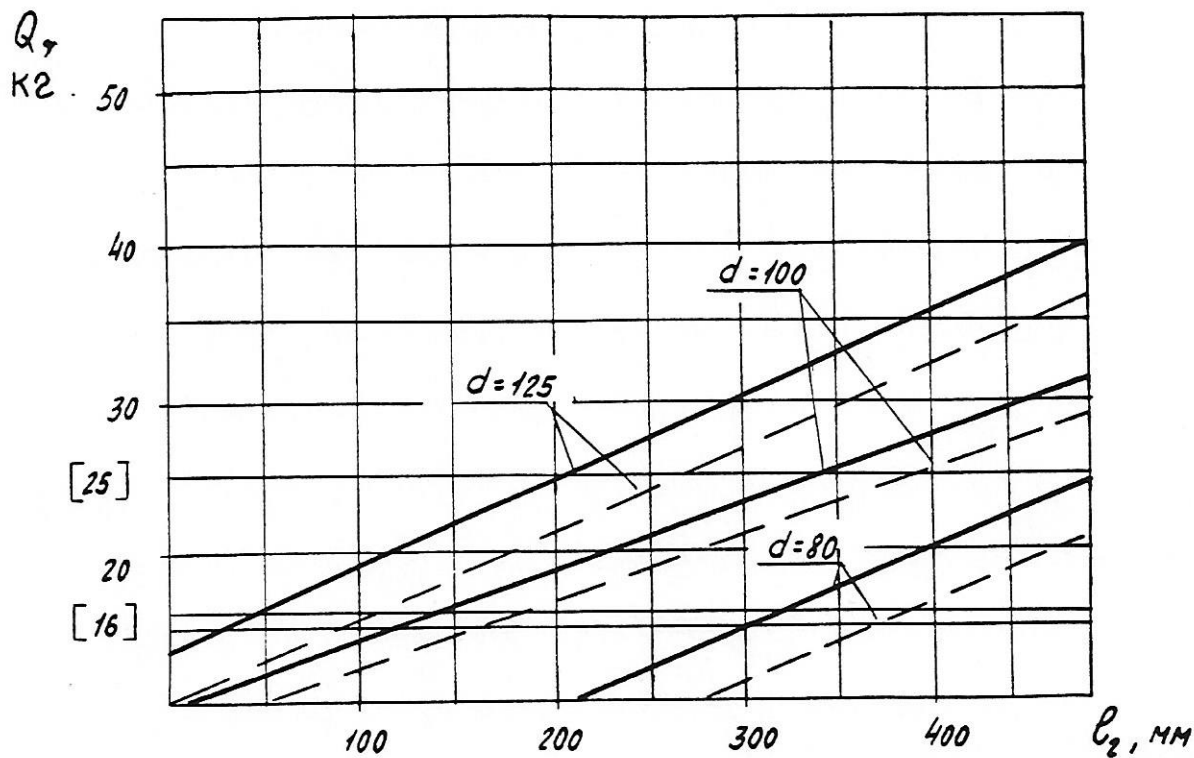


Рис. 5.22. Зависимость  $Q$  расточных оправок от вылета  $l_2$  рабочей части:

— - конус 50;  
 - - - - - конус 40.

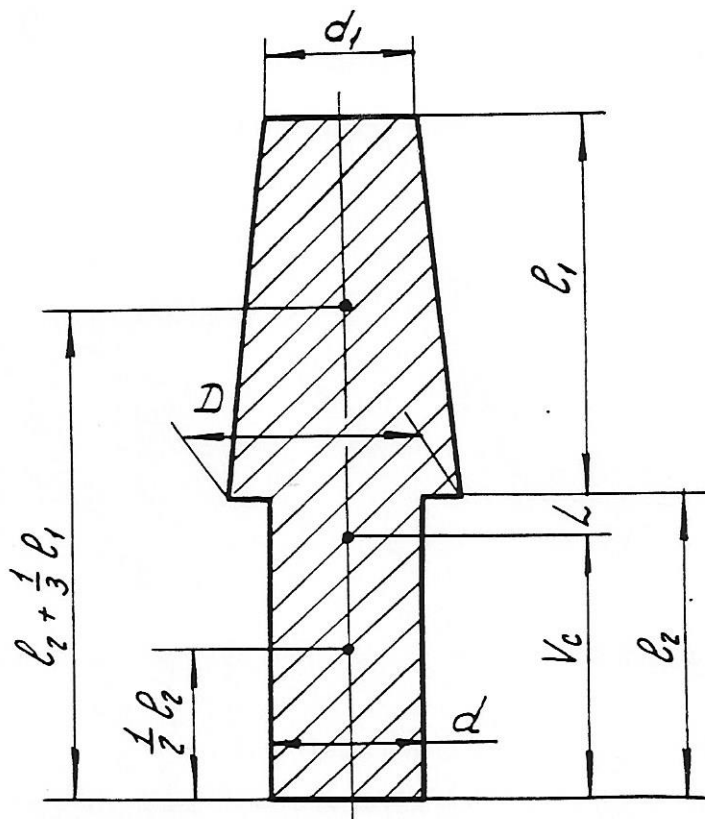


Рис. 5.23. Схема определения координаты  $V_c$  центра тяжести цельного инструмента.

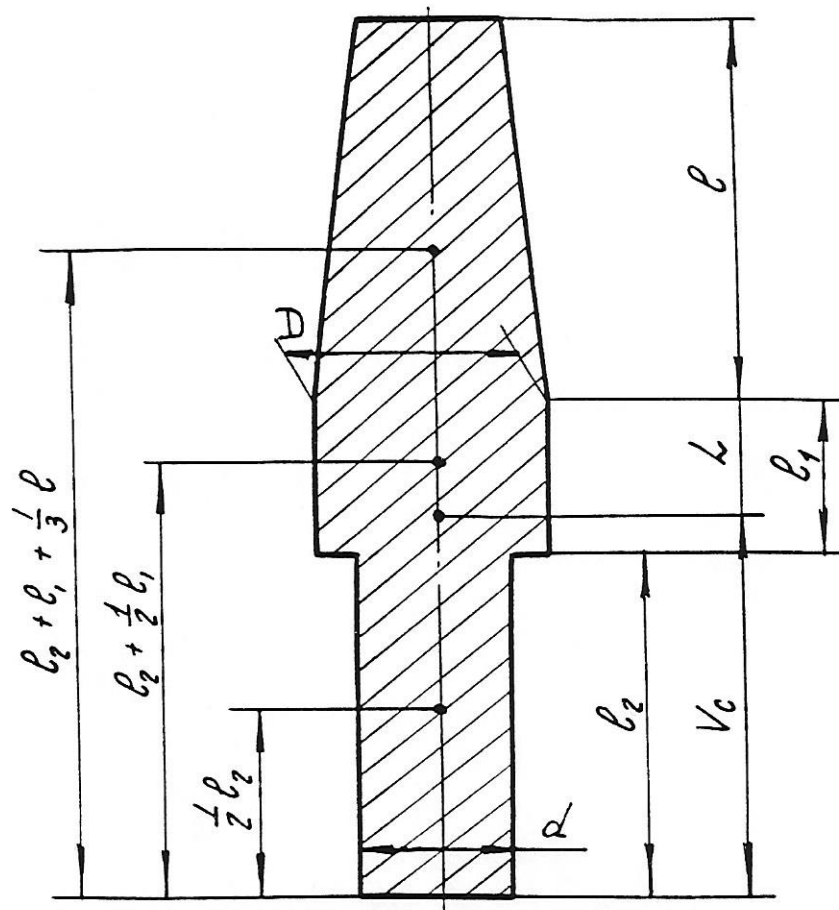


Рис. 5.24. Схема определения  $V_0$  центра тяжести компонок инструмента.

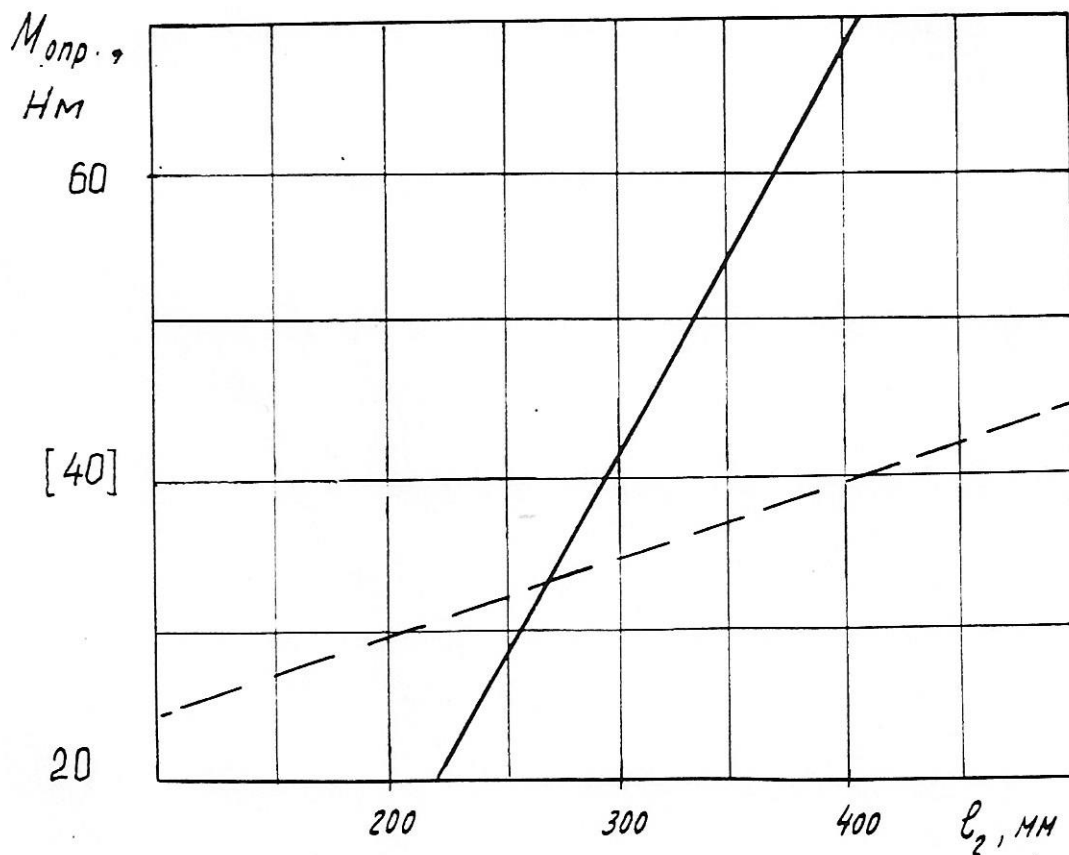


Рис. 5.25. Зависимость опрокидывающего момента  $M_{опр.}$  компонок от величины их вылета:

- цельные инструменты с  $d_2 = 125$  мм;
- - - - - компоновки с  $d_2 = 50$  мм.

### Выводы по главе.

1. Система вспомогательного инструмента, как средство необходимое для изготовления деталей заданной геометрической формы в различных условиях автоматизированного производства, определена как взаимодействие систем базирования и закрепления с узлами станков с одной стороны и с их взаимодействием с крепежной частью режущего инструмента - с другой.

2. Связи между системами базирования и закрепления установлены как функции: заданного технологического процесса; требований эксплуатации; качества обработки; заданной производительности обслуживания инструмента, а также снижением расходов на эксплуатацию инструмента.

3. Результаты проведенной оценки условий компоновки систем базирования и закрепления инструмента позволили сформировать основные критерии, определяющие структуру и обобщенные показатели вспомогательного инструмента. Выявленные критерии выделены в три группы: экономические - характеризующие затраты, связанные с реализацией технологической задачи; технические - характеризующие функциональные и эксплуатационные возможности систем; технико-экономические - связывающие степень ресурса системы с ее стоимостью.

4. Экономическое обоснование целесообразности применения варианта вспомогательного инструмента, основанного на выборе базовой системы базирования и закрепления инструмента, осуществлено путем сравнения приведенных затрат на обработку годового количества деталей по существующему и новому технологическому процессам с учетом анализа трудоемкости изготовления комплекта инструмента.

5. Осуществлена типизация вспомогательного инструмента по видам компоновок систем базирования и закрепления инструмента с последующей классификацией компоновок базисных агрегатов и сменных наладок вспомогательного инструмента.

6. Анализ средних значений допусков составляющих звеньев с учетом габаритов и характера размеров компоновок, предполагаемых технологических процессов изготовления базисных агрегатов и сменных наладок показывает, что достижение заданной точности обработки возможно путем сборки компоновок методами полной взаимозаменяемости без компенсирующих звеньев.

7. Размерным анализом установлено, что ряд конструкций вспомогательного инструмента, такие как оправки для насадных разверток, втулки для сверл, зенкоров и разверток с конической крепежной частью оправки для предварительного растачивания, патроны для разверток и метчиков. Базирование и закрепление сверл с цилиндрической крепежной частью, концевых фрез, торцовых фрез и расточных оправок для окончательной обработки необходимо выполнять с минимально возможным вылетом и минимальным количеством промежуточных элементов.

8. Анализ жесткостных характеристик показал. Что для создания базисных агрегатов систем вспомогательного инструмента наиболее целесообразным явля-

ется система базирования и закрепления инструмента на цилиндрическую поверхность с односторонним расположением крепежных элементов с наложением технических и экономических ограничений.

9. Анализ соответствия компоновок требованиям эксплуатации выявил, что сменные наладки целесообразно разделить на короткие и длинные, и выполнять их взаимозаменяемыми в базисных агрегатах с различными системами базирования и закрепления на станках. Расточные оправки для предварительной обработки с диаметром рабочей части сменных наладок до 50мм целесообразно делать составными, а с рабочей частью более 50мм - цельными. Оправки для окончательного растачивания и для торцовых фрез целесообразно делать цельными с требованиями к точности конусов 7:24 не менее степени АТ4.

10. Установленные предельные размеры компоновок инструмента, отвечающие требования к обеспечению заданной точностью обработки, согласуются с данными о необходимых размерах инструмента для обработки значимой выборки деталей. В частности достигается последовательность черновых и чистовых переходов по длине обработки. Однако, чистовая обработка основных отверстий диаметром более 63мм однолезвийными оправками с вылетом более 260мм без автоматической подналадки невозможна из-за несоответствия требованиям к точности обработки. При этих условиях наиболее целесообразно применение разверток на соответствующих оправках.

## **ГЛАВА 6. Результаты практического внедрения вспомогательного инструмента на автоматизированном оборудовании**

Выполненные разработки нашли широкое применение в промышленности. Разработанные методики, предназначенные для инженерно-технических работников конструкторских и технологических отделов служб машиностроительных предприятий, нашли также применение в авиационной промышленности для конструирования вспомогательного инструмента и соответствующей подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ в условиях автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП). К сожалению этот опыт не сохранился.

Обобщение опыта эксплуатации разработанной системы вспомогательного инструмента и результатов практики технической подготовки его производства привели к созданию нормативных документов, среди которых можно выделить «Каталог «Режущий и вспомогательный инструмент для гибких производственных модулей // М.: ВНИИТЭМР, 1988. – 120 с.», подготовленный сотрудниками ВНИИИНСТРУМЕНТ под руководством А.Р. Маслова.

На основании разработанных нормативов были подготовлены и практически применены комплекты вспомогательного инструмента в виде агрегатированных конструкций, включающих базисные агрегаты с хвостовиками с конусом 50 и фланцами для захвата автооператором станка, а также комплект сменных наладок (табл. 6.1, 6.2 и 6.3).

Эти комплекты поставлялись вместе с изготовленными станочными комплексами АСК-10, АСК-20, АСВ-21, АСВ-22, АСВ-30 на ряд машиностроительных заводов, в том числе на автозавод «ЗиЛ».

Также эти комплекты в качестве нормативных для пусконаладочных работ поставлялись на заводы оборонно-промышленного комплекса вместе с серийными ГПМ мод. ИС320ПМФ4; ИС500ПМ4 и ИС800ПМФ4, изготавливаемыми Ивановским станкостроительным производственным объединением (ИСПО).

Применение агрегатированных конструкций, включающих базисные агрегаты с хвостовиками с конусами 40 и 50, позволяет при необходимости расширять номенклатуру вспомогательного инструмента за счет изготовления специальных сменных наладок с простыми цилиндрическими хвостовиками.

Также базисные агрегаты и сменные наладки могут быть использованы в механических цехах на станках фрезерной группы, благодаря унификации размеров фланца, передающего крутящий момент от шпинделей этих станков.

## Унифицированные сменные наладки комплекта ВИ.

Таблица 7.1.

Наименование сменной наладки	Кол-во штук	Присоединительная поверхность для крепления в базисном агрегате, мм	Диаметр закрепляемого инструмента	Вылет max, мм
Втулки переходные	1	Ø36	6...14	95
	6		14...25	105
	6		25...32	80
	1	Ø48	32...40	155
Расточные оправки Ø25	2	Ø36	32...40	110
То же, Ø32	3		40...50	125
То же, Ø40	3		50...63	150
То же, Ø50	3	Ø48	63...80	160
Оправки для насадных зенкеров и разверток	2	Ø36	25...32	305
	2		32...40	
	2		40...63	
	2		50...63	
	2	Ø48	63...80	250
	2		80...100	
	2		100...125	
	2		125...160	
2		160...200	230	
Оправки перовых сверл	2	Ø36	25...40	125
	2		32...40	205
	2		40...50	195
	2	Ø48	50...80	155
Оправки для насадных дисковых фрез	2	Ø36	32...80	80
	2	Ø48	80...160	120
Патроны для метчиков	5	Ø36	M6 - M27	165

Универсальность комплекта и унификация его сменных наладок предопределили организацию централизованного производства разработанного вспомогательного инструмента на специализированных заводах.

В соответствии с планами развития науки и техники на 1977-1980, 1980-1985 гг. освоено централизованное производство базовых агрегатов с конусом 7:24 на Калининском заводе штампов им. 1 Мая, там же освоен выпуск сменных наладок: цилиндрических коротких и длинных втулок с внутренними конусами Морзе. На Новосибирском инструментальном заводе освоено централизованное производство цанговых и резьбонарезных патронов, на Краснодарском опытном заводе — резьбонарезных патронов, на Кулябском опытном заводе технологической оснастки — оправок для насадных фрез и оправок для насадных разверток.



## Цельные расточные оправки ВИ.

Таблица 7.2.

Наименование	Кол-во штук	Основные размеры		Вылет тах, мм
		Диаметр рас- точки, мм	Диаметр оп- равки, мм	
Черновые однолезвийные оправки с конусом 40	3	40-63	40	200
	3	63-80	50	220
	2	80-100	63	195
	2	100-125	80	
	1	125-160	100	
Черновые однолезвийные оправки с конусом 50	3	63-80	50	300
	3	80-100	63	335
	2	100-125	80	370
	2	125-160	100	
	1	160-200	125	240
Чистовые однолезвийные оправки с конусом 40	3	50-63	40	180
	3	63-80	50	200
	3	80-100	63	
Чистовые однолезвийные оправки с конусом 50	2	50-63	40	205
	2	63-80	50	
	2	80-100	63	260
	2	100-125	80	
	1	125-160	100	
	1	160-200	125	240
Расточные патроны с ко- нусом 40 и конусом 50	4	5-50	10-20	105

Цанговым патронам, созданным с учётом результатов настоящих исследований, был присвоен Государственный Знак качества, они удостоены серебряной и бронзовых медалей ВДНХ.

На Оршанском инструментальном заводе освоено производство базисных агрегатов, цанговых и резбонарезных патронов и таких сменных наладок, как расточные оправки с цилиндрическим хвостовиком для получистового растачивания, оправки для дисковых фрез, расточные патроны, переходные втулки для инструмента с коническим хвостовиком, резбонарезные патроны и цанговые патроны.

Для автоматизированного комплекса АСК-10 из 6 станков первоначальный комплект инструментов на одну деталиеоперацию включает комплект режущих инструментов из 190 типоразмеров и комплект из 90 типоразмеров вспомогательного инструмента (1200 штук), из которых с конусом 50 - 16 типоразмеров (360 штук).

Базисные агрегаты, патроны, втулки и оправки с конусом 7:24 комплекта ВИ.

Таблица 7.3.

Наименование	Кол-во штук	Присоединительная поверхность для крепления сменных агрегатов и режущего инструмента	Вылет тах, мм
Базисные агрегаты с конусом 40	16	Отверстие диаметром 36мм	115
То же, с конусом 50	16		75
То же с конусом 50	4	Отверстие диаметром 48мм	105
Цанговые патроны с конусом 40	9	Отверстия диаметром 3-25мм	130
То же, с конусом 50	9		
Втулки переходные с конусом 40 для концевых фрез	1	Конус Морзе 2	140
	1	Конус Морзе 3	160
	2	Конус Морзе 4	180
То же, с конусом 50	1	Конус Морзе 3	160
	2	Конус Морзе 4	220
	1	Конус Морзе 5	
Оправки с конусом 40 для насадных торцовых фрез	3	Цилиндрическая наружная поверхность диаметром 32мм	160
То же, с конусом 50	3	То же, 40мм	200
	3	То же, 50мм	95

В процессе эксплуатации автоматизированного комплекса при расширении номенклатуры обрабатываемых деталей происходит рост количества вспомогательного инструмента, однако, темп роста замедляется с увеличением количества деталиеопераций и приводит к приросту количества не более 25% от первоначальной величины. Зависимость стоимости комплекта вспомогательного инструмента от количества оборудования и выполняемых деталиеопераций показана на рис. 7.1.

Для осуществления автоматизированной подготовки производства создана библиотека данных инструмента для пользования кодированным инструментом. Для этого разработана система кодирования. В качестве системы кодирования рекомендуется цифровая система, в которой полный код включает 12 десятичных знаков и отражает структуру сборки. Например, сверло спиральное быстродействующее диаметром 10мм с цилиндрическим хвостовиком, закрепляемое в цанговом патроне, с цангой диаметром 10мм имеет код - 23211 06 00 015. Первые пять знаков полного кода представляют собой код режущего инструмента, остальные обозначают код вспомогательного инструмента.

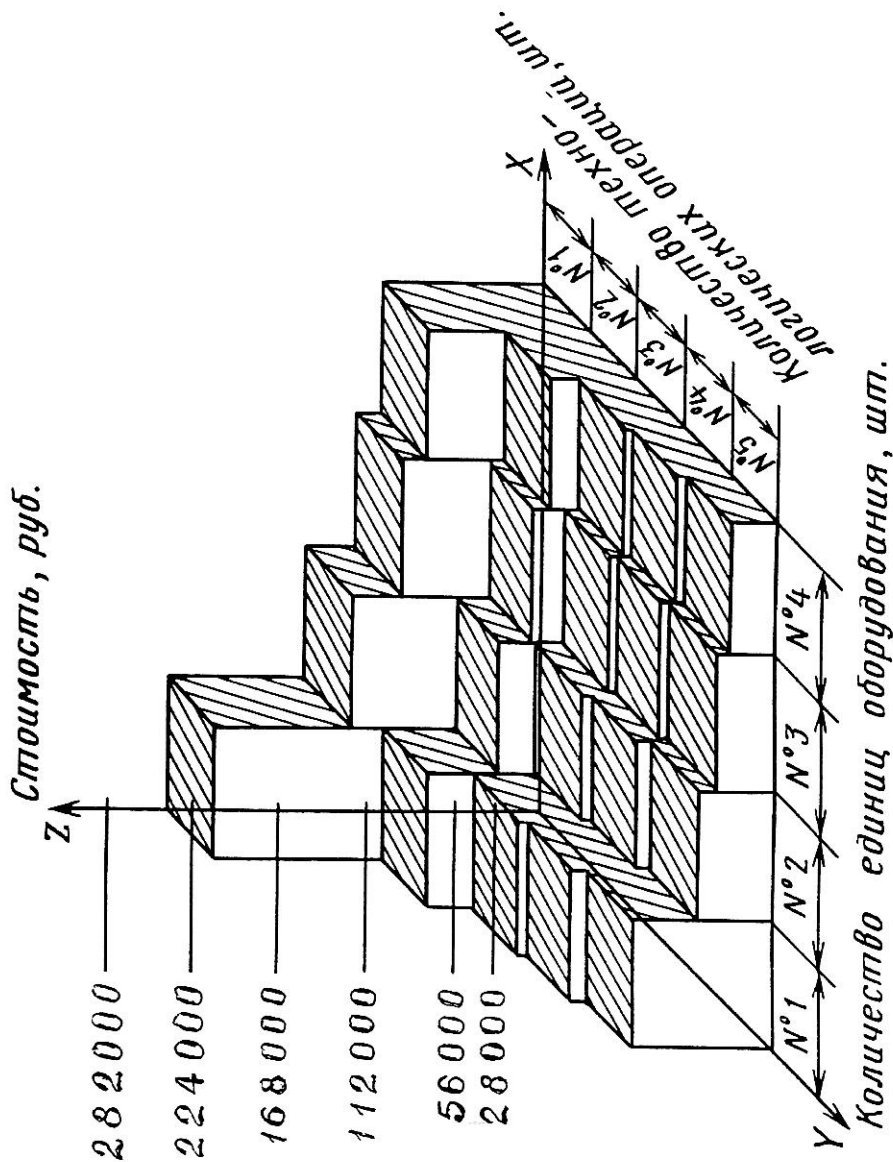


Рис. 7.1. Зависимость стоимости оснащения единицы оборудования комплектом вспомогательного инструмента от количества выполняемых технологических операций.

Для обозначения режущего инструмента используется его мнемоническое толкование. Первая цифра указывает класс инструмента: 1 - резцы; 2 - сверла; 6 - фрезы и т.д. (аналогично типажному обозначению групп станков). Следующие две цифры являются порядковым номером данного инструмента в кодировочных таблицах, обозначающим его типоразмер. Номера распределяются в соответствии с делением инструмента на типы и возрастанием его размерных характеристик. Четвертый и пятый знаки полного кода определяют геометрию заточки инструмента в зависимости от материала обрабатываемой заготовки.

Последующие семь знаков являются кодом вспомогательного инструмента, состоящего из одного или нескольких элементов. Элемент, имеющий хвостовик с конусностью 7:24 и входящей в шпиндель станка, является основным элементом в сборке. Это цанговые патроны, базисные агрегаты, оправки для торцовых фрез и т.д. Остальные элементы - сменные наладки. К ним относятся переходные втулки, оправки для насадного инструмента, резьбонарезные патроны, расточные оправки, цанги и т.д. Данная система кодирования предполагает, что число переходных элементов в сборке должно быть не более двух.

Первые две пары знаков кода вспомогательного инструмента, т.е. шестой, седьмой, восьмой и девятый знаки полного кода, обозначают два переходных элемента. Последние три знака кода обозначают вспомогательный инструмент, имеющий конический хвостовик (конусностью 7:24) и закрепляемый в шпинделе станка.

При отсутствии какой-либо составляющей сборки на соответствующем ей месте в коде ставятся нули.

Примеры обозначения:

режущий инструмент: 621110000000 - сверло быстрорежущее диаметром 16мм с коническим хвостовиком, обозначение по ГОСТ 2034-77 6201-0903;

сменная наладка: 000000600000 - втулка переходная номер чертежа 191 836 032;

базисный агрегат: 000000000055 - державка с хвостовиком 7:24 №50, диаметром 48мм, номер чертежа 191 112 050.

Таблицы кодирования заполняются отдельно для режущего и вспомогательного инструментов. По ним можно составлять коды на инструмент в сборе. Карты кодирования являются справочными таблицами.

Для проверки расчетной модели взаимосвязей точности обработки с параметрами вспомогательного инструмента (см. главу 2) осуществили расчеты наладок (рис. 7.2 и 7.3) по программе (см. приложение 1) по технологическим параметрам обработки отверстий в детали 27.036.00 (рис. 7.4). Результаты расчета (табл. 7.1 и 7.2) сравнивали с результатами обработки 10 указанных деталей (табл. 7.3)

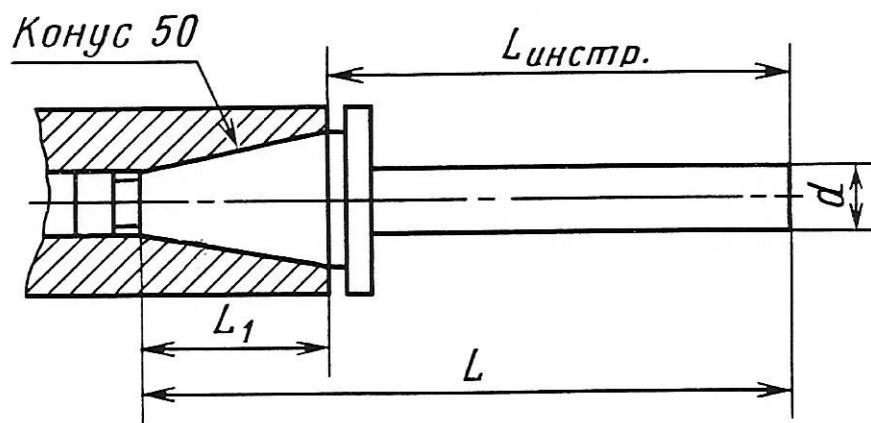


Рис. 7.2. Неразъемная расточная оправка.

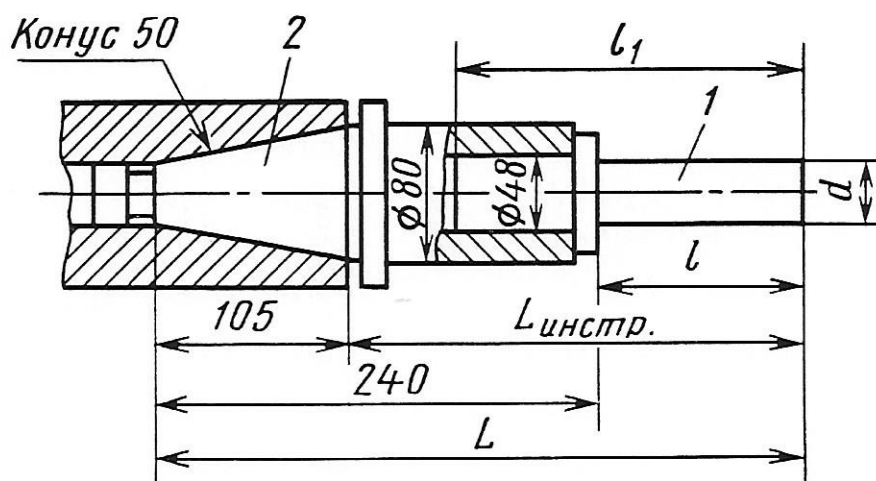


Рис. 7.3. Составная расточная оправка.

Расчетные значения точности обработки отверстий  
в корпусных деталях из серого чугуна неразъемной  
расточной оправкой (рис. 7.2).

Таблица 7.1.

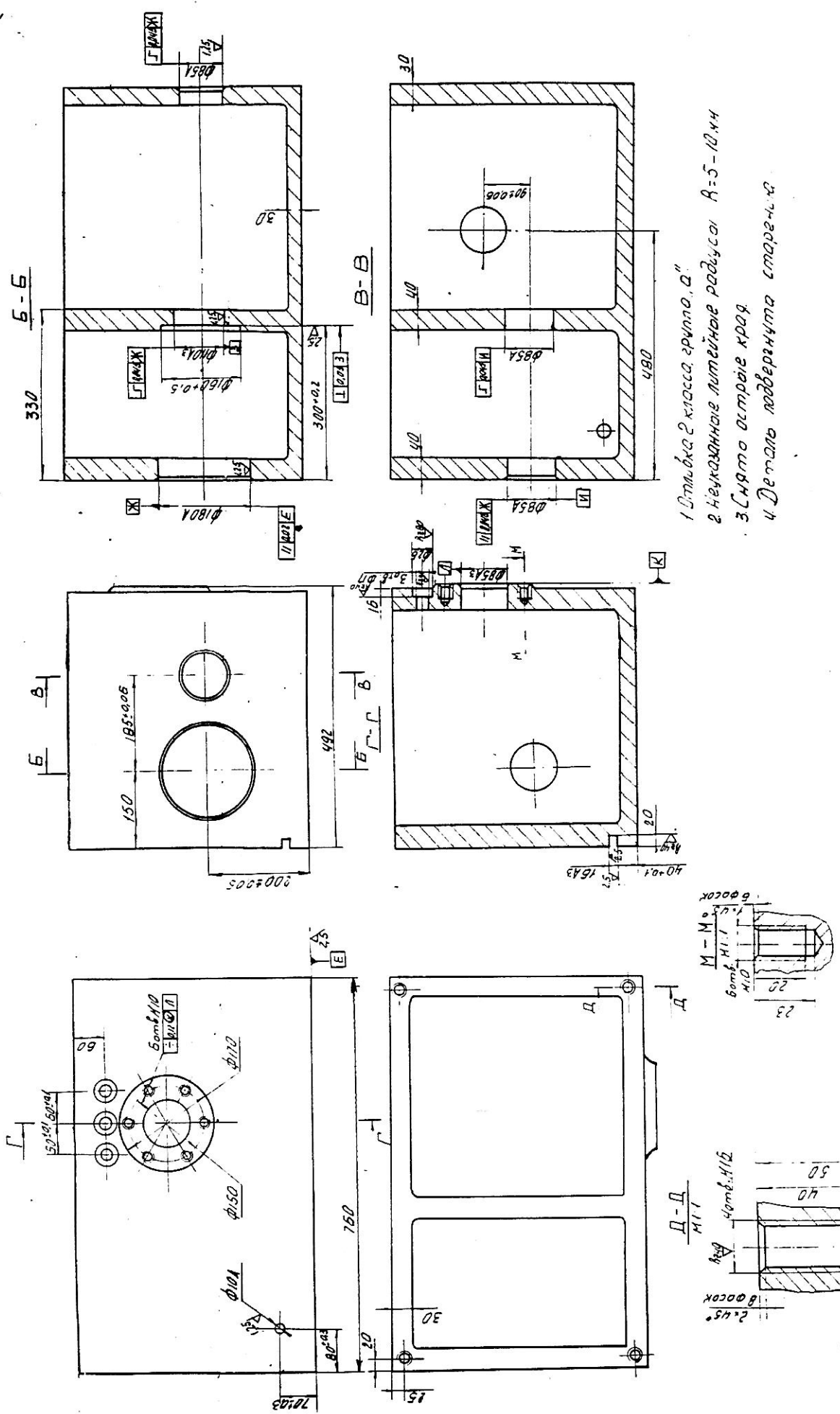
Диаметр отверстия по черте- жу, мм	Длина звена L, мм	Длина со- единит. части звена L1, мм	d, мм	Диаметр отверстия, мм	Точность конуса 50 AT4		Точность конуса 50 AT5	
					Поле рассея- ния радиусов $\Delta R_k$ , мм	Среднеквадрати- ческое отклоне- ние радиусов $\sigma_{R_k}$ , мм	Поле рассея- ния радиусов $\Delta R_k$ , мм	Среднеквадрати- ческое отклоне- ние радиусов $\sigma_{R_k}$ , мм
83,00				83,20	0,0626	0,0057	0,0713	0,0059
84,50				84,59	0,0647	0,0054	0,0675	0,0056
84,92	365	105	40	84,97	0,0584	0,0049	0,0615	0,0051
85,00				85,012	0,0585	0,0049	0,0615	0,0051
106,00				106,20	0,0745	0,0062	0,0770	0,0064
109,50	355	105	80	109,59	0,0736	0,0061	0,0760	0,0063
110,00				110,013	0,0683	0,0057	0,0709	0,0059
176,00				176,24	0,1026	0,0086	0,1045	0,0087
179,50	255	105	100	179,61	0,1024	0,0085	0,1042	0,0087
179,90				179,93	0,0987	0,0082	0,1003	0,0084
180,00				180,012	0,0986	0,0082	0,1005	0,0084

Расчет значения параметров точности обработки отверстий в корпусных деталях из серого чугуна составной расточной оправкой (рис. 7.3).

Таблица 7.2.

Длина $L$ , мм	Длина 1-го звена $l_1$ , мм	Длина со-единит. части 1-го звена	$d$ , мм	Диаметр обраб. отв., мм	Точность конуса 50 АТ4		Точность конуса 50 АТ5	
					Поле рассеяния радиусов $\Delta R_k$ , мм	Среднеквадратическое отклонение радиусов $\sigma_{R_k}$ , мм	Поле рассеяния радиусов $\Delta R_k$ , мм	Среднеквадратическое отклонение радиусов $\sigma_{R_k}$ , мм
365	299	128	40	83,20	0,2105	0,0175	0,2191	0,0183
				84,59	0,0878	0,0073	0,1017	0,0085
				84,97	0,0625	0,0052	0,0804	0,0067
355	289	128	80	85,012	0,0607	0,0050	0,0789	0,0066
				106,20	0,1749	0,0146	0,1840	0,0153
				0,9,59	0,0895	0,0074	0,1022	0,0085
				110,013	0,0712	0,0059	0,0707	0,0059

ВМ



- 1 Втулка 2 класса, зрullo, а"
- 2 Неоканованне литейное радиуси А=5-12 мм
- 3 Снято острые края
- 4 Деталь подвернута старение

Рис. 7.4. Обрабатываемая корпусная деталь 27.036.000

27.036.000	Корпус	И	И
Исполнитель	Проверен	Утвержден	Исполнитель



Параметры производственно-лабораторного процесса изготовления детали № 27.036.000 на станках МА6907МФ4 автоматизированного станочного комплекса АСК-10 управляемого от ЭВМ.

Таблица 7.3.

№ П/п	Обрабатываемая поверхность		Глубина резания t, мм	Скорость резания V, м/мин	Подача S, мм/об	Сила Резания Р, Н	Радиус при вершине резца, мм	Сечение резца ммхмм	Износ резца мкм/км	Компоновка расточного инструмента
	диаметр, мм	допуск, мкм								
1	83	+460	3	83	0,4	1120	2	16x16	-4,2	Рис. 7.3.
2	84,5	+230	0,75	84	0,4	490	2	16x16	-4,1	
3	84,92	+70	0,25	106	0,3	340	0,5	12x12	-2,6	
4	106	+460	3	69	0,5	1310	2	20x20	-4,3	
5	109,5	+230	1,75	69	0,5	920	2	20x20	-4,3	
6	110	+35	0,03	108	0,16	210	0,5	16x16	-2,7	
7	176	+530	4	71	0,5	1720	2	32x32	-4,2	
8	179,5	+260	1,75	71	0,5	920	2	32x32	-4,2	
9	179,9	+80	0,25	90	0,3	340	0,5	25x25	-2,6	
10	180	+40	0,03	90	0,15	150	0,5	25x25	-3,0	

Рис. 7.2.

Продолжение табл. 7.3.

№ П/л	Результаты измерений заготовки, промежуточных и окончательных									
	Неравномерность припуска		Номинальный размер диаметра, мм	Величина корректировки размера настройки, мкм	диаметр	Окончательные размеры обработанных отверстий (средние значения), мм		непараллельность		
	t <sub>min</sub>	t <sub>max</sub>				овальность	непараллельность			
1	2	3,23	83,240	0	83,240	0,123				
2	0,52	0,87	84,743	0	84,743	0,053	0,027			
3	0,10	0,24	85,000	0	85,000	0,012				
4	2	3,23	105,762	150	106,330	0,124				
5	1,52	1,87	108,960	100	109,725	0,064				
6	0,14	0,27	109,900	50	110,065	0,022				
7	3	4,26	176,540	0	176,540	0,143				
8	1,48	1,88	179,600	0	179,600	0,063	0,027			
9	0,07	0,24	179,980	0	179,980	0,017				
10	0,01	0,07	180,050	20	180,050	0,008				

Сравнение расчетных и производственных данных позволяет сделать следующие выводы:

- расчетные величины погрешностей размеров обработанных отверстий совпадает с экспериментальными величинами в интервале 17% для диаметров обработки до 85мм и в интервале 11% для диаметров обработки до 180мм;
- эксперименты с составными оправками для обработки отверстий диаметром 106...110мм подтвердили расчетную оценку допустимого вылета составных оправок и соответствующий вывод о целесообразности применения составных расточных оправок для обработки отверстий диаметром не более 90мм;
- данные о получении размеров отверстий 6-го качества точности только с помощью подналадки подтверждают вывод о необходимости изготавливать конусы 7:24 с точностью выше 4 степени, что особенно относится к точности изготовления шпинделей станков;
- конструкция базисных агрегатов и сменных наладок, обоснованная в настоящей работе и освоенная к централизованному серийному выпуску специализированными заводами, удовлетворяет условиям эксплуатации автоматизированного оборудования в рамках ограничений установленных данными исследованиями.

### 7.3. Экономическая эффективность внедрения результатов исследования.

Главными характеристиками разработанной системы инструмента являются следующие:

- приспособляемость к типам и типоразмерам оборудования за счет смены системы базирования и закрепления компоновок инструмента посредством замены на соответствующую конструкцию базисного агрегата с переменной конструкцией крепежной части для установки на станок и постоянной частью для установки сменных наладок;
- пополнение комплекта инструмента по мере наращивания номенклатуры обрабатываемых деталей и расширения состава (замены) оборудования осуществляется, в основном, за счет увеличения номенклатуры сменных наладок с унифицированной крепежной частью, имеющей упрощенную конструкцию, и обладающих значительно меньшей трудоемкостью и материалоемкостью, чем традиционный вспомогательный инструмент.

При внедрении системы ВИ с этими характеристиками, обеспечивается экономический эффект на заводах-изготовителях и на заводах-потребителях вспомогательного инструмента.

Применение унифицированного ВИ обеспечивает сокращение подготовительно-заключительного  $t_{п.з.}$  и вспомогательного времени  $t_v$  благодаря точной и быстрой установке инструмента на требуемый размер вне станка.

Применение сменных наладок с позволяет уменьшить до 2 раз диаметр и длину заготовок и унифицировать технологический процесс их получения. С учетом изготовления базисных агрегатов общий расход металла сокращается более чем на 50% (см. приложение 6).

Замена в комплекте традиционных конструкций вспомогательного инструмента составными позволяет увеличить средние размеры партий изделий при изготовлении с 600-700 штук до 2-3 тысяч штук, что позволяет значительно уменьшить простои технологического оборудования под переналадкой, снизить затраты вспомогательного времени, сократить количество установочных и контрольных приспособлений и в условиях специализированного производства.

Внедрение составного ВИ позволяет упростить решение сложной технической задачи по обеспечению высокого качества и изготовления и контроля конусов 7:24 степени точности АТ4 путём сокращения количества типов инструмента с конусом 7:24 с 87 до 33 типоразмеров и централизации изготовления 5 типоразмеров базисных агрегатов на одном заводе, оснащённом специализированными высокоточными станками, контрольно-измерительными приборами и приспособлениями.

Применение разработанных сменных наладок ВИ позволяет значительно упростить пополнение комплектов вспомогательного инструмента в условиях цехов машиностроительных предприятий в связи с отсутствием необходимости изготавливать прецизионные поверхности крепежных частей, взаимодействующих с устройствами станков. Оригинальные сменные наладки могут быть изготовлены дополнительно к стандартным, что исключает технически сложное изготовление конусов 7:24 в условиях инструментальных цехов. С другой стороны задача оснащения автоматизированного оборудования в ходе пополнения его состава может быть сведена к изготовлению базисных агрегатов с оригинальной крепежной частью, в то время как сменные наладки могут быть заимствованы из комплектов ВИ установленных станков, находящихся в эксплуатации.

Суммарный эффект Э от внедрения разработанной системы вспомогательного инструмента может быть оценен как сумма двух составляющих (см. главу 5):

- экономический эффект от сокращения подготовительно-заключительного и вспомогательного времени при обработке деталей, получаемый потребителем;
- экономический эффект от снижения себестоимости инструмента за счёт сокращения его номенклатуры и соответствующего повышения серийности централизованного производства и сокращения расхода металла за счет использования более рациональных заготовок при изготовлении сменных наладок на заводах, производящих вспомогательный инструмент.

В качестве расчетных условий принято:

1. База сравнения – комплект традиционного вспомогательного инструмента для обработки типовой детали на ГПЯ.
2. Представитель нового инструмента – комплект из вновь разработанной системы вспомогательного инструмента для обработки той же типовой в тех же условиях.

Выражение для расчета экономического эффекта в данных условиях имеет вид:

$$\mathcal{E}_1 = [(C_1 \alpha - C_2) + (I_1 - I_2)] A_2 \quad (7.4)$$

где  $C_1$  и  $C_2$

-цены базовой и новой систем, руб;

- $\alpha = \frac{t_2}{t_1}$  - коэффициент эквивалентности новой системы вспомогательного инструмента по отношению к базовой работоспособности;
- $I_1 = (t_1 \cdot n_1 \cdot S_{см})$  - затраты потребителя при использовании им одного комплекта базового вспомогательного инструмента в течение года (без стоимости инструмента);
- $I_2 = (t_2 \cdot n_2 \cdot S_{см})$  - затраты потребителя при использовании им одного комплекта нового вспомогательного инструмента в течение года (без стоимости инструмента);
- $t_1$  - время обработки одной типовой детали традиционным вспомогательным инструментом, мин;
- $t_2$  - время обработки одной типовой детали с применением комплекта разработанного вновь вспомогательного инструмента;
- $A$  - количество комплектов вспомогательного инструмента;
- $S_{см}$  - стоимость станкоминуты,
- $\eta$  - средневзвешенный коэффициент снижения себестоимости вспомогательного инструмента за счет повышения серийности его изготовления;
- $\mathcal{E}_2$  - экономический эффект от сокращения расхода металла при изготовлении сменных наладок систематизированного вспомогательного инструмента.

Цены базового и нового комплектов инструмента (см. табл. 7.4) :

$\mathcal{C}_1$ -35173 рублей;  $\mathcal{C}_2$ -35251 рублей.

Приведенная средняя стоимость работы современной ГПЯ типа ИС500МФ4 в течение 1 минуты

$$S_{см} = 0,38 \text{ руб/мин}$$

Обрабатываемая деталь- деталь 2636206753 станка 2636Ф2 производства ИЗТС. Время обработки  $t_1$ - 480 мин;  $t_2$ - 432 мин. Гарантированное время работы базового и нового комплектов вспомогательного инструмента 1 год при двухсменной работе оборудования  $\tau = \tau_1 = \tau_2 = 4015$  часов.

Коэффициент эквивалентности нового инструмента по отношению к базовому по работоспособности:

$$\alpha = \frac{n_2}{n_1}, \quad (7.5)$$

где  $n_2$  - количество обработанных деталей новым инструментом;  
 $n_1$  - количество обработанных деталей базовым инструментом.

$$n_2 = \frac{\tau}{t_2} = \frac{4015 \cdot 60}{432} = 557$$

$$n_1 = \frac{\tau}{t_1} = \frac{4015 \cdot 60}{480} = 501$$

$$\alpha = \frac{557}{501} = 1,11$$

Сравнительные данные традиционного комплекта и комплекта составного вспомогательного инструмента.

Таблица 7.4.

№ П/л	Наименование инструмента	Цена за штуку, руб. [32,82]		Количество штук в комплекте, штук [32]		Суммарная стоимость, руб	
		базовая	новая	базовое	новое	базовая	новая
1.	Патроны цанговые для инструмента диаметром 5-20мм (без цанг).	582	322	20	20	11640	6440
2.	Втулки переходные с конусом Морзе.	254	151	20	20	5080	3020
3.	Оправки для насадных фрез.	473	388	6	6	2838	2328
4.	Оправки расточные однолезвийные.	295	192	24	24	7080	4608
5.	Патроны резьбонарезные М6-М16 (без вставок).	480	480	10	10	4800	4800
6.	Патроны расточные.	292,5	228,5	6	6	1755	1371
7.	Оправки для насадных разверток.	165	182	12	12	1980	2184
8.	Базовые агрегаты (державки)	-	262,5	-	40	-	10500

Затраты при обработке деталей одним комплектом базового вспомогательного инструмента (без стоимости инструмента):

$$И_1 = 480 \cdot 501 \cdot 0,38 = 91382$$

Затраты при обработке деталей одним комплектом нового вспомогательного инструмента (без стоимости инструмента):

$$И_2 = 432 \cdot 501 \cdot 0,38 = 82244$$

Цена вновь разработанного комплекта вспомогательного инструмента:

$$Ц_2 = (35251 \cdot \eta - Э_2) \quad (7.6)$$

$$\eta = \frac{\sum_{i=1} n_i \eta_i}{\sum_{i=1} n_i} = \frac{40299}{46922} = 0.86$$

(см. табл. 2 приложения 6);

$$Э_2 = 1835 \text{ рублей (см. приложение 6).}$$

$$Ц_2 = (35251 \cdot 0,86 - 1835) = 28481 \text{ рубль}$$

Окончательно экономический эффект от применения вновь разработанного на базе настоящих исследований вспомогательного инструмента:

$$\begin{aligned} Э &= (Ц_1 \cdot a - Ц_2) + (И_1 - И_2) = (35173 \cdot 1,11 - 28481) + (91382 - 82244) \cdot 1 = \\ &= 19699 \text{ руб/год} \approx 20 \text{ тыс. рублей / год.} \end{aligned}$$

Промышленная эксплуатация разработанных комплектов вспомогательного инструмента для многооперационных станков с ЧПУ ИС500МФ4 Ивановского завода тяжелого станкостроения (ИЗТС) подтвердила правильность расчета эффекта, получаемого потребителем инструмента, и составила для конкретного внедрения на ИЗТС 28,0 тыс. рублей в год.

По данным Оршанского инструментального завода унификация вспомогательного инструмента на основе его систематизации, ограничение количества конструкций с конусами 7:24 и повышение серийности изготовления разработанных конструкций вспомогательного инструмента позволяют получить экономический эффект на менее 34,2 тыс. рублей в год.

Документы, подтверждающие эффективность внедрения выполненных по результатам настоящего исследования разработок, приведены в приложении 7.