



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Технология машиностроения»

**А. В. Петухов**

# **ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

## **ПРАКТИКУМ**

**по одноименной дисциплине  
для студентов специальности  
1-36 01 03 «Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»  
дневной формы обучения**

Гомель 2018

УДК 621.002(075.8)  
ББК 34.5я73  
ПЗ1

*Рекомендовано научно-методическим советом  
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 10 от 28.06.2017 г.)*

Рецензент: доц. каф. «Металлорежущие станки и инструменты» ГГТУ им. П. О. Сухого  
канд. техн. наук, доц. *А. П. Лепиш*

**Петухов, А. В.**  
ПЗ1      Технология машиностроения : практикум по одной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» днев. формы обучения / А. В. Петухов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – 133 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа : <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Приведены исходные данные для выполнения практических работ, изложен порядок их выполнения и оформления отчетов.

Для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной формы обучения.

УДК 621.002(075.8)  
ББК 34.5я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2018

## Содержание

Введение.....	6
1 Практическая работа на тему «Определение типа производства по его характеристике – коэффициенту закрепления операций».....	7
1.1 Цель работы.....	7
1.2 Порядок выполнения работы .....	7
1.3 Методика решения задачи .....	7
1.4 Исходные данные .....	10
1.5 Пример выполнения .....	11
1.6 Содержание отчета .....	14
1.7 Контрольные вопросы.....	14
2 Практическая работа на тему «Выбор формы организации технологического процесса и расчет ее основных параметров» .....	15
2.1 Цель работы.....	15
2.2 Порядок выполнения работы .....	15
2.3 Методические указания .....	15
2.4 Исходные данные .....	22
2.5 Пример выполнения .....	31
2.6 Содержание отчета .....	40
2.7 Контрольные вопросы.....	40
3 Практическая работа на тему: «Определение размера партии деталей в серийном производстве» .....	41
3.1 Цель работы.....	41
3.2 Порядок выполнения работы .....	41
3.3 Методика решения задачи .....	41
3.4 Исходные данные .....	44
3.5 Пример выполнения .....	45
3.6 Содержание отчета .....	46
3.7 Контрольные вопросы.....	46
4 Практическая работа на тему: «Расчет производственных погрешностей аналитическим методом» .....	48
4.1 Цель работы.....	48

4.2	Порядок выполнения работы	48
4.3	Методика решения задачи	48
4.4	Исходные данные	54
4.5	Пример выполнения	58
4.6	Содержание отчета	67
4.7	Контрольные вопросы	67
5	Практическая работа на тему: «Расчет точности базирования заготовки на опорах-штырях»	69
5.1	Цель работы	69
5.2	Порядок выполнения работы	69
5.3	Методика решения задачи	69
5.4	Исходные данные	73
5.5	Примеры выполнения	75
5.6	Содержание отчета	78
5.7	Контрольные вопросы	78
6	Практическая работа на тему: «Расчет параметров настройки технологических систем»	79
6.1	Цель работы	79
6.2	Порядок выполнения работы	79
6.3	Методика решения задачи	79
6.4	Исходные данные	84
6.5	Примеры выполнения	90
6.6	Содержание отчета	92
6.7	Контрольные вопросы	92
7	Практическая работа на тему: «Техническое нормирование станочных работ»	93
7.1	Цель работы	93
7.2	Порядок выполнения работы	93
7.3	Методика решения задачи	93
7.4	Исходные данные	97
7.5	Пример выполнения	98
7.6	Содержание отчета	116

7.7 Контрольные вопросы.....	118
8 Практическая работа на тему: «Расчет припусков на механическую обработку».....	119
8.1 Цель работы.....	119
8.2 Порядок выполнения работы .....	119
8.3 Методика решения задачи .....	119
8.4 Исходные данные .....	121
8.5 Пример выполнения .....	122
8.6 Содержание отчета .....	132
8.7 Контрольные вопросы.....	132
Литература .....	133

Библиотека ГГТУ им. Н.О.Сemenova

## **Введение**

Практикум составлен в соответствии с учебной программой изучения дисциплины «Технология машиностроения» студентами специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства». Он включает описание восьми практических работ, выполняемых студентами дневной формы обучения.

Варианты исходных данных для выполнения практических работ (если этот вопрос отдельно не оговорен преподавателем) определяются по номеру ФИО студента в журнале учебной группы.

Описание каждой практической работы содержит тему, цель, порядок выполнения работы, методику решения задачи, исходные данные, пример выполнения, содержание отчета и контрольные вопросы для защиты.

Студенты, используя данное руководство, должны в соответствии с графиком практических работ, размещённом на учебном портале университета, выполнить, оформить отчеты и защитить свои работы. При этом преподавателем поощряется точность выполнения расчетов, аккуратность оформления полученных результатов и своевременность защиты работ в семестре. Указанные факторы влияют на количество баллов, набираемых студентами при выполнении практических работ, в соответствии с правилами, установленными модульно-рейтинговой системой оценки знаний, умений и навыков, описание которой также приведено на учебном портале университета.

Неверно или небрежно оформленные работы не допускаются к защите. Только защитив все работы, студент получает право быть допущенным к сдаче экзамена. Окончательно этот вопрос решается при успешной защите отчетов о выполнении лабораторных работ и сдаче тестов рубежного контроля.

# **1 Практическая работа на тему «Определение типа производства по его характеристике – коэффициенту закрепления операций»**

## **1.1 Цель работы**

Приобретение практических навыков определения типа производства по его характеристике – коэффициенту закрепления операций  $K_{з.о}$ .

## **1.2 Порядок выполнения работы**

1. Внимательно изучить методику решения поставленной задачи.
2. Определить число операций  $\sum_{i=1}^{i=n} O_i$ , выполняемых на участке в течение месяца при односменной работе.
3. Определить явочное число рабочих на участке на одну смену  $\sum_{m=1}^{m=j} (\sum_{n=1}^{n=i} P_i)_j$ .
4. Рассчитать величину  $K_{з.о}$  и по его значению определить тип производства.
5. В соответствии с требованиями составить отчет о выполнении практической работы.
6. Защитить практическую работу.

## **1.3 Методика решения задачи**

Согласно ГОСТ 3.1119-83, ГОСТ 14.004-83 ЕСТД и РД 50-174-80 ЕСТПП одной из характеристик типа производства, т.е. классификационной категории производства, выделяемой по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности, объема выпуска изделий является коэффициент закрепления операций  $K_{з.о}$  [8].

$K_{з.о}$  показывает отношение числа всех различных технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению подразделением в течение месяца, к числу рабочих мест в одной смене. Таким образом,  $K_{з.о}$  характеризует число различных технологических операций, приходящихся в среднем на одно рабочее место участка за месяц. Он также характеризует среднюю частоту смены технологических операций на производственном участке. Например, если  $K_{з.о}=22$ , а количество рабочих дней в месяц 22, то ежедневно происходит смена операций на каждом рабочем месте участка. Таким образом,  $K_{з.о}$  характеризует и время непрерывной

работы по выполнению операций на всех деталях производственной партии.

Изменение времени непрерывного выполнения одной работы влияет на специализированные навыки рабочих, трудоемкость обработки и оплату труда рабочих подразделения, затраты на переналадки, периодичность в обслуживании со стороны мастера, планировщика, наладчика и оплату простоев рабочих мест в ожидании обслуживания, на затраты по планированию и учету движения продукции. Все эти величины в рублях показывают изменение элементов себестоимости выпускаемой продукции, непосредственно зависящих от размера величины  $K_{3.0}$ .

Так как величина  $K_{3.0}$  отражает частоту смены различных технологических операций и связанную с этим периодичность в первую очередь обслуживания рабочего информационными и вещественными элементами производства, то  $K_{3.0}$  оценивается применительно к явочному числу рабочих подразделения из расчета на одну смену [8]:

$$K_{3.0} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} O_{np_i}}{\sum_{i=1}^{i=n} m_{np_i}}$$

где  $\sum_{i=1}^{i=n} O_{np_i}$  – суммарное принятое количество различных операций, выполняемых на участке за один месяц;  $\sum_{i=1}^{i=n} m_{np_i}$  – суммарное принятое количество рабочих мест, на которых выполняются различные операции;  $n$  – количество механических операций в технологическом процессе, шт.

Тип производства может быть определен по *табл. 1.1*.

*Таблица 1.1*

**Зависимость типа производства от коэффициента закрепления операций**

№ п/п	Величина $K_{3.0}$	Тип производства
1	До 1 (включительно)	Массовое
2	Св. 1,0 до 10,0 (включительно)	Крупносерийное
3	Св. 10,0 до 20,0 (включительно)	Среднесерийное
4	Св. 20,0 до 40, 0 (включительно)	Мелкосерийное
5	Св. 40,0	Единичное

При учебном технологическом проектировании рекомендуется расчетное количество операций  $O_{p_i}$ , выполняемых на одном станке в течение месяца при работе в одну смену, определять по формуле



$$O_{pi} = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф_i}}$$

где  $\eta_{з.н}$  – планируемый нормативный коэффициент загрузки оборудования всеми закрепленными за ним одностипными операциями для крупно-, средне- и мелкосерийного производства. Он соответственно равен  $\eta_{з.н} = 0,75; 0,8; 0,9$  [1], [3], [6], [7], [9];  $\eta_{з.ф_i}$  – фактический расчетный коэффициент загрузки оборудования на  $i$ -й планируемой операции.

Принятое количество операций  $O_{np_i}$  определяется округлением расчетного количества операций  $O_{pi}$ , до целого числа в сторону уменьшения.

Фактический расчетный коэффициент загрузки оборудования на  $i$ -й планируемой операции  $\eta_{з.ф_i}$  определяется следующим образом:

$$\eta_{з.ф_i} = \frac{m_{pi}}{m_{np_i}}$$

где  $m_{pi}$  – расчетное число рабочих мест (число единиц технологического оборудования), шт.;  $m_{np_i}$  – принятое число рабочих мест (число единиц технологического оборудования), шт.

Расчетное количество единиц технологического оборудования,  $m_{pi}$ , шт., необходимого для выполнения  $i$ -й операции определяется по формуле:

$$m_{pi} = \frac{T_{шт.-к_i} \cdot N_m}{60 \cdot \Phi_m \cdot K_b} = \frac{T_{шт.-к_i}}{\tau \cdot K_b}$$

где  $T_{шт.-к_i}$  – штучно-калькуляционное время выполнения  $i$ -й операции, мин;  $N_m$  – месячный объем выпуска при работе в одну смену, шт.

$$N_m = \frac{N_r}{d \cdot 12}$$

где  $N_r$  – годовой объем выпуска заданной детали, шт./г.;  $d$  – количество смен работы;  $\Phi_m$  – месячный фонд работы оборудования в одну смену, ч.:

$$\Phi_m = \frac{\Phi_r}{d \cdot 12}$$

где  $\Phi_r$  – годовой фонд времени работы оборудования для современных условий Республики Беларусь, при двухсменной работе, согласно [4] составляет 4014 ч.;  $K_b$  – коэффициент выполнения норм ( $K_b=1,0-1,3$  [1], [6], [9]);  $\tau$  – такт выпуска изделий, мин/шт.:

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_M}{N_M}$$

Полученное значение расчетного числа станков  $m_{p_i}$  округляем до ближайшего большего целого числа в сторону увеличения, получая при этом расчетное принятое число станков  $m_{np_i}$  для данной операции.

Суммарное принятое количество различных операций, выполняемых на участке за один месяц, определяется по следующей формуле

$$\sum_{i=1}^{i=n} O_{np_i} = O_{np_1} + O_{np_2} + O_{np_3} + \dots + O_{np_n}$$

Суммарное принятое количество рабочих мест, на которых выполняются различные операции, определяется по следующей формуле

$$\sum_{i=1}^{i=n} m_{np_i} = m_{np_1} + m_{np_2} + m_{np_3} + \dots + m_{np_n}$$

#### 1.4 Исходные данные

Исходные данные для расчетов приведены в *табл. 1.2*.

*Таблица 1.2*

#### Исходные данные для определения типа производства

№ варианта	К-во операций	Т <sub>шт-к</sub> на операцию №, мин						N <sub>г</sub> , шт.	d кол-во смен
		1	2	3	4	5	6		
0	5	6	5	8	7	9	-	3000	2
1	5	4	7	10	11	5	-	10000	2
2	4	3	7	8	5	-	-	2000	2
3	4	5	8	9	6	-	-	8000	2
4	5	7	15	12	10	8	-	1000	2
5	5	6	7	8	5	6	-	9000	2
6	6	3	4	3	5	2	4	12000	2
7	6	6	7	7	5	6	4	2000	2
8	5	5	6	7	6	7	-	5000	2
9	5	6	8	9	6	7	-	15000	2
10	4	3	4	6	5	-	-	7000	2
11	4	5	6	7	8	-	-	1500	2
12	5	3	4	5	4	6	-	3500	2
13	5	7	6	8	5	7	-	8000	2

Продолжение таблицы 1.2

№ варианта	К-во операций	Т <sub>шт-к</sub> на операцию №, мин						N <sub>г</sub> , шт.	d кол-во смен
		1	2	3	4	5	6		
14	6	6	7	5	8	5	4	1500	2
15	6	8	9	10	7	6	9	5000	2
16	5	8	6	5	7	1	-	15000	2
17	5	9	8	6	5	1	-	6000	2
18	4	4	5	5	6	-	-	2000	2
19	4	8	10	9	7	-	-	5000	2
20	5	3	4	3	5	6	-	2500	2
21	5	6	7	5	6	4	-	7500	2
22	6	8	7	6	7	8	9	8000	2
23	6	4	5	4	6	5	7	3000	2
24	5	6	8	7	5	4	-	11000	2
25	5	9	8	7	8	10	-	1000	2

### 1.5 Пример выполнения

1. Исходные данные и результаты расчетов оформим в виде табл. 1.3.

Таблица 1.3

Ведомость расчета числа операций, закрепленных за одним рабочим местом (вариант 0)

Наименование операции	Модель оборудования	T <sub>шт.-к<sub>i</sub></sub> , мин	m <sub>p<sub>i</sub></sub> , шт.	m <sub>np<sub>i</sub></sub> , шт.	η <sub>з.φ<sub>i</sub></sub>	O <sub>p<sub>i</sub></sub> , шт.	O <sub>np<sub>i</sub></sub> , шт.
005 Операция	Модель А	6	0,058	1	0,058	13,79	13
010 Операция	Модель Б	5	0,048	1	0,048	16,67	16
015 Операция	Модель В	8	0,077	1	0,077	10,39	10
020 Операция	Модель Г	7	0,067	1	0,067	11,94	11
025 Операция	Модель Д	9	0,086	1	0,086	9,30	9
<b>Итого</b>	-			5			59

2. Определяем коэффициент загрузки станка η<sub>з.φ<sub>i</sub></sub> каждой i-й операцией:

$$\eta_{з.φ_i} = \frac{T_{шт.-к_i} \cdot N_M}{60 \cdot \Phi_M \cdot K_6}$$

где T<sub>шт.-к<sub>i</sub></sub> – штучно-калькуляционное время выполнения i-й операции, мин; N<sub>м</sub> – месячный объем выпуска при работе в одну смену, шт.

$$N_M = \frac{N_2}{d \cdot 12}$$

$$N_M = \frac{N_z}{d \cdot 12} = \frac{3000}{2 \cdot 12} = 125$$

$$N_M = 125 \text{ шт.}$$

где  $N_r$  – годовой объем выпуска заданной детали, шт./г.;  $d$  – количество смен работы;  $\Phi_M$  – месячный фонд работы оборудования в одну смену, ч.:

$$\Phi_M = \frac{\Phi_z}{d \cdot 12} = \frac{4014}{2 \cdot 12} = 167,25$$

$$\Phi_M = 167 \text{ ч.}$$

где  $\Phi_r$  – годовой фонд времени работы оборудования для современных условий Республики Беларусь, при двухсменной работе, согласно [4] составляет 4014 ч.;  $K_B$  – коэффициент выполнения норм ( $K_B=1,0-1,3$  [1], [6], [9]), примем  $K_B=1,3$ ;

$$\eta_{з.ф_{005}} = \frac{6 \cdot 125}{60 \cdot 167 \cdot 1,3} = 0,058$$

$$\eta_{з.ф_{010}} = \frac{5 \cdot 125}{60 \cdot 167 \cdot 1,3} = 0,048$$

$$\eta_{з.ф_{015}} = \frac{8 \cdot 125}{60 \cdot 167 \cdot 1,3} = 0,077$$

$$\eta_{з.ф_{020}} = \frac{7 \cdot 125}{60 \cdot 167 \cdot 1,3} = 0,067$$

$$\eta_{з.ф_{025}} = \frac{9 \cdot 125}{60 \cdot 167 \cdot 1,3} = 0,086$$

3. Задавшись нормативным коэффициентом загрузки оборудования  $\eta_{з.н}=0,8$ , т.е. сделаем предположение, что изготовление детали проходит в условиях среднесерийного производства, определяем расчетное количество операций  $O_{p_i}$ , выполняемых на одном станке в течение месяца при работе в одну смену

$$O_{p_i} = \frac{K_{з.н}}{K_{з.ф_i}}$$

При определении принятого количества операций  $O_{np_i}$ , полученные значения округляются до целого числа в сторону уменьшения.

$$O_{p_{005}} = \frac{0,8}{0,058} = 13,79 \quad O_{np_{005}} = 13$$

$$O_{p_{010}} = \frac{0,8}{0,048} = 16,67 \quad O_{np_{010}} = 16$$

$$O_{p_{015}} = \frac{0,8}{0,077} = 10,39 \quad O_{np_{015}} = 10$$

$$O_{p_{020}} = \frac{0,8}{0,067} = 11,94 \quad O_{np_{020}} = 11$$

$$O_{p_{025}} = \frac{0,8}{0,086} = 9,30 \quad O_{np_{025}} = 9$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} O_{np_i} = 13 + 16 + 10 + 11 + 9 = 59$$

3. Определяем расчетное количество единиц технологического оборудования  $P_{p_i}$ :

$$m_{p_i} = \frac{T_{шт.-к_i} \cdot N_M}{60 \cdot \Phi_M \cdot K_6}$$

При определении принятого количества единиц технологического оборудования  $P_{np_i}$ , полученные значения округляются до целого числа в сторону увеличения.

$$m_{p_{005}} = \frac{6 \cdot 125}{60 \cdot 167 \cdot 1,3} = 0,058 \quad m_{np_{005}} = 1$$

$$m_{p_{010}} = \frac{5 \cdot 125}{60 \cdot 167 \cdot 1,3} = 0,048 \quad m_{np_{010}} = 1$$

$$m_{p_{015}} = \frac{8 \cdot 125}{60 \cdot 167 \cdot 1,3} = 0,077 \quad m_{np_{015}} = 1$$

$$m_{p_{020}} = \frac{7 \cdot 125}{60 \cdot 167 \cdot 1,3} = 0,067 \quad m_{np_{020}} = 1$$

$$m_{p_{025}} = \frac{9 \cdot 125}{60 \cdot 167 \cdot 1,3} = 0,086 \quad m_{np_{025}} = 1$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} m_{np_i} = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 5$$

4. Рассчитываем величину  $K_{з.о}$  и определяем тип производства.

$$K_{з.о} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} O_{np_i}}{\sum_{i=1}^{i=n} m_{np_i}} = \frac{59}{5} = 11,8$$

Тип производства – среднесерийный, т.к.  $10 < K_{з.о} \leq 20$ . Перерасчет не требуется, т.к. найденный тип производства совпадает с предполагаемым в пункте 3.

### 1.6 Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание варианта задания.
3. Сводная таблица результатов расчета.
4. Анализ результатов.
5. Выводы.

### 1.7 Контрольные вопросы

1. Какой период времени принимается в расчет при определении  $K_{з.о}$ ?
2. Для каких условий работы (в одну или две смены) рассчитывается  $K_{з.о}$ ?
3. Как рассчитывается коэффициент загрузки станка  $\eta_3$ ?
4. Что Вы понимаете под термином «нормативный коэффициент загрузки станка» и какова его величина в данной работе?
5. Каким образом в работе определяется количество операций где  $O_{np_i}$ , выполняемых на станке в течение месяца?
6. Как определяется число операций где  $\sum_{i=1}^{i=n} O_{np_i}$ , выполняемых в течение месяца на участке?
7. По какой формуле рассчитывается  $K_{з.о}$ ?
8. При каких значениях  $K_{з.о}$  производство считается крупносерийным, среднесерийным и мелкосерийным?

## **2 Практическая работа на тему «Выбор формы организации технологического процесса и расчет ее основных параметров»**

### **2.1 Цель работы**

Приобретение и закрепление навыков проектирования технологического процесса механической обработки на этапе выбора формы организации такого процесса и расчета ее основных параметров.

### **2.2 Порядок выполнения работы**

1. Внимательно изучить методику решения поставленной задачи.

2. Путем расчета и сопоставления значений  $N_c$  и  $Q_c$  произвести выбор формы организации технологического процесса для заданного варианта условий его выполнения.

3. Для выбранной формы организации технологического процесса произвести расчет основных параметров в последовательности и по методике, описанным ниже. Если на первом этапе работы установлено, что целесообразна групповая форма организации технологического процесса, преподаватель по своему усмотрению может дополнить исходные данные информацией о дозагрузке станков за счет обработки деталей разных типоразмеров.

4. В соответствии с требованиями составить отчет о выполнении практической работы.

5. Защитить практическую работу.

### **2.3 Методические указания**

*Выбор формы организации техпроцесса*

ГОСТ 14.312-74 «Единая система технологической подготовки производства. Основные формы организации технологических процессов» устанавливает две формы организации технологических процессов: групповую и поточную.

При поточной форме за каждым рабочим местом закреплена в течение года одна операция, время выполнения операций согласовано с учетом постоянства такта выпуска, рабочие места располагаются в последовательности, строго соответствующей технологическому процессу.

При групповой форме за каждым рабочим местом закреплено в течение года несколько операций обработки деталей одного или

разных типоразмеров, время выполнения операций не согласовано между собой, запуск изделий производится партиями. Расположение оборудования при этом может быть либо в порядке обработки типовой детали, либо по видам оборудования. В последнем случае детали после обработки на одном участке, на котором установлено оборудование одного типа, поступают в промежуточную кладовую, а оттуда – на другой участок, и так до полной обработки всей партии деталей [2].

Выбор формы организации технологического процесса производится на основании сравнения заданного суточного выпуска изделий  $N_c$  и расчетной суточной производительности поточной линии при двухсменном режиме работы и ее загрузке не ниже 60% –  $Q_c$ . Если  $N_c < Q_c$ , то применение поточной формы организации технологического процесса нецелесообразно.

Рассмотрим методы расчета  $N_c$  и  $Q_c$ .

$$N_c = \frac{N}{252}$$

где  $N$  – заданный годовой объем выпуска детали; 252 – количество рабочих дней в году [4].

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{cp}} \eta_z = \frac{0,6F_c}{T_{cp}}$$

где  $F_c$  – суточный фонд времени работы оборудования, мин (при двухсменном режиме работы  $F_c = 952$  мин);  $\eta_z$  – коэффициент загрузки оборудования (принято, что  $\eta_z = 0,6$ );  $T_{cp}$  – средняя трудоемкость основных операций, мин.

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} T_{um_i}}{n}$$

где  $T_{um_i}$  – штучное время  $i$ -й основной операции, мин;  $n$  – количество основных операций.

После выбора формы организации технологического процесса следует с учетом ранее установленного типа производства (с помощью коэффициента закрепления операций  $K_{з.о}$ ) выполнить расчет основных параметров принятой формы организации технологического процесса.

Методика расчета основных параметров принятой формы организации технологического процесса сводится к следующему.

Для *поточной формы* организации технологического процесса определяют:

1. Такт производства (в минутах)



$$T_g = \frac{60F_d}{N}$$

где  $F_d$  – эффективный (действительный) годовой фонд времени работы оборудования;  $F_d = 4014$  ч для поточной линии при двухсменной работе.

2. Расчетное количество станков на данной операции

$$m_{pi} = \frac{T_{um_i}}{T_g}$$

где  $T_{um_i}$  – штучное время на  $i$ -й операции.

3. Принятое количество станков на данной операции  $m_{npi}$ .

В качестве  $m_{npi}$  принимается ближайшее к  $m_{pi}$  большее целое число. Например, если  $m_{pi}=1,2$ , то  $m_{npi}=2$ .

4. Коэффициент загрузки станка на данной операции

$$\eta_{zi} = \frac{m_{pi}}{m_{npi}}$$

5. Средний коэффициент загрузки станков в поточной линии

$$\eta_{zcp} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \eta_{zi}}{n}$$

где  $n$  – общее число операций в данном технологическом процессе. Для правильно разработанного технологического процесса  $\eta_{zcp}$  должен быть близок к нормативному значению  $\eta_{zn}$  для данного типа производства. Для массового и крупносерийного производства  $\eta_{zn}=0,65-0,75$ , для серийного  $\eta_{zn}=0,75-0,85$ , для мелкосерийного –  $\eta_{zn}=0,8-0,9$ .

6. Цикл изготовления детали

$$T_{ц} = \sum_{i=1}^{i=n} T_{um_i} \cdot K_{np}$$

где  $K_{np}$  – коэффициент, учитывающий время пролеживания деталей между операциями. Значение  $K_{np}$  зависит от организации производства, степени его механизации и автоматизации. Для поточной линии  $K_{np}=2$ , для автоматической линии  $K_{np} \leq 1,5$  [2].

7. Задел, т.е. количество деталей, находящихся в обработке и в местах для складирования на поточной линии.

Задел необходим для обеспечения непрерывной работы в течение смены всего оборудования механических и сборочных цехов и участков.

$$S = \sum_{i=1}^{i=m} p_i + \frac{K}{T_B} (T_{см} + T_3 + T_c)$$

где  $p_i$  – количество одновременно обрабатываемых деталей на данном рабочем месте;  $m$  – количество рабочих мест на поточной линии;  $K$  – коэффициент, учитывающий неточность расчета,  $K = 1,1$ ;  $T_B$  – такт производства;  $T_{см}$  – время на смену и регулирование изношенного инструмента на данном рабочем месте,  $T_{см}$  может приниматься по табл. 2.1-2.3;  $T_3$  и  $T_c$  – время, на которое поточная линия должна быть обеспечена заготовками, а сборочная линия – обработанными деталями, изготавливаемыми на данной поточной линии, мин. Для укрупненных расчетов можно принимать  $T_3 = T_c = 480$  мин.

Таблица 2.1

Время на смену режущего инструмента для токарных и сверлильных станков  $T_{см}$ , мин

Режущий инструмент	Способ закрепления инструмента на станке	Точность установки, в мм	Размер инструмента – диаметр или квадрат (мм) до			
			Ø20 10×10	Ø30 15×15	Ø50 25×25	Øсвыше 50 свыше 25×25
1	2	3	4	5	6	7
<i>Токарно-винторезные, токарные с ЧПУ, многорезцовые, токарные многошпиндельные полуавтоматы, расточные и револьверные станки</i>						
Резцы проходные, подрезные, расточные	В резцедержатель суппорта	–	1	1,3	1,5	1,7
		Свыше 0,2	1,7	2	2,5	3
		До 0,2	2,5	3,3	4	5,8
	В гнездо головки	–	2	2,5	–	–
Резцы отрезные, канавочные, фасонные	В резцедержатель суппорта	–	0,8	1,1	1,2	1,3
		Свыше 0,2	1,3	1,5	2	2
		До 0,2	1,7	2	2,3	2,3
	В гнездо головки	–	1,2	1,5		
Резцы фасонные	В резцедержатель суппорта	–	1,5	2	2,5	3
		Свыше 0,2	2	3	4	5
		До 0,2	3,5	5	6	7
	В гнездо головки	–	2,5	3,5		
Сверла, зенкеры, развертки, метчики		–	0,4	0,5	0,6	0,7

Продолжение таблицы 2.1

Режущий инструмент	Способ закрепления инструмента на станке	Точность установки, в мм	Размер инструмента – диаметр или квадрат (мм) до			
			Ø20 10×10	Ø30 15×15	Ø50 25×25	Øсвыше 50 свыше 25×25
1	2	3	4	5	6	7
<i>Сверлильные одношпиндельные, многошпиндельные полуавтоматы и автоматы</i>						
Комбинированные сверла, зенкеры, развертки	В конус шпинделя	–	0,3	0,35	0,4	0,5
	В конус шпинделя с переходной втулкой	–	0,5	0,55	0,6	0,65
	В кулачковый патрон	–	0,5	0,6		
Комбинированные сверла, зенкеры, развертки					0,8	1

Таблица 2.2

Время на смену режущего инструмента на фрезерных универсальных одношпиндельных, фрезерных с ЧПУ, многошпиндельных и автоматах  $T_{см}$ , мин

Фрезы	Количество фрез в наладке	Диаметр фрезы (мм) до							
		50	80	100	160	200	320	400	500
Торцевые	1	1,5	1,9	2,2	2,8	3,1	4	4,5	5
	2	2,5	3,2	3,7	4,8	5,3	6,8	7,6	8,5
	3	3,5	4,5	5,2	6,7	7,5	9,6	10,7	12
	4	4,5	5,8	6,7	8,6	9,7	12,4	13,8	15,5
Концевые	1	1,8	2						
	2	2,7	3						
Набор фрез с оправкой	–	3	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	
Цилиндрические	1	2	2,8	3,6	4,4	5,2			
	2	2,5	3,3	4,1	4,9				
	3	3	3,8	4,6	5,4				
	4	3,	4,3	5,1	5,9				
Дисковые пазовые отрезные	1	2	3	4	5	6	7		
	2	2,6	3,6	4,6	5,6	6,6	7,6		
	4	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8		
	6	5	6	7	8	9	10		

Таблица 2.3

Время на одну правку шлифовального круга  $T_{п}$ , мин

Правка	Правящий инструмент	Поверхность правки	Ширина круга или радиус	Шероховатость поверхности Ra (мкм) до	
				0,63	0,32
1	2	3	4	5	6
<i>Круглошлифовальные станки</i>					
С установкой правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш, твердосплавные диски и ролики	Периферия круга	40	1,8	2
			60	2	2,3
			80	2,3	2,6
		Торец	До 10	1,5	1,6
Без установки правящего инструмента на станке	Шлифовальный круг, гофрированные шарошки	Периферия круга	40	1,6	1,9
			60	1,8	2,2
			80	2,1	2,5
		Торец	До 10	1,1	1,2
<i>Внутришлифовальные станки (диаметр круга до 150 мм)</i>					
Без установки правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш	Периферия круга	До 20	0,9	1
			30	1	1,1
			40	1,1	1,2
			60	1,2	1,3
	Твердосплавные диски и ролики	Периферия круга	До 20	1,2	1,3
			30	1,4	1,5
			40	1,5	1,7
			60	1,8	2,1
<i>Плоскошлифовальные станки, работающие периферией круга</i>					
С установкой правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш, твердосплавные ролики, шлифовальный круг, шарошка	Периферия круга	До 20	1,2	1,4
			40	1,4	1,6
			60	1,7	1,9
	Торец	До 10	Свыше 10	1,3	1,4
			Свыше 10	1,1	1,2

Для групповой формы организации технологического процесса определяют:

1. Количество деталей в партии для одновременного запуска в производство. При укрупненном расчете  $n$  определяется по формуле

$$n = \frac{N \cdot \alpha}{252}$$

где  $\alpha$  – периодичность запуска в днях, может принимать значения: 1; 2,5; 5, 11, 22, 66, в данной задаче рекомендуются использовать  $\alpha=5$ .

2. Расчетное число смен на обработку всей партии деталей на основных рабочих местах

$$C = \frac{T_{ум-к.ср} \cdot n}{476 \cdot 0,8}$$

где 476 – действительный фонд времени работы оборудования в смену, мин; 0,8 – нормативный коэффициент загрузки станков в серийном производстве. Значение  $C$  округляется до принятого целого числа  $C_{пр}$ .

3. Количество деталей в партии, необходимых для загрузки оборудования на основных операциях в течение целого числа смен:

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,8 C_{пр}}{T_{ум-к.ср}}$$

4. Расчетное количество станков данного типа

$$m_{рj} = \frac{\sum_{i=1}^{i=r} N_i T_{ум-кi}}{60 F_{д} \cdot K_{в}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=r} N_i T_{умi} K_{н.3i}}{60 F_{д} \cdot K_{в}}$$

где  $r$  – количество типоразмеров деталей, обрабатываемых на данном станке;  $N_i$  – число деталей  $i$ -го типоразмера, обрабатываемых на данном станке в течение года;  $T_{ум-кi}$  – штучно-калькуляционное время обработки на данном станке одной детали  $i$ -го типоразмера;  $F_{д}$  – действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования, ч;  $K_{в}$  – коэффициент выполнения норм времени, он может быть принят для укрупненных расчетов равным  $K_{в}=1,3$ ;  $K_{н.3i}$  – коэффициент, учитывающий долю затрат подготовительно-заключительного времени, при укрупненных расчетах можно принять  $K_{н.3i} = 1,05$ .

5. Коэффициент загрузки станка данного типа

$$\eta_{зj} = \frac{\sum_{i=1}^{i=r} N_i T_{умi} K_{н.3i}}{60 F_{д} \cdot K_{в} \cdot m_{рj}}$$

где  $m_{рj}$  – принятое количество станков данного типа.

6. Средний коэффициент загрузки станков участка для групповой обработки

$$\eta_{зср} = \frac{\sum_{j=1}^{j=L} \eta_{зj}}{L}$$

где  $L$  – общее число станков на участке.

7. Количество деталей разных типоразмеров, но близких по конструктивно-технологическим признакам к рассматриваемой,

которые можно обработать на станках участка для групповой обработки:

$$r = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ср_i}}$$

Этот параметр необходимо определить, если расчет  $m_p$ ,  $\eta_3$ ,  $\eta_{ср}$  велся для детали одного типоразмера.

#### 8. Производственный цикл изготовления детали

$$T_u = T_{\Sigma} n_{np} + T_{np} K + T_T (2K + 1)$$

где  $T_{\Sigma}$  – суммарная трудоемкость изготовления детали, мин;  $T_{np}$  – время одного пролеживания детали в кладовой, в среднем  $T_{np} = 900$  мин;  $K$  – количество завозов деталей в промежуточные кладовые,  $K = n - 1$ , где  $n$  – число операций обработки детали;  $T_T$  – длительность одного транспортирования партии деталей от станков в кладовую и обратно, в среднем  $T_T = 30$  мин;  $(2K + 1)$  – количество транспортирований деталей с учетом транспортирования на сборку.

#### 9. Необходимый задел деталей

$$S = T_u \cdot N_c$$

где  $T_u$  – производственный цикл изготовления деталей в днях;  $N_c$  – суточный выпуск деталей. При двухсменном режиме работы и 8-часовом рабочем дне  $T_u = T_u / 960$  (дней).

### 2.4 Исходные данные

Исходные данные для расчетов приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

#### Варианты заданий

№ вар-та	Наименование детали	Годовой выпуск, шт.	Наименования операций и основные условия их выполнения				Тшт
			Операция	Станок	Инструмент	Примечания	
1	Вал	1 вар.-150 2 вар.-5000	05 Токарно-винторезная	16K20	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	4,1 мин
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
			10 Токарная с ЧПУ	16A20Ф3	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	5,5 мин
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец расточн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
		15 Токарная с ЧПУ	16A20Ф3	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	6,7 мин	
				Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм		
				Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм		
		20 Комплексная	ГДС 500 (ВОЦ)	Фреза торцевая	∅320 мм	3,7 мин	
				Фреза торцевая	∅100 мм		
				Фреза торцевая	∅50 мм		
25 Вертикально-сверлильная	2Н150	Сверло ∅20	В конус шпинделя с переходн. втулк.	4,5 мин			
		Сверло ∅30	В конус шпинделя с переходн. втулк.				

Продолжение таблицы 2.4

№ вар-та	Наименование детали	Годовой выпуск, шт.	Наименования операций и основные условия их выполнения						
			Операция	Станок	Инструмент	Примечания	Тшт		
1	Вал	1 вар.-150 2 вар.-5000	30 Кругло-шлифовальная	3М151	Шлифовальный круг шириной 40 мм	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	6,7 мин		
2	Вал	1 вар.-100 2 вар.-3000	05 Фрезерно-центровальная	MP-71M	Сверло Ø20	В гнездо головки	2,2 мин		
					Фреза торцевая	Ø100 мм			
			10 Токарная с ЧПУ	16А20Ф3	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	6,7 мин		
					Резец подрезн. 25×25			В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец канавочн. 25×25				В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм
					Резец расточн. 25×25				
			15 Токарная с ЧПУ	16А20Ф3	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	5,7 мин		
					Резец подрезн. 25×25			В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец расточн. 25×25				В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм
			20 Радиально-сверлильная	2К52	Сверло Ø5,5	В кулачковый патрон	7,2 мин		
					Сверло Ø15	В конус шпинделя с переходной втулкой			
					Сверло Ø19	В конус шпинделя с переходной втулкой			
Зенкер Ø6	В кулачковый патрон								
Зенкер Ø20	В конус шпинделя с переходной втулкой								
30 Кругло-шлифовальная	3М151	Шлифовальный круг шириной 40 мм, Ra0,32	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	3,5 мин					
3	Зубчатое колесо	1 вар.-150 2 вар.-5000	05 Автоматная токарная	1Б290Н-6К	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	3,1 мин		
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм			
					Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм			
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм			
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм			
					Резец расточн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм			
			10 Автоматная токарная	1Н713	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	2,5 мин		
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм			
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм			
					Резец расточн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм			
			15 Токарно-винторезная	16К20	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	5,1 мин		
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм			
			20 Внутришлифовальная	3К225В	Шлифовальный круг шириной 60 мм, Ra0,32	Без установки прав. инструмента на станке, периферией круга	4,2 мин		
			25 Зубофрезерная	5В312	Набор фрез с оправкой	Ø50 мм	37,18 мин		

Продолжение таблицы 2.4

№ вар-та	Наименование детали	Годовой выпуск, шт.	Наименования операций и основные условия их выполнения				
			Операция	Станок	Инструмент	Примечания	Тшт
4	Кольцо	1 вар.-200 2 вар.-5000	05 Автоматная токарная	1Н713	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	2,2 мин
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец проходн. 15×15	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец подрезн. 15×15	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
			10 Токарная с ЧПУ	16А20Ф3	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	5,7 мин
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
15 Внутришлифовальная	3К225В	Шлифовальный круг шириной 40 мм, Ra0,63	Без установки прав. инструмента на станке, периферией круга	1,7 мин			
30 Кругло-шлифовальная	3М151	Шлифовальный круг шириной 40 мм, Ra0,32	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	2,1 мин			
5	Кронштейн	1 вар.-100 2 вар.-5000	05 Вертикально- фрезерная	FSS 350 MR	Фреза торцевая Ø100 мм	6,7 мин	
					Фреза торцевая Ø200 мм		
					Фреза концевая Ø10 мм		
					Фреза концевая Ø20 мм		
			10 Горизонтально- фрезерная	6Р82Г	Фреза дисковая Ø40 мм	2,3 мин	
					Фреза дисковая Ø80 мм		
					Фреза дисковая Ø100 мм		
			15 Радиально-сверлильная	2М55	Сверло Ø6	В кулачковый патрон	3,4 мин
					Сверло Ø12	В конус шпинделя с переходной втулкой	
					Сверло Ø20	В конус шпинделя с переходной втулкой	
Сверло Ø55	В конус шпинделя						
20 Плоскошлифовальная	3К722	Шлифовальный круг шириной 60 мм, Ra0,63	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	8,5 мин			
6	Вилка	1 вар.-100 2 вар.-1000	05 Горизонтально- фрезерная	6Р80	Фреза цилиндрическая Ø80 мм	2,3 мин	
					Фреза цилиндрическая Ø100 мм		
					Фреза дисковая Ø50 мм		
					Фреза дисковая Ø120 мм		
			10 Вертикально- сверлильная	2Н135	Сверло Ø7,5	В кулачковый патрон	4,7 мин
					Сверло Ø12	В конус шпинделя с переходной втулкой	
					Сверло Ø35	В конус шпинделя	
					Зенкер Ø7,8	В кулачковый патрон	
					Развертка Ø8	В кулачковый патрон	
			15 Вертикально-фрезерная	6Р11	Фреза торцевая Ø160 мм	9,1 мин	
					Фреза концевая Ø20 мм		
					Фреза концевая Ø80 мм		
20 Плоскошлифовальная	3701	Шлифовальный круг шириной 40 мм, Ra0,63	Без установки твердосплавного диски, на станке, периферией круга	3,5 мин			
7	Рычаг	1 вар.-150 2 вар.-5000	05 Вертикально-фрезерная	FSS 450 MR	Фреза торцевая Ø120 мм	5,9 мин	
			10 Вертикально-фрезерная	FSS 350 MR	Фреза концевая Ø80 мм	2,1 мин	



Продолжение таблицы 2.4

№ вар-та	Наименование детали	Годовой выпуск, шт.	Наименования операций и основные условия их выполнения				
			Операция	Станок	Инструмент	Примечания	Тшт
7	Рычаг	1 вар.-150 2 вар.-5000	15 Радиально-сверлильная	2Л53У	Сверло 45,5	В кулачковый патрон	6,5 мин
					Сверло Ø19	В конус шпинделя с переходной втулкой	
					Сверло Ø35	В конус шпинделя	
					Зенкер Ø19,5	В кулачковый патрон	
					Развертка Ø20	В конус шпинделя с переходной втулкой	
		20 Фрезерная с ЧПУ	ГДС 500		Фреза торцевая Ø100 мм	7,5 мин	
					Фреза торцевая Ø160 мм		
					Фреза торцевая Ø200 мм		
					Фреза торцевая Ø320 мм		
					Фреза концевая Ø50 мм		
					Фреза концевая Ø80 мм		
		25 Вертикально-сверлильная	2Н150		Сверло Ø19	В конус шпинделя с переходной втулкой	4,9 мин
					Сверло Ø30	В конус шпинделя с переходной втулкой	
					Сверло Ø50	В конус шпинделя	
					Зенкер Ø19,8	В конус шпинделя с переходной втулкой	
Развертка Ø20	В конус шпинделя с переходной втулкой						
30 Вертикально-сверлильная	2Н135		Сверло Ø14,5	В конус шпинделя с переходной втулкой	4,1 мин		
			Зенкер Ø14,8	В конус шпинделя с переходной втулкой			
			Развертка Ø15	В конус шпинделя с переходной втулкой			
8	Звёздочка	1 вар.-100 2 вар.-3000	05 Токарно-револьверная	1371	Резец проходн. 40×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	3,7 мин
					Резец подрезн. 40×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец канавочн. 40×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец расточн. 40×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
		10 Вертикально-сверлильная	2Н135	Сверло Ø16	В конус шпинделя с переходной втулкой	4,5 мин	
		15 Зубофрезерная	5К328А	Набор фрез с оправкой	Ø100 мм	10,1 мин	
		20 Круглошлифовальная	3М151	Шлифовальный круг шириной 80 мм, Ra0,32	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	6,5 мин	
9	Зубчатое колесо	1 вар.-150 2 вар.-5000	05 Автоматная токарная	1Б265Н-8К	Резец проходн. 40×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	3,1 мин
					Резец подрезн. 40×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец проходн. 40×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец подрезн. 40×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец канавочн. 40×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец расточн. 40×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
		10 Автоматная токарная	1Б284	Резец проходн. 10×10	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	2,5 мин	
				Резец подрезн. 15×15	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм		
				Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм		
				Резец подрезн. 40×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм		
				Резец канавочн. 40×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм		

Продолжение таблицы 2.4

№ вар-та	Наименование детали	Годовой выпуск, шт.	Наименования операций и основные условия их выполнения							
			Операция	Станок	Инструмент	Примечания	Тшт			
9	Зубчатое колесо	1 вар.-150 2 вар.-5000	15 Токарная с ЧПУ	16А20Ф3	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	7,5 мин			
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм				
					Резец расточн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм				
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм				
			20 Зубофрезерная	5М310	Набор фрез с оправкой	∅40 мм	45,7 мин			
			25 Внутршлифовальная	3К225В	Шлифовальный круг шириной 40 мм, Ra0,32	Без установки прав. инструмента на станке, периферией круга	4,2 мин			
30 Круглошлифовальная	3М153Т	Шлифовальный круг шириной 60 мм, Ra0,63	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	3,1 мин						
10	Кольцо	1 вар.-200 2 вар.-5000	05 Токарно-винторезная	16К20	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	2,2 мин			
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм				
			10 Токарная с ЧПУ	16А20Ф3	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	1,9 мин			
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм				
			15 Бесцентрово- шлифовальная	3М184	Шлифовальный круг шириной 100 мм, Ra0,32	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	1,7 мин			
			20 Внутршлифовальная	3К227В	Шлифовальный круг шириной 40 мм, Ra0,32	Без установки прав. инструмента на станке, периферией круга	4,2 мин			
			11	Серьга	1 вар.-100 2 вар.-5000	05 Горизонтально- фрезерная	Орша Ф32Гх31	Фреза цилиндрическая	∅80 мм	12,1 мин
								Фреза цилиндрическая	∅160 мм	
Фреза дисковая	∅100 мм									
Фреза дисковая	∅200 мм									
10 Вертикально-фрезерная	Орша Ф32Гх31	Фреза торцевая				∅100 мм	3,2 мин			
		Фреза концевая				∅20 мм				
		Фреза концевая				∅80 мм				
15 Вертикально- сверлильная	2Н135	Сверло ∅8,5				В кулачковый патрон	4,5 мин			
		Сверло ∅12				В конус шпинделя с переходной втулкой				
		Сверло ∅35				В конус шпинделя				
		Зенкер ∅8,8				В кулачковый патрон				
20 Внутршлифовальная	3К227В	Шлифовальный круг шириной 40 мм, Ra0,32				Без установки прав. инструмента на ст., перифер. круга	4,2 мин			
12	Шатун	1 вар.-100 2 вар.-1000	05 Горизонтально- фрезерная	Орша Ф32Ух31	Фреза цилиндрическая	∅50 мм	2,3 мин			
					Фреза цилиндрическая	∅100 мм				
					Фреза дисковая	∅80 мм				
					Фреза дисковая	∅160 мм				
			10 Вертикально- сверлильная	2Н125	Сверло ∅10	В кулачковый патрон	4,7 мин			
					Сверло ∅14,5	В конус шпинделя с переходной втулкой				
					Зенкер ∅14,8	В конус шпинделя с переходной втулкой				
					Развертка ∅15	В конус шпинделя с переходной втулкой				

Продолжение таблицы 2.4

№ вар-та	Наименование детали	Годовой выпуск, шт.	Наименования операций и основные условия их выполнения							
			Операция	Станок	Инструмент	Примечания	Тшт			
12	Шатун	1 вар.-100 2 вар.-1000	15 Вертикально-фрезерная	6550	Фреза торцевая	Ø100 мм	1,9 мин			
					Фреза торцевая	Ø200 мм				
					Фреза концевая	Ø50 мм				
					Фреза концевая	Ø80 мм				
13	Держатель	1 вар.-150 2 вар.-5000	05 Автоматная токарная	1Б290Н-6К	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	4,8 мин			
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм				
					Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм				
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм				
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм				
					Резец расточн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм				
			25 Вертикально-сверлильная	2Н150	Сверло Ø9	В конус шпинделя с переходной втулкой	6,93 мин			
					Сверло Ø30	В конус шпинделя с переходной втулкой				
					Сверло Ø50	В конус шпинделя				
					Зенкер Ø9,8	В конус шпинделя с переходной втулкой				
					Развертка Ø10	В конус шпинделя с переходной втулкой				
			20 Плоскошлифовальная	3К722	Шлифовальный круг шириной 60 мм, Ra0,63	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	8,3 мин			
			14	Заглушка	1 вар.-100 2 вар.-3000	05 Токарно-винторезная	ГС526У	Резец проходн. 15×15	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	4,8 мин
								Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм									
10 Радиально-сверлильная	2М55	Сверло Ø6				В кулачковый патрон	0,64 мин			
		Сверло Ø12				В конус шпинделя с переходной втулкой				
		Сверло Ø55				В конус шпинделя				
15 Фрезерная с ЧПУ	ГДС 500	Фреза торцевая				Ø100 мм	13,52 мин			
		Фреза торцевая				Ø160 мм				
20 Внутришлифовальная	3К227В	Шлифовальный круг шириной 60 мм, Ra0,32				Без установки прав. инструмента на ст., перифер. круга	1,88 мин			
15	Затвор	1 вар.-150 2 вар.-5000				05 Вертикально-фрезерная	FSS 450 MR	Фреза торцевая	Ø80 мм	9,3 мин
			Фреза торцевая	Ø200 мм						
			Фреза концевая	Ø60 мм						
			Фреза концевая	Ø70 мм						
			10 Вертикально-сверлильная	2Н135	Сверло Ø6,5	В кулачковый патрон	5,3 мин			
					Сверло Ø15	В конус шпинделя с переходной втулкой				
					Сверло Ø35	В конус шпинделя				
					Зенкер Ø6,8	В кулачковый патрон				
					Развертка Ø7	В кулачковый патрон				
			15 Плоскошлифовальная	3К722	Шлифовальный круг шириной 80 мм, Ra0,63	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	5,5 мин			
20 Внутришлифовальная	3К225В	Шлифовальный круг шириной 20 мм, Ra0,63	Без установки прав. инструмента на станке, периферией круга	1,12 мин						

Продолжение таблицы 2.4

№ вар-та	Наименование детали	Годовой выпуск, шт.	Наименования операций и основные условия их выполнения				
			Операция	Станок	Инструмент	Примечания	Тшт
16	Захват	1 вар.-200 2 вар.-5000	05 Токарно-винторезная	16P25П	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	8,4 мин
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец отрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
			10 Радиально-сверлильная	2Л53У	Сверло Ø8	В кулачковый патрон	5,8 мин
					Сверло Ø15	В конус шпинделя с переходной втулкой	
					Сверло Ø35	В конус шпинделя	
					Сверло Ø22	В конус шпинделя с переходной втулкой	
			15 Внутришлифовальная	3К228А	Шлифовальный круг шириной 30 мм, Ra0,63	Без установки прав. инструмента на станке, периферией круга	2,2 мин
			20 Плоскошлифовальная	ОШ-642	Шлифовальный круг шириной 60 мм, Ra0,63	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	8,5 мин
17	Катушка	1 вар.-100 2 вар.-5000	05 Автоматная токарная	1Б265Н- 6К	Резец проходн. 20×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	4,4 мин
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец расточн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
			10 Автоматная токарная	СМ 1734	Резец проходн. 15×15	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	3,5 мин
					Резец подрезн. 20×20	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец подрезн. 40×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец канавочн. 40×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
			15 Вертикально-фрезерная	FSS 450 MR	Фреза торцевая Ø80 мм	Ø80 мм	9,3 мин
					Фреза торцевая Ø200 мм	Ø200 мм	
					Фреза концевая Ø60 мм	Ø60 мм	
					Фреза концевая Ø70 мм	Ø70 мм	
20 Внутришлифовальная	3К225В	Шлифовальный круг шириной 30 мм, Ra0,32	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	3,5 мин			
25 Плоскошлифовальная	3К722	Шлифовальный круг шириной 60 мм, Ra0,32	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	4,5 мин			
30 Круглошлифовальная	3М153Т	Шлифовальный круг шириной 80 мм, Ra0,32	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	2,5 мин			
18	Клапан	1 вар.-100 2 вар.-1000	05 Токарная с ЧПУ	16ГС25Ф3	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	5,34 мин
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
			10 Токарная с ЧПУ	СБ5540	Резец проходн. 15×15	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	2,75 мин
					Резец подрезн. 10×10	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	

Продолжение таблицы 2.4

№ вар-та	Наименование детали	Годовой выпуск, шт.	Наименования операций и основные условия их выполнения				
			Операция	Станок	Инструмент	Примечания	Тшт
18	Клапан	1 вар.-100 2 вар.-1000	15 Токарная с ЧПУ	СБ7001	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	3,56 мин
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
			20 Токарная с ЧПУ	КА-280Ф3	Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	4,22 мин
					Резец проходн. 15×15	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец подрезн. 10×10	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
			25 Горизонтально-фрезерная	Орша Ф32Ух31	Фреза цилиндрическая	∅50 мм	8,67 мин
					Фреза цилиндрическая	∅100 мм	
					Фреза дисковая	∅80 мм	
					Фреза дисковая	∅160 мм	
			19	Колодка	1 вар.-150 2 вар.-5000	05 Горизонтально-фрезерная	6P82Г
Фреза дисковая	∅100 мм						
10 Вертикально-фрезерная	FSS 350 MR	Фреза торцевая				∅100 мм	4,5 мин
		Фреза торцевая				∅200 мм	
		Фреза концевая				∅10 мм	
15 Радиально-сверлильная	2Л53У	Сверло 4,5				В кулачковый патрон	6,5 мин
		Сверло ∅19				В конус шпинделя с переходной втулкой	
		Сверло ∅35				В конус шпинделя	
		Зенкер ∅19,5				В кулачковый патрон	
20 Внутришлифовальная	3К225В	Шлифовальный круг шириной 60 мм, Ra0,32				Без установки прав. инструмента на станке, периферией круга	4,8 мин
		25 Плоскошлифовальная	3К722	Шлифовальный круг шириной 60 мм, Ra0,63	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	9,6 мин	
20	Колпак	1 вар.-100 2 вар.-3000	05 Автоматная токарная	1Б290Н- 6К	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	3,4 мин
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. выше 0,2 мм	
					Резец расточн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
			10 Автоматная токарная	1Н713	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	2,5 мин
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
			15 Радиально-сверлильная	2М55	Сверло ∅6	В кулачковый патрон	2,5 мин
					Сверло ∅20	В конус шпинделя с переходной втулкой	
20 Внутришлифовальная	3К227В	Шлифовальный круг шириной 40 мм, Ra0,32	Без установки прав. инструмента на ст., перифер. круга	5,5 мин			
25 Плоскошлифовальная	3К722	Шлифовальный круг шириной 60 мм, Ra0,63	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	2,5 мин			
30 Круглошлифовальная	3М153Т	Шлифовальный круг шириной 60 мм, Ra0,63	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	3,5 мин			

Продолжение таблицы 2.4

№ вар-та	Наименование детали	Годовой выпуск, шт.	Наименования операций и основные условия их выполнения				
			Операция	Станок	Инструмент	Примечания	Тшт
21	Корпус	1 вар.-100 2 вар.-5000	05 Вертикально-фрезерная	FSS 350 MR	Фреза торцевая	Ø110 мм	19,3 мин
					Фреза торцевая	Ø190 мм	
					Фреза концевая	Ø10 мм	
					Фреза концевая	Ø20 мм	
			10 Вертикально-фрезерная	6550	Фреза торцевая	Ø100 мм	18,6 мин
					Фреза торцевая	Ø200 мм	
					Фреза концевая	Ø50 мм	
					Фреза концевая	Ø80 мм	
			15 Вертикально-фрезерная	ГДС 500	Фреза торцевая	Ø70 мм	15,5 мин
					Фреза торцевая	Ø190 мм	
					Фреза концевая	Ø40 мм	
			20 Вертикально-сверлильная	2Н150	Сверло Ø10	В кулачковый патрон	7,3 мин
Сверло Ø14,5	В конус шпинделя с переходной втулкой						
25 Плоскошлифовальная	ЗД732	Шлифовальный круг шириной 80 мм, Ra0,63	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	6,5 мин			
30 Плоскошлифовальная	ЗК722	Шлифовальный круг шириной 60 мм, Ra0,63	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	2,2 мин			
22	Крестовина	1 вар.-100 2 вар.-1000	05 Горизонтально-фрезерная	6Р82Г	Фреза цилиндрическая	Ø90 мм	3,2 мин
					Фреза цилиндрическая	Ø150 мм	
					Фреза дисковая	Ø110 мм	
					Фреза дисковая	Ø180 мм	
			10 Вертикально-сверлильная	2Н150	Сверло Ø30	В конус шпинделя с переходной втулкой	7,3 мин
					Сверло Ø50	В конус шпинделя	
			15 Вертикально-фрезерная	6Р10	Фреза торцевая	Ø10 мм	2,7 мин
Фреза торцевая	Ø150 мм						
20 Плоскошлифовальная	ЗД754Л	Шлифовальный круг шириной 20 мм, Ra0,63	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	9,15 мин			
23	Крышка	1 вар.-150 2 вар.-5000	05 Токарно-винторезная	1А64	Резец проходн. 15×15	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	8,8 мин
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец проходн. 15×15	В резцедержат.с точн. свыше 0,2 мм	
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. свыше 0,2 мм	
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. свыше 0,2 мм	
			10 Радиально-сверлильная	2М55	Сверло Ø4	В кулачковый патрон	2,76 мин
					Сверло Ø11	В конус шпинделя с переходной втулкой	
					Сверло Ø25	В конус шпинделя с переходной втулкой	
					Сверло Ø55	В конус шпинделя	
			15 Фрезерная с ЧПУ	BYVER 630	Фреза торцевая	Ø110 мм	11,2 мин
					Фреза торцевая	Ø190 мм	
					Фреза концевая	Ø20 мм	
20 Плоскошлифовальная с ЧПУ	ОШ-620.Ф3	Шлифовальный круг шириной 63 мм, Ra0,32	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	4,5 мин			
24	Кулачок	1 вар.-100 2 вар.-3000	05 Горизонтально-фрезерная	ОршаФ32 Шх31	Фреза цилиндрическая	Ø80 мм	5,3 мин
					Фреза цилиндрическая	Ø120 мм	

Продолжение таблицы 2.4

№ вар-та	Наименование детали	Годовой выпуск, шт.	Наименования операций и основные условия их выполнения				
			Операция	Станок	Инструмент	Примечания	Тшт
24	Кулачок	1 вар.-100 2 вар.-3000	10 Вертикально-фрезерная	6P10	Фреза торцевая	Ø25 мм	3,5 мин
					Фреза торцевая	Ø95 мм	
			15 Радиально-сверлильная	2K52	Сверло Ø5	В кулачковый патрон	2,5 мин
					Сверло Ø25	В конус шпинделя	
			20 Внутришлифовальная	SR-650CNC	Шлифовальный круг шириной 40 мм, Ra0,32	Без установки прав. инструмента на станке, периферией круга	2,8 мин
25 Плоскошлифовальная	3D732	Шлифовальный круг шириной 80 мм, Ra0,63	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	4,6 мин			
25	Ось	1 вар.-150 2 вар.-5000	05 Токарно-винторезная	1A64	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	6,1 мин
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. свыше 0,2 мм	
			10 Токарная с ЧПУ	СБ7001	Резец проходн. 15×15	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	7,7 мин
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. до 0,2 мм	
					Резец проходн. 15×15	В резцедержат.с точн. свыше 0,2 мм	
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. свыше 0,2 мм	
			15 Токарная с ЧПУ	КА-280Ф3	Резец проходн. 25×25	В резцедержат.с точн. свыше 0,2 мм	2,5 мин
					Резец подрезн. 25×25	В резцедержат.с точн. свыше 0,2 мм	
					Резец канавочн. 25×25	В резцедержат.с точн. свыше 0,2 мм	
			20 Фрезерная с ЧПУ	BYVER 630	Фреза торцевая	Ø110 мм	6,7 мин
					Фреза торцевая	Ø190 мм	
					Фреза концевая	Ø20 мм	
					Фреза торцевая	Ø200 мм	
			25 Сверлильная с ЧПУ	ГДС 500	Сверло Ø5	В кулачковый патрон	6,5 мин
					Сверло Ø25	В конус шпинделя с переходной втулкой	
					Сверло Ø30	В конус шпинделя с переходной втулкой	
			30 Круглошлифовальная с ЧПУ	ОШ-618Ф3	Шлифовальный круг шириной 50 мм, Ra0,63	С установкой шарошки, на станке, периферией круга	4,7 мин

### 2.5 Пример выполнения

Произвести выбор формы организации технологического процесса изготовления детали типа «рычаг» и расчет ее основных параметров.

#### Исходные данные

Основными операциями изготовления рычага являются:

1. Вертикально-фрезерная. Станок вертикально-фрезерный модели FSS 450 MR. Используется один инструмент: фреза торцевая Ø200 мм.  $T_{ум} = 2,1$  мин.

2. Горизонтально-фрезерная. Станок горизонтально-фрезерный

модели 6P82Г. Используются два инструмента: фреза дисковая Ø40 мм и фреза дисковая Ø100 мм.  $T_{ум} = 3,5$  мин.

3. Вертикально-сверлильная. Станок вертикально-сверлильный модели 2Н150. Используются два инструмента: сверло Ø30, устанавливаемое в конус шпинделя через переходную втулку и сверло Ø50, устанавливаемое в конус шпинделя.  $T_{ум} = 5,5$  мин.

Рассмотрим два варианта условий обработки при двухсменном режиме работы: I – годовой объем выпуска 300 шт. II – годовой объем выпуска 100000 шт.

*Решение*

1. Определим среднюю трудоемкость основных операций в мин. по формуле

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} T_{умi}}{n}$$

где  $T_{умi}$  – штучное время  $i$ -й основной операции, мин;  $n$  – количество основных операций.

Вариант 1

$$T_{cp} = \frac{2,1+3,5+5,5}{3} = 3,7 \text{ мин}$$

Вариант 2

$$T_{cp} = \frac{2,1+3,5+5,5}{3} = 3,7 \text{ мин}$$

2 Определим суточный выпуск деталей

$$N_c = \frac{N}{252}$$

где  $N$  – заданный годовой объем выпуска детали; 252 – количество рабочих дней в году [4]

Вариант 1

$$N_c = \frac{300}{252} = 1,2 \text{ шт.}$$

Вариант 2

$$N_c = \frac{100000}{252} = 396,8 \text{ шт.}$$

3 Определим расчетную суточную производительность

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{cp}} \eta_3 = \frac{0,6F_c}{T_{cp}}$$

где  $F_c$  – суточный фонд времени работы оборудования, мин (при двухсменном режиме работы  $F_c = 952$  мин);  $\eta_3$  – коэффициент загрузки оборудования (принято, что  $\eta_3 = 0,6$ );  $T_{cp}$  – средняя трудоемкость основных операций, мин.



Вариант 1

$$Q_c = \frac{0,6 \times 952}{3,7} = 154,4 \text{ шт.}$$

Вариант 2

$$Q_c = \frac{0,6 \times 952}{3,7} = 154,4 \text{ шт.}$$

Для выбора организационной формы технологического процесса сопоставим величины  $N_c$  и  $Q_c$  для заданных готовых объемов выпуска.

Вариант I  $N_c=1,2$  и  $Q_c=154,4$  т.е.  $N_c < Q_c$ . Это значит, что при годовом объеме выпуска 300 шт. деталей применение поточной формы организации технологического процесса нецелесообразно и должны быть использована групповая форма.

Вариант II  $N_c=396,8$  и  $Q_c=154,4$  т.е.  $N_c > Q_c$ . Это значит, что при годовом объеме выпуска 100000 шт. деталей целесообразно применение поточной формы организации технологического процесса.

4 Определим такт производства

$$T_e = \frac{60F_d}{N}$$

где  $F_d$  – эффективный (действительный) годовой фонд времени работы оборудования;  $F_d = 4014$  ч для поточной линии при двухсменной работе.

Вариант 1

$$T_e = \frac{60 \times 4014}{300} = 802,8 \approx 803 \text{ мин}$$

Вариант 2

$$T_e = \frac{60 \times 4014}{100000} = 2,41 \text{ мин}$$

5 Определим расчетное количество станков.

Для групповой формы организации технологического процесса (вариант 1) оно определяется по формуле

$$m_{pj} = \frac{\sum_{i=1}^{i=r} T_{um_i} K_{n.3i}}{T_e \cdot K_e}$$

где  $T_{um_i}$  – штучное время обработки на данном станке одной детали  $i$ -го типоразмера;  $K_e$  – коэффициент выполнения норм времени, он может быть принят для укрупненных расчетов равным  $K_e=1,3$ ;  $K_{n.3i}$  – коэффициент, учитывающий долю затрат подготовительно-заключительного времени, при укрупненных расчетах можно принять  $K_{n.3i} = 1,05$ .

Операция 1

$$m_{p_1} = \frac{2,1 \times 1,05}{803 \times 1,3} = 0,0021$$

Операция 2

$$m_{p_2} = \frac{3,5 \times 1,05}{803 \times 1,3} = 0,0035$$

Операция 3

$$m_{p_3} = \frac{5,5 \times 1,05}{803 \times 1,3} = 0,0055$$

Для поточной формы организации технологического процесса (вариант 2) оно определяется по формуле

$$m_{p_i} = \frac{T_{умi}}{T_e}$$

где  $T_{умi}$  – штучное время на  $i$ -й операции.

Операция 1

$$m_{p_1} = \frac{2,1}{2,41} = 0,87$$

Операция 2

$$m_{p_2} = \frac{3,5}{2,41} = 1,45$$

Операция 3

$$m_{p_3} = \frac{5,5}{2,41} = 2,28$$

6 Определим принятое количество станков на каждой операции, за которое принимается ближайшее к  $m_{p_i}$  большее целое число.

Вариант 1

Операция 1  $m_{np_1} = 1$

Операция 2  $m_{np_2} = 1$

Операция 3  $m_{np_3} = 1$

Вариант 2

Операция 1  $m_{np_1} = 1$

Операция 2  $m_{np_2} = 2$

Операция 3  $m_{np_3} = 3$

7 Определим коэффициент загрузки станка

$$\eta_{zi} = \frac{m_{p_i}}{m_{np_i}}$$

Вариант 1  
Операция 1

$$\eta_{31} = \frac{0,0021}{1} = 0,0021$$

Операция 2

$$\eta_{32} = \frac{0,0035}{1} = 0,0035$$

Операция 3

$$\eta_{33} = \frac{0,0055}{1} = 0,0055$$

Вариант 2  
Операция 1

$$\eta_{31} = \frac{0,87}{1} = 0,87$$

Операция 2

$$\eta_{32} = \frac{1,45}{2} = 0,725$$

Операция 3

$$\eta_{33} = \frac{2,28}{3} = 0,76$$

8 Определим средний коэффициент загрузки станков

$$\eta_{3cp} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \eta_{3i}}{n}$$

где  $n$  – общее число операций в данном технологическом процессе.

Вариант 1

$$\eta_{3cp} = \frac{0,0021 + 0,0035 + 0,0055}{3} = 0,0037$$

Вариант 2

$$\eta_{3cp} = \frac{0,87 + 0,725 + 0,76}{3} = 0,785$$

Полученный средний коэффициент загрузки находится в интервале  $\eta_{3cp} = 0,75 - 0,85$ . Это показывает, что рассматриваемый технологический процесс правильно разработан для серийного производства.

Параметры 9...13 рассчитаем только для варианта I, т.к. они являются характеристиками групповой формы организации технологического процесса.

9 Определим количество деталей разных типоразмеров, но близких по конструктивно-технологическим признакам к

рассматриваемой, которые можно обработать на станках участка при групповой форме организации технологического процесса

$$r = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ср_i}}$$

где  $\eta_{з.н}$  – нормативный коэффициент загрузки станков, для мелкосерийного производства  $\eta_{з.н}=0,9$ .

Вариант I

$$r = \frac{0,9}{0,0037} = 243 \text{ дет.}$$

10 Определим количество деталей в партии

$$n = \frac{N \cdot \alpha}{252}$$

где  $\alpha$  – периодичность запуска в днях, может принимать значения: 1; 2,5; 5, 11, 22, 66, в данной задаче рекомендуются использовать  $\alpha=5$ .

Вариант I

$$n = \frac{300 \cdot 5}{252} = 5,95$$

принимаем  $n=6$  дет.

11 Определим расчетное число смен на обработку всей партии деталей

Вариант I

$$C = \frac{1,05 \times T_{ум.ср} \cdot n}{476 \cdot 0,9}$$

где 476 – действительный фонд времени работы оборудования в смену, мин; 0,8 – нормативный коэффициент загрузки станков в серийном производстве.

$$C = \frac{1,05 \times 3,7 \times 6}{476 \cdot 0,9} = 0,0544$$

12 Определим принятое число смен на обработку всей партии деталей округлением до целого числа  $C_{пр.}=1$ .

13 Определим принятое количество деталей в партии

$$n_{пр} = \frac{476 \times 0,9 \times C_{пр}}{1,05 \times T_{ум.ср}}$$

Вариант I

$$n_{пр} = \frac{476 \times 0,9 \times 1}{1,05 \times 3,7} = 110,27 \approx 110 \text{ шт.}$$

14 Определим трудоемкость изготовления детали

Вариант I

$$T_{\Sigma}=(2,1+3,5+5,5)\times 1,05=11,655 \text{ мин}$$

Вариант II

$$T_{\Sigma}=2,1+3,5+5,5=11,1 \text{ мин}$$

15 Определим цикл изготовления детали

Вариант I (для групповой формы организации технологического процесса)

$$T_u=T_{\Sigma}n_{np} + T_{np}K + T_t(2K+1)$$

где  $T_{\Sigma}$  – суммарная трудоемкость изготовления детали, мин;  $T_{np}$  – время одного пролеживания детали в кладовой, в среднем  $T_{np} = 900$  мин;  $K$  – количество завозов деталей в промежуточные кладовые,  $K=n-1$ , где  $n$  – число операций обработки детали;  $T_t$  – длительность одного транспортирования партии деталей от станков в кладовую и обратно, в среднем  $T_t=30$  мин;  $(2K+1)$  – количество транспортирований деталей с учетом транспортирования на сборку.

$$T_u=11,655\times 110+ 900\times(3-1) + 30\times[2\times(3-1)+1]=3232,05 \text{ мин}$$

С учетом того, что рабочая смена длится 8 часов и участок работает в двухсменном режиме продолжительность одного рабочего дня в минутах будет равна  $2\times 8\times 60= 960$  мин.

Тогда

$$T_u=3232,05/960=3,37 \text{ дн.}$$

Вариант II (для поточной формы организации технологического процесса)

$$T_u = \sum_{i=1}^{i=n} T_{умi} \cdot K_{np}$$

где  $K_{np}$  – коэффициент, учитывающий время пролеживания деталей между операциями. Значение  $K_{np}$  зависит от организации производства, степени его механизации и автоматизации. Для поточной линии  $K_{np} = 2$ , для автоматической линии  $K_{np} \leq 1,5$  [2]

$$T_u=11,1\times 2=22,2 \text{ мин}$$

16 Определим время на смену и регулирование изношенного инструмента

Это время оказывает влияние на необходимый задел деталей при поточной организации производства.

На первой вертикально-фрезерной операции используется один инструмент: фреза торцевая  $\varnothing 200$  мм, поэтому  $T_{см}$  определяет по табл. 2.2  $T_{см}=3,1$  мин. На второй горизонтально-фрезерной операции используются два инструмента: фрезы дисковые  $\varnothing 40$  мм и  $\varnothing 100$  мм, поэтому по табл. 2.2  $T_{см} = 2,6+4,6=7,2$  мин.

На третьей вертикально-сверлильной операции используются два инструмента: сверло  $\varnothing 30$ , устанавливаемое в конус шпинделя через переходную втулку и сверло  $\varnothing 50$ , устанавливаемое в конус шпинделя, поэтому по табл. 2.1  $T_{см} = 0,55 + 0,6 = 1,15$  мин.

17 Определим необходимый задел деталей.

Вариант I (для групповой формы организации технологического процесса)

$$S = T_u \cdot N_c$$

где  $T_u$  – производственный цикл изготовления деталей в днях;  $N_c$  – суточный выпуск деталей.

$$S = 3,37 \times 1,2 = 4,044 \approx 4 \text{ шт.}$$

Вариант II (для поточной формы организации технологического процесса)

$$S = \sum_{i=1}^{i=m} p_i + \frac{K}{T_B} (T_{см} + T_3 + T_c)$$

где  $p_i$  – количество одновременно обрабатываемых деталей на данном рабочем месте;  $m$  – количество рабочих мест на поточной линии;  $K$  – коэффициент, учитывающий неточность расчета,  $K = 1,1$ ;  $T_B$  – такт производства;  $T_{см}$  – время на смену и регулирование изношенного инструмента на данном рабочем месте,  $T_3$  и  $T_c$  – время, на которое поточная линия должна быть обеспечена заготовками, а сборочная линия – обработанными деталями, изготавливаемыми на данной поточной линии, мин. Для укрупненных расчетов можно принимать  $T_3 = T_c = 480$  мин.

$$S = (1 + 1 + 1) + \frac{1,1}{2,24} (3,1 + 7,2 + 1,15 + 480 + 480) = 446,4$$

Тогда  $S_{np} = 447$  шт.

Результаты расчетов сведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Результаты расчетов

№ пп	Параметры технологического процесса	Результаты расчетов	
		I вариант (300 шт/год)	II вариант (100000 шт/год)
1	Средняя трудоемкость основных операций	$T_{cp} = 3,7$ мин	$T_{cp} = 3,7$ мин
2	Заданный суточный выпуск деталей	$N_c = 1,2$ шт.	$N_c = 396,8$ шт.

Продолжение таблицы 2.5

№ пп	Параметры технологического процесса	Результаты расчетов	
		I вариант (300 шт/год)	II вариант(100000 шт/год)
3	Расчетная суточная производительность Организационная форма технологического процесса	$Q_c = 154,4$ шт. групповая	$Q_c = 154,4$ шт. поточная
4	Такт производства	$T_6 = 803$ мин	$T_6 = 2,41$ мин
5	Расчетное количество станков операция 1 операция 2 операция 3	$m_{p_1} = 0,0021$ $m_{p_2} = 0,0035$ $m_{p_3} = 0,0055$	$m_{p_1} = 0,87$ $m_{p_2} = 1,45$ $m_{p_3} = 2,28$
6	Принятое количество станков операция 1 операция 2 операция 3	1 1 1	1 2 3
7	Коэффициент загрузки станка операция 1	$\eta_{з_1} = 0,0021$	$\eta_{з_1} = 0,87$
	операция 2	$\eta_{з_2} = 0,0035$	$\eta_{з_2} = 0,725$
	операция 3	$\eta_{з_3} = 0,0055$	$\eta_{з_3} = 0,76$
8	Средний коэффициент загрузки станков	$\eta_{з_{cp}} = 0,0037$	$\eta_{з_{cp}} = 0,785$
9	Количество деталей разного типоразмера, которые можно обработать на данных станках	$r = 243$	–
10	Количество деталей в партии	$n = 6$	–
11	Расчетное число смен на обработку всей партии деталей	$C = 0,0544$	–
12	Принятое число смен на обработку всей партии деталей	$C_{np} = 1$	–
13	Принятое количество деталей в партии	$n_{np} = 110$ шт.	

Продолжение таблицы 2.5

№ пп	Параметры технологического процесса	Результаты расчетов	
		I вариант	II вариант
14	Трудоемкость изготовления детали	$T_{\Sigma} = 11,655$ мин.	$\Sigma T_{ум} = 11,1$ мин.
15	Цикл изготовления детали	$T_{ц} = 3232,05$ мин = 3,37 дн.	$T_{ц} = 11,1 \times 2 = 22,2$ мин
16	Время на смену и регулирование изношенного инструмента операция 1 операция 2 операция 3		$T_{см1} = 3,1$ мин $T_{см2} = 7,2$ мин $T_{см3} = 1,15$ мин
17	Необходимый задел деталей	$S = 4,044 \approx 4$ шт.	$S = 447$ шт.

## 2.6 Содержание отчета

1. Название работы.
2. Исходные данные.
3. Расчетные формулы и результаты расчетов.
4. Выводы.

## 2.7 Контрольные вопросы

1. Какие существуют формы организации технологических процессов и каковы их основные признаки?
2. Что является основным критерием при выборе формы организации технологического процесса?
3. Как производится расчет заданного суточного выпуска изделий и расчетной суточной производительности?
4. Что такое такт производства и как он рассчитывается?
5. Как определить расчетное и принятое количество станков на данной операции при поточной и групповой форме организации техпроцесса?
5. Как определить коэффициент загрузки станка?
6. Как определить цикл изготовления детали при групповой и поточной формах организации техпроцесса?
7. Что такое заделы деталей, для чего они необходимы и как их рассчитать при поточной и групповой форме организации техпроцесса?



### **3 Практическая работа на тему: «Определение размера партии деталей в серийном производстве»**

#### **3.1 Цель работы**

Приобретение практических навыков определения размера партии в серийном производстве дифференцированным методом.

#### **3.2 Порядок выполнения работы**

1. Внимательно изучить методику решения поставленной задачи.
2. В последовательности, изложенной ниже в примере расчета размера партии, определить нормальные партии для двух-четырех вариантов заданий.
3. В соответствии с требованиями составить отчет о выполнении практической работы.
4. Защитить практическую работу.

#### **3.3 Методика решения задачи**

В соответствии с ГОСТ 14.004-83 производственной партией называются предметы труда одного наименования и типоразмера, запускаемые в обработку в течение определенного интервала времени, при одном и том же подготовительно-заключительном времени на операцию.

Исходной нормой, предопределяющей в серийном производстве значения календарно-плановых норм, регламентирующих движение частей и изделий в производстве, является размер партии деталей.

Под размером партии понимается количество данных предметов, одновременно запускаемых в производство и движущихся в нерасчленяемом составе по технологическим операциям с однократной затратой по ним подготовительно-заключительного времени.

Размер партии оказывает существенное влияние на экономику производства изделий. С увеличением размера партии растет производительность труда и снижается себестоимость детали. Однако с ростом партии увеличиваются длительность производственного цикла и величина связывания оборотных средств в незавершенном производстве.

В практике машиностроения широкое применение получили методы поэтапного расчета и согласования размеров партии деталей.

Эти расчеты, базирующиеся на использовании коэффициента закрепления операций  $K_{з.о}$ , являющегося определяющей характеристикой типа производства и его технико-организационного уровня, принято называть дифференцированными.

В предлагаемом дифференцированном методе определения размера партии деталей одного наименования и типоразмера рекомендуются два этапа.

*Этап 1.* Производят расчеты двух предельно допустимых параметров партии  $i$ -х деталей –  $n_1$  и  $n_2$ .

Первый параметр ( $n_1$ ) определяют по формуле

$$n_1 = \frac{F_{э.м} \cdot K_o \cdot K_в}{K_{з.о} \sum_{i=1}^{K_o} T_i}$$

где  $F_{э.м}$  – эффективный месячный фонд времени участка, мин;  $K_o$  – число операций механической обработки по технологическому процессу;  $K_в$  – средний коэффициент выполнения норм по участку;  $K_{з.о}$  – коэффициент закрепления операций;  $T_i$  – средняя трудоемкость одной операции, нормо-мин;  $\sum_{i=1}^{K_o} T_i = T_i \cdot K_o$  – суммарная трудоемкость технологического процесса.

Этот параметр ( $n_1$ ) отражает достигнутый участком уровень специализации рабочих мест, показатели производительности труда и себестоимости обработки.

Второй параметр ( $n_2$ ) рассчитывают по формуле

$$n_2 = \frac{F_{э.м} \cdot K_{сл} \cdot K_в}{K_{м.о} \sum_{i=1}^{K_o} T_i}$$

где  $K_{м.о}$  – коэффициент, учитывающий затраты межоперационного времени;  $K_{сл}$  – коэффициент, учитывающий сложность и трудоемкость детали.

Второй параметр ( $n_2$ ) учитывает и ограничивает допустимый объем незавершенного производства и связывания оборотных средств.

*Этап 2.* Найденные выше расчетные параметры  $n_1$  и  $n_2$  анализируют с целью удовлетворения требованиям технико-организационного порядка.

Важнейшим требованием является обеспечение кратности партии деталей размеру партии изделий на сборочной стадии  $n_{сб}$ , а также месячному объему выпуска  $N_m$ .

$$N_m = \frac{N_2}{24}$$

а) Кратность партии деталей ее размеру на сборочной стадии обеспечивается подбором целочисленного значения коэффициента кратности  $n/n_{сб} = K_n = 1, 2, 3, \dots, n$ . При этом для расчета берется минимальное значение  $n$  из двух, ранее найденных значений параметров партии  $n_1$  и  $n_2$ ,  $n = n_{min}$ .

Кратность партии деталей ее размеру на сборочной стадии определяется по зависимости

$$n' = K_n \cdot n_{сб}$$

б) Кратность партии деталей месячному объему выпуска  $N_M$  обеспечивается установлением для нее нормальной периодичности повторения производства  $I_H$ .

Под периодом повторения производства, или ритмом партии, понимают отрезок времени между сроками запуска и выпуска двух смежных партий данного изделия.

Расчетная периодичность повторения  $i$ -х деталей будет

$$I_{p'} = n' \times 22 / N_M.$$

Полученную расчетом периодичность необходимо согласовать с ее допустимыми нормативными значениями  $I_H$ .

За принимаемую периодичность повторения производства  $i$ -х деталей  $I_{пр}$  берется большее ближайшее из значений  $I_H$ .

После этого выполняют вторую коррекцию принимаемого размера партии согласно условию

$$n'' = \frac{I_{пр} \cdot N_M}{22} < n_{max}$$

Размеры партий рассчитывают по всей номенклатуре деталей участка. При этом полученные значения периодичностей  $I_{пр}$  в пределах одного участка не должны различаться более чем на 3-4 последовательно кратных значения, например,  $I_H = 2,5; 5$  дней и т.д.

Из двух взаимосвязанных показателей – периодичность повторения  $I_{пр}$  и размер партии  $n''$  – главным является  $I_{пр}$ . Размер партии в штуках  $n''$  является величиной, корректируемой в зависимости от объема выпуска.

При выполнении расчетов по данной работе рекомендуются следующие значения параметров, входящих в расчетные формулы.

1. Эффективный месячный фонд времени участка  $F_{эм} = 10560$  мин.

2. Средний коэффициент выполнения норм по участку  $K_B = 1,3$ .

3. Коэффициент  $K_{м.о.}$ , учитывающий затраты межоперационного времени, принимается в зависимости от габаритов, сложности и

количества операций механической обработки детали  $K_o$ :

крупногабаритные сложные детали  $K_o > 12$ ;  $K_{м.о} = 0,75$ ;

среднегабаритные сложные детали  $4 < K_o < 12$ ;  $K_{м.о} = 1,5$ ;

мелкие простые детали  $1 < K_o < 3$ ;  $K_{м.о} = 2,5$ .

4. Ряд допустимых (нормативных) периодичностей запуска партий деталей  $I_n$  представлен в *табл. 3.1*.

*Таблица 3.1*

Ряд допустимых (нормативных) периодичностей запуска партий деталей  $I_n$

Месяцы	$\frac{1}{22}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	[2]	3	[4]	6	[8]	12
Дни	1	2,5	5	11	22	[44]	66	[88]	132	[176]	264

Предпочтительные значения  $I_n$  даны без скобок.

5. Коэффициент  $K_{сл}$ , учитывающий сложность детали, принимается для сложных и трудоемких деталей равным 1, для деталей средней сложности и трудоемкости равным 0,75, а простых – 0,5.

Остальные данные, необходимые для расчетов, представляются в виде исходных значений в таблице вариантов заданий.

### 3.4 Исходные данные

Исходные данные для расчетов приведены в *табл. 3.2*.

*Таблица 3.2*

#### Варианты заданий

Номер варианта	$K_{з.о}$	$K_o$	$N_m$	$\sum_{i=1}^{K_o} T_i$	$n_{сб}$	Сложность	Габаритность
0	4	10	530	50	20	Сложная	Среднегабаритная
1	40	7	2200	37	20	Средней сложности	Среднегабаритная
2	7	9	220	63	15	Средней сложности	Среднегабаритная
3	2	11	990	58	10	Сложная	Среднегабаритная
4	2	10	314	168	5	Сложная	Среднегабаритная
5	2	38	2200	92	5	Сложная	Крупногабаритная
6	5	12	700	37	10	Сложная	Среднегабаритная

Продолжение таблицы 3.2

Номер варианта	$K_{3.0}$	$K_0$	$N_M$	$\sum_{i=1}^{K_0} T_i$	$n_{сб}$	Сложность	Габаритность
7	2	19	2000	50	10	Сложная	Крупно-габаритная
8	24	21	40	230	4	Сложная	Крупно-габаритная
9	12	10	150	61	10	Сложная	Средне-габаритная
10	25	9	60	63	10	Средней сложности	Средне-габаритная
11	33	10	30	120	4	Сложная	Средне-габаритная
12	3	29	1000	100	10	Сложная	Крупно-габаритная
13	6	12	750	60	10	Сложная	Средне-габаритная
14	40	7	25	70	5	Средней сложности	Средне-габаритная
15	2	38	25	230	4	Сложная	Крупно-габаритная
16	2	29	30	168	4	Сложная	Крупно-габаритная
17	2	21	40	120	5	Сложная	Крупно-габаритная
18	2	19	60	100	5	Сложная	Крупно-габаритная
19	3	12	150	92	5	Сложная	Средне-габаритная
20	4	12	220	70	10	Сложная	Средне-габаритная
21	5	11	314	63	10	Сложная	Средне-габаритная
22	6	10	530	63	10	Сложная	Средне-габаритная
23	7	10	700	61	10	Сложная	Средне-габаритная
24	12	10	750	60	10	Сложная	Средне-габаритная
25	24	10	990	58	10	Сложная	Средне-габаритная

### 3.5 Пример выполнения

Требуется определить нормальный размер партии среднегабаритной сложной детали. Исходные данные:  $F_{эм} = 10560$

мин,  $K_{3,0} = 6$ ,  $K_b = 1,3$ ,  $N_M = 600$  шт. Потребность на партию сборки  $n_{сб} = 5$  шт. В соответствии с технологическим процессом деталь обрабатывают за  $K_0 = 10$  операций при суммарной трудоемкости  $\sum_{i=1}^{K_0} T_i = 40$  мин.

1. Определяем  $n_1$ :  $n_1 = \frac{10560 \cdot 10 \cdot 1,3}{6 \cdot 40} = 572$  шт.

2. Определяем  $n_2$ . Для сложных деталей  $K_{сл} = 1$ ; для среднегабаритных сложных деталей при  $K_0 = 10$   $K_{м,0} = 1,5$ .

$$n_2 = \frac{10560 \cdot 1 \cdot 1,3}{1,5 \cdot 40} = 228 \text{ шт. } (n_2 = n_{min})$$

3. Округляем значение  $n_{min}$  до величины, кратной  $n_{сб} = 5$  шт.

$$n' = 230 \text{ шт.}$$

4. Определяем расчетную периодичность повторения партий (ритм партий)  $I_p$ :

$$I_p = \frac{230 \cdot 22}{600} = 8,4 \text{ дня}$$

5. По ряду предпочтительных периодичностей принимаем  $I_{пр} = 11$  дней.

6. Определяем нормальный размер партии.

$$n'' = \frac{11 \cdot 600}{22} = 300 \text{ шт.}$$

7. Проверяем выполнение условия  $n_{min} \leq n'' \leq n_{max}$

$$200 < 300 < 572.$$

Таким образом, установлено, что два раза в месяц (через 11 рабочих дней) требуется запускать в производство очередную партию деталей размером 300 шт.

### 3.6 Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание варианта задания.
3. Сводная таблица расчетных параметров и результатов расчетов.
4. Выводы.

### 3.7 Контрольные вопросы

1. Что называется производственной партией?
2. Что понимается под размером партии?
3. Какое влияние оказывает размер партии на производительность труда, снижение себестоимости детали и величину связывания оборотных средств в незавершенном производстве?
4. Какие расчеты размера партии деталей называют

дифференцированными и на чем они базируются?

5. Какие показатели отражает параметр партии  $n_1$ ?

6. Какие показатели отражает параметр партии деталей  $n_2$ ?

7. Каким образом обеспечивается кратность партии деталей размеру сборочной партии  $n_{сб}$  и месячной программе выпуска  $N_m$ ?

8. Что понимается под периодом повторения производства или ритмом партии?

9. Перечислите нормальные периоды повторения производства.

10. Напишите зависимость для определения  $n_1$ .

11. Напишите формулу для определения  $n_2$ .

12. Каким образом определяется расчетная периодичность производства  $T_p$ ?

13. По какой формуле определяется нормальный размер партии  $n$ ?

## 4 Практическая работа на тему: «Расчет производственных погрешностей аналитическим методом»

### 4.1 Цель работы

Расчитать точность выполнения определенной операции технологического процесса и путем сопоставления ее с заданной точностью обработки сделать вывод о возможности ее обеспечения в заданных условиях.

### 4.2 Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучить методику решения поставленной задачи.
2. На основании исходных данных, приведенных в табл. 4.11-4.14, определить суммарную погрешность обработки.
3. Сравнить эту погрешность с заданной точностью размера.
4. Сделать заключение о возможности обеспечения заданной точности.
5. В соответствии с требованиями составить отчет о выполнении практической работы.
6. Защитить практическую работу.

### 4.3 Методика решения задачи

Величина суммарной погрешности обработки по диаметральным и продольным размерам в общем виде в массовом производстве определяется по формуле

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_u + \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \Delta_n^2 + \varepsilon_y^2}$$

а в серийном

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_u + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \varepsilon_y^2}$$

где  $\Delta_u$  – погрешность, обусловленная износом режущего инструмента;  $\Delta_{сл}$  – поле рассеяния погрешностей обработки, обусловленных такими технологическими факторами случайного характера, как неравномерность припуска, неодинаковая твердость материала заготовки, недостаточная жесткость технологической системы, а также погрешностью формы детали. Эту величину называют также мгновенным полем рассеяния погрешности обработки;  $\Delta_n$  – погрешность настройки станка, мкм;  $\varepsilon_y$  – погрешность установки заготовки, мкм [4].



Погрешность, обусловленная износом режущего инструмента, рассчитывается по следующим формулам:

при односторонней обработке

$$\Delta_u = \frac{U_o \cdot l}{1000}$$

при двухсторонней обработке (в частности, токарной, на суппорте устанавливают друг против друга два резца, настроенные на выполнение определённого размера)

$$\Delta_u = \frac{2 \cdot U_o \cdot l}{1000}$$

где  $U_o$  – относительный износ инструмента, мкм/мм;  $l$  – путь резания, м.

Величина относительного размерного износа инструмента для принятых видов обработки выбирается по *табл. 4.1* и *табл. 4.2*.

*Таблица 4.1*

Значение  $U_o$  при чистовой обработке, мкм/мм

Материал режущего инструмента	Обрабатываемый материал			
	Углеродистая сталь	Легированная сталь	Серый чугун	Чугун, 375-400 НВ
T60K6	2-4	2-4	–	–
T30K4	3-4	4-6	–	–
T15K6	5-7	9-10	–	–
T5K10	8	12-13		–
BK9	–	65		–
BK8	–	17-25	13-14	–
BK6	–	-	14	–
BK4	–	9-10	6	16
BK2	–	-	4-26	12
ЦМ-332	0,5-1,0	1-6		9

*Таблица 4.2*

Значение  $U_o$  шлифовального круга, мкм/мм

Материал		$U_o$
Детали	Круга керамического	
Сталь 45	14А, 24А	0,03
Чугун закаленный	14А, 24А	0,04
Сплавы цветных	14А, 24А	0,01

С помощью *табл. 4.1* рекомендуется определять величину относительного износа инструмента при фрезеровании по формуле

$$U_{o.фр} = \left(1 + \frac{100}{B}\right) \cdot U_o$$

где  $B$  – ширина фрезерования, мм.

Относительный износ разверток составляет 0,005-0,008 мм/км.

Путь резания рассчитывается по формулам:

при точении

$$l = \frac{\pi D L n}{1000 S_{прод}}$$

при торцевом фрезеровании

$$l = \frac{L \cdot B \cdot n}{1000 S_{прод}}$$

при круговом и бесцентровом шлифовании с поперечной подачей

$$l = \frac{\pi D_{ш.к.} \cdot n_{ш.к.} \cdot t \cdot n \cdot k}{1000 \cdot n_D \cdot S_{поп}}$$

при сверлении, зенкерования и развертывании

$$l = \frac{\pi D L n}{1000 S_{пр}}$$

где  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;  $L$  – расчетная длина обработки с учетом пути врезания и перебега режущего инструмента, мм;  $n$  – количество деталей в настроечной партии, обрабатываемой в период между подналадками станка;  $S_{прод}$  – продольная подача инструмента или детали, мм/об;  $B$  – ширина фрезерования или шлифования, мм; мм/об;  $D_{ш.к.}$  – диаметр шлифовального круга, мм;  $n_{ш.к.}$  – число оборотов шлифовального круга в минуту;  $t$  – припуск на сторону, мм;  $k$  – коэффициент на вывод искры,  $k=1,1-1,3$ ;  $n_D$  – число оборотов детали в минуту;  $S_{поп}$  – поперечная подача на один двойной ход, мм.

Погрешность динамической настройки определяется по формуле

$$\Delta_{н.д.} = \sqrt{\Delta_{см}^2 + \Delta_{рег.}^2 + \Delta_{изм}^2}$$

где  $\Delta_{см}$  – смещение центра группирования размеров пробных деталей относительно середины поля рассеяния размеров, мкм.

$$\Delta_{см} = \frac{\Delta_{сл}}{\sqrt{m}}$$

где  $m$  – количество пробных деталей.

Значение мгновенной погрешности обработки  $\Delta_{сл}$  рекомендуется определять по табл. 4.3 - 4.6.

Таблица 4.3

Значение  $\Delta_{сл}$  на круглошлифовальных станках, мкм

Размеры, мм	Жесткость системы (кгс/мм), 10Н/мм		
	700-1200	1200-2000	2000-3000
10-18	12	9	6
18-30	14	11	8
30-50	16	13	10
50-80	18	15	12
80-120	20	17	14

Таблица 4.4

Значения мгновенной погрешности обработки  $\Delta_{сл}$  на токарных станках, мкм

Размеры, мм	Сила $P_y$ , 10Н (кгс)	Жесткость системы (кгс/мм), 10Н/мм		
		400-600	600-1000	1000-15000
10-18	5-10	37	23	16
	10-15	38	24	17
18-30	5-10	40	26	17
	10-15	41	27	18
30-50	5-10	43	29	18
	10-15	44	30	19
50-80	5-10	46	32	19
	10-15	47	33	20
80-100	5-10	49	35	20

Таблица 4.5

Значение  $\Delta_{сл}$  на фрезерных станках, мкм

Размеры, мм	Сила $P_y$ , 10Н (кгс)	Жесткость системы (кгс/мм), 10Н/мм		
		400-700	700-1000	1000-1500
6-10	5-15	64	46	24
	св. 15	66	48	26
10-18	5-15	70	52	30
	св. 15	72	54	32
18-30	5-15	76	58	36
	св. 15	78	60	38
30-50	5-15	82	64	42
	св. 15	84	66	44
50-80	5-15	88	70	48
	св. 15	90	72	50
80-120	5-15	94	76	54
	св. 15	96	78	56

Таблица 4.6

Значение  $\Delta_{сл}$  при развертывании, мкм

Вид развертывания	Диаметр отверстия, мм			
	3-6	6-10	10-18	18-30
Однократное	25	30	35	35
Двукратное	13	14	15	16

Таблица 4.7

Точность изготовления разверток  $\Delta_{ин}$ , мкм

Номинальные диаметры инструмента, мм	Квалитет точности		
	7	8	8,9
3-6	4	5	8
6-10	5	6	9
10-18	6	8	11
18-30	8	9	13
30-50	10	11	16

$\Delta_{рег}$  – погрешность регулирования положения режущего инструмента, зависящая от применяемого способа регулирования и определяемая по табл. 4.8;  $\Delta_{изм}$  – погрешность измерения, равная предельной погрешности используемого измерительного инструмента и определяемая по табл. 4.9.

Таблица 4.8

Погрешности регулирования  $\Delta_{рег}$  инструмента по лимбу станка, мкм

Цена деления лимба,	На сторону	На диаметр
0,01	5-10	10-20
0,02	10-15	20-30
0,05	15-30	30-60
0,1-0,5	30-70	-

Таблица 4.9

Предельные погрешности методов измерения длин

Наименование инструментов	Класс точности	Предельные погрешности ( $\pm$ ), мкм		
		Интервалы размеров, мм		
		1-10	10-80	80-500
Миниметр с ценой деления 0,0005 мм	0	0,5	0,8	1,8
	1	0,6	1,0	3,0
	2	0,7	1,4	4,5
	3	1,0	2,0	8,0

Продолжение таблицы 4.9

Наименование инструментов	Класс точности	Предельные погрешности ( $\pm$ ), мкм		
		Интервалы размеров, мм		
		1-10	10-80	80-500
Миниметр с ценой деления 0,001 мм	1	1,0	1,4	3,5
	2	1,2	1,8	5,0
	3	1,4	2,5	8,0
Миниметр с ценой деления 0,005 мм	2	2,0	2,5	5,0
	3	2,2	3,0	8,5
	1	7,0	9,0	25,0
Микрометр	2	12,0	14,0	35,0
	0	4,5	6,0	15,0
	1	7,0	9,0	25,0
	2	12,0	14,0	35,0

При обработке деталей в специальных приспособлениях на фрезерных станках фреза устанавливается с помощью щупа по эталону.

В этом случае погрешность настройки

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{\text{э}}^2 + \Delta_{\text{щ}}^2 + \Delta_{\text{уст.ин}}^2}$$

где  $\Delta_{\text{э}}$  и  $\Delta_{\text{щ}}$  – погрешность изготовления соответственно эталона и щупа;  $\Delta_{\text{уст.ин}}$  – точность установки фрезы по щупу.

Значение  $\Delta_{\text{уст.ин}}$  при установке его с помощью металлического щупа принимается 7-10 мкм.

Фрезерные эталоны (установы) принимаются высотой  $H = 8-12$  мм с точностью изготовления по Н7,  $\Delta_{\text{э}} = 18$  мкм, щупы принимаются плоские  $b = 1, 3, 5$  мм с точностью изготовления по Н7,  $\Delta_{\text{щ}} = 10$  мкм.

При использовании мерного режущего инструмента (сверл, зенкеров, разверток и т. д.)

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{\text{ин}}^2 + \Delta_{\text{у.и.}}^2}$$

где  $\Delta_{\text{ин}}$  – погрешность изготовления инструмента, равная допуску на его изготовление по исполнительному размеру и определяемая по табл. 4.7.

$\Delta_{\text{у.и.}} = 0$ , так как закрепление развертки плавающее.

Погрешность установки в центрах  $\varepsilon_v = 0$ . Такая же она и при плавающем закреплении развертки.

При фрезеровании плоскостей  $\varepsilon_v = \varepsilon_6 + \varepsilon_3$

В случае совмещения установочной и измерительной баз погрешность базирования  $\varepsilon_6 = 0$ .

Погрешность закрепления  $\varepsilon_3$  определяется по *табл. 4.10*.

*Таблица 4.10*

Погрешности закрепления заготовок  $\varepsilon_3$  при установке на опорные пластинки приспособлений по чисто обработанной поверхности в приспособлении с пневмозажимом

Поперечные размеры заготовки, мм	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-220	260-360	360-500
$\varepsilon_3$ , мкм	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100

#### 4.4 Исходные данные

Для выполнения работы студентам выдается задание по одному из вариантов, приведенных в *табл. 4.11-4.18*. На основании исходных данных требуется рассчитать суммарную погрешность обработки, сравнить ее с требуемой точностью и сделать заключение о возможности ее обеспечения.

*Варианты заданий 1-3.*

Определить точность одностороннего чистового обтачивания цилиндрической ступени вала на токарном станке в условиях серийного производства. Способ установки – в центрах. Настройка – динамическая по пробным деталям. Измерение деталей – с помощью микрометра, регулирование размеров – по лимбу станка. Количество пробных деталей  $m = 5$ . Исходные данные – в *табл. 4.11*.

*Таблица 4.11*

Исходные данные для вариантов 1-3

Исходные данные	Номера вариантов		
	1	2	3
Диаметр обработки, мм	$\varnothing 49h10_{(-0,1)}$	$\varnothing 70h9_{(-0,074)}$	$\varnothing 90h11_{(-0,22)}$
Расчетная длина обработки L, мм	200	200	250
Величина настроечной партии, шт.	50	60	80
Материал детали	Сталь 45	Сталь 25ХГТ	Серый чугун СЧ15

Продолжение таблицы 4.11

Исходные данные	Номера вариантов		
	1	2	3
Жесткость станка $y$ (кгс/мм) 10Н/мм	500	800	1200
Материал режущей части резца	T15K6	T60K6	BK6
Подача $S_{\text{прод}}$ , мм/об	0,15	0,2	0,25
Величина $P_y$ (кгс), 10Н	8,0	12,0	10,0
Класс точности микрометра	0-й	1-й	2-й
Цена деления лимба станка, мм	0,02	0,05	0,01

Варианты заданий 4-6.

Определить точность чистового фрезерования плоскости торцевой фрезой, выполняемого в условиях серийного производства. Настройка на размер – по установкам приспособления. Деталь установлена на пластины по чисто обработанной поверхности в приспособлении с пневматическим зажимом; установочная плоскость является также измерительной базой. Исходные данные – в табл. 4.12.

Таблица 4.12

Исходные данные для вариантов 4-6

Исходные данные	Номера вариантов		
	4	5	6
Размер обработки, мм	50h9 <sub>(-0,074)</sub>	70h10 <sub>(-0,12)</sub>	90h10 <sub>(-0,14)</sub>
Расчетная длина обработки $L$ , мм	250	250	300
Ширина фрезерования $B$ , мм	70	90	120
Величина партии деталей, шт.	60	80	100
Материал детали	Сталь 45	Сталь 25ХГТ	Серый чугун СЧ15
Жесткость станка (кгс/мм), 10Н/мм	800	600	1400
Подача $S$ , мм/об	0,2	0,25	0,3
Материал режущей части	T15K6	T30K4	BK3
Величина $P_y$ (кгс), 10Н	12,5	16,5	20,5

Варианты заданий 7-9.

Определить точность шлифования ступени вала на круглошлифовальном станке, выполняемого в условиях серийного производства. Настройка – динамическая по пробным деталям; измерение настроечных деталей – с помощью миниметра; регулирование размера при настройке по лимбу станка; деталь установлена в центрах; круг шлифовальный – 24А.

Количество пробных деталей  $m = 5$ . Исходные данные – в табл. 4.13.

Таблица 4.13

Исходные данные для вариантов 7-9

Исходные данные	Номера вариантов		
	7	8	9
Диаметр обработки, мм	$\varnothing 45h6_{(-0,016)}$	$\varnothing 90h7_{(-0,035)}$	$\varnothing 110h8_{(-0,054)}$
Величина настроечной партии	60	120	150
Материал детали	Сталь 45	Чугун закал.	Цветн. сплав
Жесткость станка (кгс/мм), 10Н/мм	700	1250	2000
Поперечная подача $S_{\text{поп}}$ , мм/об	0,003	0,008	0,010
Число оборотов круга $n_{\text{ш.к.}}$ , об/мин	1500	3000	3500
Диаметр круга $D_{\text{ш.к.}}$ , мм	250	250	300
Число оборотов детали $n_{\text{д}}$ , об/мин	250	300	350
Цена деления и точность миниметра	1 мкм, 1-й кл.	2 мкм, 2-й кл.	5 мкм, 3-й кл.
Цена деления лимба станка, мм	0,01	0,02	0,05
Припуск на сторону $t$ , мм	0,15	0,18	0,2

Варианты заданий 10-12.

4. Определить точность развертывания отверстий разверткой с плавающим креплением, выполняемого в условиях серийного производства. Настройка – динамическая по пробным деталям. Количество пробных деталей  $m = 5$ . Исходные данные – в табл. 4.14.

Таблица 4.14

Исходные данные для вариантов 10-12

Исходные данные	Номера вариантов		
	10	11	12
Диаметр отверстия, мм	$\varnothing 10H7^{(+0,015)}$	$\varnothing 15H8^{(+0,027)}$	$\varnothing 320H7^{(+0,057)}$
Длина обработки $L$ , мм	40	35	25
Величина настроечной партии, шт.	80	60	80
Продольная подача $S_{\text{прод}}$ , мм/об	0,8	1,0	0,7
Вид развертывания	Однократное	Двукратное	Однократное

Варианты заданий 13-15.

Определить точность чистового обтачивания цилиндрической ступени вала на токарном станке в условиях массового производства. Способ установки – в центрах. Настройка – динамическая по пробным деталям. Измерение деталей – с помощью микрометра, регулирование размеров – по лимбу станка. Количество пробных деталей  $m = 5$ . Исходные данные – в табл. 4.15.



Таблица 4.15

## Исходные данные для вариантов 13-15

Исходные данные	Номера вариантов		
	13	14	15
Диаметр обработки, мм	$\varnothing 37h9_{(-0,062)}$	$\varnothing 50h10_{(-0,1)}$	$\varnothing 85h11_{(-0,22)}$
Расчетная длина обработки L, мм	200	250	300
Величина настроечной партии, шт.	60	80	100
Материал детали	Сталь 45	Сталь 25ХГТ	Серый чугун СЧ15
Жесткость станка у (кгс/мм) 10Н/мм	500	800	1200
Материал режущей части резца	T15K6	T60K6	BK6
Подача $S_{\text{прод}}$ , мм/об	0,15	0,2	0,25
Величина $P_v$ (кгс), 10Н	8,0	12,0	10,0
Класс точности микрометра	0-й	1-й	2-й
Цена деления лимба станка, мм	0,02	0,05	0,01

*Варианты заданий 16-18.*

Определить точность чистового фрезерования плоскости торцевой фрезой в условиях массового производства. Настройка на размер – по установкам приспособления. Деталь установлена на пластины по чисто обработанной поверхности в приспособлении с пневматическим зажимом; установочная плоскость является также измерительной базой. Исходные данные – в табл. 4.16.

Таблица 4.16

## Исходные данные для вариантов 16-18

Исходные данные	Номера вариантов		
	16	17	18
Размер обработки, мм	$45h10_{(-0,1)}$	$70h9_{(-0,074)}$	$90h11_{(-0,22)}$
Расчетная длина обработки L, мм	150	200	250
Ширина фрезерования B, мм	50	80	110
Величина партии деталей, шт.	50	70	90
Материал детали	Сталь 45	Сталь 25ХГТ	Серый чугун СЧ15
Жесткость станка (кгс/мм), 10Н/мм	900	600	1400
Подача S, мм/об	0,15	0,25	0,3
Материал режущей части	T15K6	T30K4	BK3
Величина $P_v$ (кгс), 10Н	14,5	16,5	20,5

*Варианты заданий 19-21.*

Определить точность шлифования ступени вала на круглошлифовальном станке в условиях массового производства. Настройка

– динамическая по пробным деталям; измерение настроечных деталей – с помощью миниметра; регулирование размера при настройке по лимбу станка; деталь установлена в центрах; круг шлифовальный – 24А.

Количество пробных деталей  $m = 5$ . Исходные данные – в табл. 4.17.

Таблица 4.17

Исходные данные для вариантов 19-21

Исходные данные	Номера вариантов		
	19	20	21
Диаметр обработки, мм	$\varnothing 50h6_{(-0,016)}$	$\varnothing 95h7_{(-0,035)}$	$\varnothing 120h8_{(-0,054)}$
Величина настроечной партии	60	110	160
Материал детали	Сталь 45	Чугун закал.	Цветн. сплав
Поперечная подача $S_{\text{поп}}$ , мм/об	0,005	0,008	0,010
Число оборотов круга $\Pi_{\text{ш.к.}}$ , об/мин	2500	3000	3500
Диаметр круга $D_{\text{ш.к.}}$ , мм	200	250	300
Число оборотов детали $n_d$ , об/мин	250	300	350
Цена деления и точность миниметра	1 мкм, 1-й кл.	2 мкм, 2-й кл.	5 мкм, 3-й кл.
Цена деления лимба станка, мм	0,01	0,02	0,05
Припуск на сторону $t$ , мм	0,15	0,18	0,2

*Варианты заданий 22-24.*

Определить точность развертывания отверстий разверткой с плавающим креплением, выполняемого в условиях массового производства. Настройка – динамическая по пробным деталям. Исходные данные – в табл. 4.18.

Таблица 4.18

Исходные данные для вариантов 22-24

Исходные данные	Номера вариантов		
	22	23	24
Диаметр отверстия, мм	$\varnothing 12H7^{(+0,018)}$	$\varnothing 18H8^{(+0,027)}$	$\varnothing 340H7^{(+0,057)}$
Длина обработки $L$ , мм	50	65	75
Величина настроечной партии, шт.	70	60	80
Продольная подача $S_{\text{прод}}$ , мм/об	0,9	1,0	0,7
Вид развертывания	Однократное	Двукратное	Однократное

## 4.5 Пример выполнения

4.5.1 Определить точность одностороннего чистового обтачивания цилиндрической ступени вала на токарном станке в условиях серийного производства. Способ установки – в центрах.

Настройка – динамическая по пробным деталям. Измерение деталей – с помощью микрометра, регулирование размеров – по лимбу станка. Количество пробных деталей  $m = 5$ .

Исходные данные:

Диаметр обработки, мм	Ø45h10 <sub>(-0,1)</sub>
Расчетная длина обработки $L$ , мм	150
Величина настроечной партии, шт.	50
Материал детали	Сталь 45
Жесткость станка $y$ (кгс/мм) 10Н/мм	500
Материал режущей части резца	T15K6
Подача $S_{прод}$ , мм/об	0,15
Величина $R_y$ (кгс), 10Н	8,0
Класс точности микрометра	0-й
Цена деления лимба станка, мм	0,02

Расчет величины  $\Delta_u$  – погрешности, обусловленной износом режущего инструмента, выполним по формуле для односторонней обработки

$$\Delta_u = \frac{U_o \cdot l}{1000}$$

где  $U_o$  – относительный износ инструмента, мкм/мм;  $l$  – путь резания, м.

Величину относительного износа инструмента для токарной обработки принимаем по табл. 4.1 с учетом материала режущей части инструмента T15K6 и материала детали – сталь 45 (углеродистая сталь).  $U_o$  по табл. 4.1 равен 5-7 мкм/мм, для расчета принимает  $U_o=6$  мкм.

Путь резания рассчитаем по формуле для точения

$$l = \frac{\pi D L n}{1000 S_{прод}}$$

где  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм, по условию  $D=45$  мм;  $L$  – расчетная длина обработки с учетом пути врезания и перебега режущего инструмента, мм, принимаем  $L=150+5=155$  мм (5 мм – величина врезания и перебега установленная для учебного расчета);  $n$  – количество деталей в настроечной партии, обрабатываемой в период между подналадками станка, по условию  $n=50$  шт.;  $S_{прод}$  – продольная подача инструмента или детали, мм/об, по условию  $S_{прод} = 0,15$  мм/об.

Тогда

$$l = \frac{\pi \cdot 45 \cdot 155 \cdot 50}{1000 \cdot 0,15} = 7304$$

Откуда

$$\Delta_u = \frac{6 \cdot 7304}{1000} = 44$$

Определение  $\Delta_{сл}$  – мгновенной погрешности обработки, в мкм выполним по табл. 4.4, с учетом  $D=45$  мм (строка интервала 30-50 мм),  $P_y = 8,0 \cdot 10$  Н (строка интервала 5-10 · 10 Н) и жесткости станка  $y=500 \cdot 10$  Н/мм (столбец интервала 400-600 · 10 Н/мм), тогда  $\Delta_{сл}=43$  мкм.

Расчет  $\Delta_n$  – погрешности настройки станка в данной задаче выполняется по формуле для погрешности динамической настройки

$$\Delta_{н.д.} = \sqrt{\Delta_{см}^2 + \Delta_{рег.}^2 + \Delta_{изм}^2}$$

где  $\Delta_{см}$  – смещение центра группирования размеров пробных деталей относительно середины поля рассеяния размеров, мкм.

$$\Delta_{см} = \frac{\Delta_{сл}}{\sqrt{m}}$$

где  $m$  – количество пробных деталей, по условию  $m=5$ , т.е.

$$\Delta_{см} = \frac{43}{\sqrt{5}} = 19$$

$\Delta_{рег}$  – погрешность регулирования положения режущего инструмента, зависящая от применяемого способа регулирования и определяемая по табл. 4.8, при цене деления лимба по условию равно 0,02 мм  $\Delta_{рег}=20-30$  мкм, принимаем  $\Delta_{рег}=25$  мкм;  $\Delta_{изм}$  – погрешность измерения, равная предельной погрешности используемого измерительного инструмента и определяемая по табл. 4.9, для микрометра 0-го класса точности при измерении  $\varnothing 45$  мм,  $\Delta_{изм} = \pm 6$  мкм=12 мкм.

Тогда

$$\Delta_{н.д.} = \sqrt{19^2 + 25^2 + 12^2} = 34 \text{ мкм}$$

Определение  $\varepsilon_y$  – погрешности установки заготовки, мкм. Эту погрешность принимаем равно 0, т.к. используется способ установки детали – в центрах.

Рассчитаем величину суммарной погрешности обработки по диаметральному размеру в серийном производстве по формуле

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_u + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \varepsilon_y^2} = 44 + 34 + \sqrt{43^2 + 0^2} = 121 \text{ мкм}$$

Требуемая точность размера задана по условию для  $\varnothing 45h10_{(-0,1)}$  она  $\delta=100$  мкм.

Следовательно, для условий данной задачи  $\Delta_{\Sigma} > \delta$ , т.к.  $121 \text{ мкм} > 100 \text{ мкм}$ . На этом результате строится вывод о проделанной работе.

4.5.2 Определить точность чистового фрезерования плоскости торцевой фрезой, выполняемого в условиях серийного производства. Настройка на размер – по установам приспособления. Деталь установлена на пластины по чисто обработанной поверхности в приспособлении с пневматическим зажимом; установочная плоскость является также измерительной базой.

Исходные данные:

Размер обработки, мм	$60h9_{(-0,074)}$
Расчетная длина обработки L, мм	200
Ширина фрезерования B, мм	60
Величина партии деталей, шт.	50
Материал детали	Сталь 45
Жесткость станка (кгс/мм), 10Н/мм	900
Подача S, мм/об	0,15
Материал режущей части	T15K6
Величина $P_y$ (кгс), 10Н	14,5

Величину суммарной погрешности обработки по продольному размеру в серийном производстве определим по формуле

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_u + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \varepsilon_y^2}$$

где  $\Delta_u$  – погрешность, обусловленная износом режущего инструмента;  $\Delta_n$  – погрешность настройки станка, мкм;  $\Delta_{сл}$  – поле рассеяния погрешностей обработки, обусловленных такими технологическими факторами случайного характера, как неравномерность припуска, неодинаковая твердость материала заготовки, недостаточная жесткость технологической системы, а также погрешностью формы детали. Эту величину называют также мгновенным полем рассеяния погрешности обработки;  $\varepsilon_y$  – погрешность установки заготовки, мкм.

С помощью табл. 4.1 определим величину относительного износа инструмента при фрезеровании  $U_{o.оф}=5-7$ , примем  $U_{o.оф}=6$  мкм и поставим ее в формулу

$$U_{o.фр} = \left(1 + \frac{100}{B}\right) \cdot U_o = \left(1 + \frac{100}{60}\right) \cdot 6 = 16 \text{ мкм}$$

где B – ширина фрезерования, мм, по условию B=60 мм.

Путь резания при торцевом фрезеровании рассчитаем по формуле [м]

$$l = \frac{L \cdot B \cdot n}{1000 S_{\text{прод}}}$$

где  $L$  – расчетная длина обработки с учетом пути врезания и перебега режущего инструмента, мм, примем  $L=200+5=205$  мм;  $n$  – количество деталей в настроечной партии, обрабатываемой в период между подналадками станка,  $n=50$  шт.;  $S_{\text{прод}}$  – продольная подача инструмента или детали, мм/об,  $S_{\text{прод}}=0,15$  мм/об.

$$l = \frac{205 \cdot 60 \cdot 50}{1000 \cdot 0,15} = 4100$$

Расчет величины  $\Delta_{\text{и}}$  – погрешности, обусловленной износом режущего инструмента, выполним по формуле для односторонней обработки

$$\Delta_{\text{и}} = \frac{U_{\text{о.фр}} \cdot l}{1000} = \frac{16 \cdot 4100}{1000} = 66$$

При обработке деталей в специальных приспособлениях на фрезерных станках фреза устанавливается с помощью щупа по эталону.

По условию задачи настройка на размер производится по установкам приспособления, т.е. деталь установлена на пластины по чисто обработанной поверхности в приспособлении с пневматическим зажимом и установочная плоскость является измерительной базой.

В этом случае погрешность настройки

$$\Delta_{\text{н}} = \sqrt{\Delta_{\text{э}}^2 + \Delta_{\text{щ}}^2 + \Delta_{\text{уст.ин}}^2}$$

где  $\Delta_{\text{э}}$  и  $\Delta_{\text{щ}}$  – погрешность изготовления соответственно эталона и щупа;  $\Delta_{\text{уст.ин}}$  – точность установки фрезы по щупу.

Значение  $\Delta_{\text{уст.ин}}$  при установке его с помощью металлического щупа находится в пределах 7-10 мкм, принимаем  $\Delta_{\text{уст.ин}} = 8,5$  мкм.

Фрезерные эталоны (установы) принимаются высотой  $H = 8-12$  мм с точностью изготовления по Н7,  $\Delta_{\text{э}} = 18$  мкм, щупы принимаются плоские  $b = 1, 3, 5$  мм с точностью изготовления по Н7,  $\Delta_{\text{щ}} = 10$  мкм. Поставив указанные значения в формулу для определения  $\Delta_{\text{н}}$ , получим

$$\Delta_{\text{н}} = \sqrt{18^2 + 10^2 + 8,5^2} = 22 \text{ мкм}$$

Определение  $\Delta_{сл}$  – мгновенной погрешности обработки, в мкм выполним по табл. 4.5, с учетом размера обработки равного 60 мм (строка интервала 50-80 мм),  $P_y = 14,5 \cdot 10$  Н (строка интервала 5-15 · 10 Н) и жесткости станка  $y=900 \cdot 10$  Н/мм (столбец интервала 700-1000 · 10 Н/мм), тогда  $\Delta_{сл}=70$  мкм.

При фрезеровании плоскостей погрешность установки заготовки  $\varepsilon_y$  определим по формуле

$$\varepsilon_y = \varepsilon_6 + \varepsilon_3$$

По условию задачи совмещены установочная и измерительная базы, поэтому погрешность базирования  $\varepsilon_6 = 0$ .

Погрешность закрепления  $\varepsilon_3$  определим по табл. 4.10. Для поперечного размера в пределах 50-80 мм  $\varepsilon_3=50$  мкм

Рассчитаем величину суммарной погрешности обработки по продольному размеру в серийном производстве по формуле

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_u + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \varepsilon_y^2} = 66 + 22 + \sqrt{70^2 + 50^2} = 172 \text{ мкм}$$

Требуемая точность размера задана по условию для  $60h9_{(-0,074)}$  она  $\delta=74$  мкм.

Следовательно, для условий данной задачи  $\Delta_{\Sigma}>\delta$ , т.к.  $172\text{мкм}>74\text{мкм}$ . На этом результате строится вывод о проделанной работе.

4.5.3 Определить точность шлифования ступени вала на круглошлифовальном станке, выполняемого в условиях серийного производства. Настройка – динамическая по пробным деталям; измерение настроечных деталей – с помощью миниметра; регулирование размера при настройке по лимбу станка; деталь установлена в центрах; круг шлифовальный – 24А.

Количество пробных деталей  $m = 5$ .

Исходные данные:

Диаметр обработки, мм	$\varnothing 55h6_{(-0,016)}$
Величина настроечной партии	50
Материал детали	Сталь 45
Жесткость станка (кгс/мм), 10Н/мм	1000
Поперечная подача $S_{поп}$ , мм/об	0,005
Число оборотов круга $n_{ш.к.}$ , об/мин	2500
Диаметр круга $D_{ш.к.}$ , мм	200
Число оборотов детали $n_d$ , об/мин	250
Цена деления и точность миниметра	1 мкм, 1-й кл.

Цена деления лимба станка, мм	0,01
Припуск на сторону $t$ , мм	0,15
Величину суммарной погрешности обработки по диаметральному размеру в серийном производстве определим по формуле	

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_u + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \varepsilon_y^2}$$

где  $\Delta_u$  – погрешность, обусловленная износом режущего инструмента;  $\Delta_{сл}$  – поле рассеяния погрешностей обработки, обусловленных такими технологическими факторами случайного характера, как неравномерность припуска, неодинаковая твердость материала заготовки, недостаточная жесткость технологической системы, а также погрешностью формы детали. Эту величину называют также мгновенным полем рассеяния погрешности обработки;  $\Delta_n$  – погрешность настройки станка, мкм;  $\varepsilon_y$  – погрешность установки заготовки, мкм.

Погрешность, обусловленную износом режущего инструмента  $\Delta_u$  определим по формуле

$$\Delta_u = \frac{U_o \cdot l}{1000}$$

где  $U_o$  – относительный износ инструмента, мкм/мм;  $l$  – путь резания, м.

Величину  $U_o$  определим по табл. 4.2 в зависимости от материала детали – сталь 45 и марки круга керамического – 24А,  $U_o = 0,03$  мкм/км

Путь резания при круговом и бесцентровом шлифовании с поперечной подачей рассчитывается по формуле

$$l = \frac{\pi D_{ш.к.} \cdot n_{ш.к.} \cdot t \cdot n \cdot k}{1000 \cdot n_D \cdot S_{non}}$$

где  $n$  – количество деталей в настроечной партии, обрабатываемой в период между подналадками станка;  $D_{ш.к.}$  – диаметр шлифовального круга, мм;  $n_{ш.к.}$  – число оборотов шлифовального круга в минуту;  $t$  – припуск на сторону, мм;  $k$  – коэффициент на вывод искры,  $k=1,1-1,3$ , принимаем  $k=1,2$ ;  $n_D$  – число оборотов детали в минуту;  $S_{non}$  – поперечная подача на один двойной ход, мм.

Подставив значения, заданные по условию, получим

$$l = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 2500 \cdot 0,15 \cdot 50 \cdot 1,2}{1000 \cdot 250 \cdot 0,005} = 11309$$



Тогда

$$\Delta_u = \frac{0,03 \cdot 11309}{1000} = 0,339 \text{ мкм}$$

Определение  $\Delta_{сл}$  – мгновенной погрешности обработки, в мкм выполним по табл. 4.3, с учетом  $D=55$  мм (строка интервала 50-80 мм) и жесткости станка  $y=1000 \cdot 10$  Н/мм, тогда  $\Delta_{сл}=18$  мкм.

Расчет  $\Delta_n$  – погрешности настройки станка в данной задаче выполняется по формуле для погрешности динамической настройки

$$\Delta_{н.д.} = \sqrt{\Delta_{см}^2 + \Delta_{рег.}^2 + \Delta_{изм}^2}$$

где  $\Delta_{см}$  – смещение центра группирования размеров пробных деталей относительно середины поля рассеяния размеров, мкм.

$$\Delta_{см} = \frac{\Delta_{сл}}{\sqrt{m}}$$

где  $m$  – количество пробных деталей, по условию  $m=5$ , т.е.

$$\Delta_{см} = \frac{18}{\sqrt{5}} = 8$$

$\Delta_{рег}$  – погрешность регулирования положения режущего инструмента, зависящая от применяемого способа регулирования и определяемая по табл. 4.8, при цене деления лимба по условию равно 0,01 мм  $\Delta_{рег}=10-20$  мкм, принимаем  $\Delta_{рег}=15$  мкм;  $\Delta_{изм}$  – погрешность измерения, равная предельной погрешности используемого измерительного инструмента и определяемая по табл. 4.9, для миниметра 1-го класса точности при измерении  $\varnothing 55$  мм,  $\Delta_{изм}=1,4$  мкм.

Тогда

$$\Delta_n = \sqrt{8^2 + 15^2 + 1,4^2} = 17 \text{ мкм}$$

Определение  $\varepsilon_y$  – погрешности установки заготовки, мкм. Эту погрешность принимаем равно 0, т.к. используется способ установки детали – в центрах.

Рассчитаем величину суммарной погрешности обработки по диаметральному размеру в серийном производстве по формуле

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_u + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \varepsilon_y^2} = 0,339 + 17 + \sqrt{18^2 + 0^2} = 35 \text{ мкм}$$

Требуемая точность размера задана по условию для  $\varnothing 55h6_{(-0,016)}$  она  $\delta=16$  мкм.

Следовательно, для условий данной задачи  $\Delta_{\Sigma} > \delta$ , т.к.  $35 \text{ мкм} > 16 \text{ мкм}$ . На этом результате строится вывод о проделанной работе.

4.5.4 Определить точность развертывания отверстий разверткой с плавающим креплением, выполняемого в условиях серийного производства. Настройка – динамическая по пробным деталям. Количество пробных деталей  $m = 5$ .

Исходные данные:

Диаметр отверстия, мм	$\varnothing 8H7(+0,015)$
Длина обработки $L$ , мм	30
Величина настроечной партии, шт.	70
Продольная подача $S_{\text{прод}}$ , мм/об	0,9
Вид развертывания	Однократное
Цена деления и точность миниметра	1 мкм, 1-й кл.
Цена деления лимба станка, мм	0,01

Величину суммарной погрешности обработки по диаметральному размеру в серийном производстве определим по формуле

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_u + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{\text{сл}}^2 + \varepsilon_y^2}$$

где  $\Delta_u$  – погрешность, обусловленная износом режущего инструмента;  $\Delta_{\text{сл}}$  – поле рассеяния погрешностей обработки, обусловленных такими технологическими факторами случайного характера, как неравномерность припуска, неодинаковая твердость материала заготовки, недостаточная жесткость технологической системы, а также погрешностью формы детали. Эту величину называют также мгновенным полем рассеяния погрешности обработки;  $\Delta_n$  – погрешность настройки станка, мкм;  $\varepsilon_y$  – погрешность установки заготовки, мкм.

Относительный износ разверток составляет  $U_o = 0,005 - 0,008$  мм/км, принимаем  $U_o = 6,5$  мкм/км

Путь резания рассчитаем по формуле для сверления, зенкерования и развертывания

$$l = \frac{\pi D L n}{1000 S_{\text{прод}}}$$

где  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;  $L$  – расчетная длина обработки с учетом пути врезания и перебега режущего инструмента, мм;  $n$  – количество деталей в настроечной партии, обрабатываемой в период между подналадками станка;  $S_{\text{прод}}$  – продольная подача инструмента или детали, мм/об

$$l = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 35 \cdot 70}{1000 \cdot 0,9} = 68$$

Тогда

$$\Delta_u = \frac{U_o \cdot l}{1000} = \frac{6,5 \cdot 68}{1000} = 0,4$$

Определение  $\Delta_{сл}$  – мгновенной погрешности обработки, в мкм выполним по табл. 4.6, с учетом  $D=8$  мм (строка интервала 6-10 мм) и однократном развертывании, тогда  $\Delta_{сл}=30$  мкм.

В данной задаче рассматривается использование мерного режущего инструмента – развертки, поэтому расчет  $\Delta_n$  – погрешности настройки станка выполняется по формуле

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{ИН}^2 + \Delta_{У.И.}^2}$$

где  $\Delta_{ИН}$  – погрешность изготовления инструмента, равная допуску на его изготовление по исполнительному размеру и определяемая по табл. 4.7, при  $\varnothing 8H7^{(+0,015)}$  (интервал 6-10 мм) и 7 квалитет точности  $\Delta_{ИН} = 5$  мкм;  $\Delta_{У.И.} = 0$ , так как закрепление развертки плавающее.

Погрешность установки при плавающем закреплении развертки  $\varepsilon_y = 0$ .

Рассчитаем величину суммарной погрешности обработки по диаметральному размеру в серийном производстве по формуле

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_u + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \varepsilon_y^2} = 0,4 + 5 + \sqrt{30^2 + 0^2} = 35,4 \text{ мкм}$$

Требуемая точность размера задана по условию для  $\varnothing 8H7^{(+0,015)}$  она  $\delta=15$  мкм.

Следовательно, для условий данной задачи  $\Delta_{\Sigma} > \delta$ , т.к.  $35,4 \text{ мкм} > 15 \text{ мкм}$ . На этом результате строится вывод о проделанной работе.

#### 4.6 Содержание отчета

1. Название работы.
2. Исходные данные, необходимые для расчета  $\Delta_{\Sigma}$ .
3. Расчет величин  $\Delta_u$ ,  $\Delta_{сл}$ ,  $\Delta_n$ ,  $\varepsilon_y$ .
4. Расчет величин  $\Delta_{\Sigma}$  и  $\delta$  (требуемая точность размера).
5. Выводы.

#### 4.7 Контрольные вопросы

1. Как рассчитывается величина суммарной погрешности в мас-

совом производстве?

2. Как определяется величина, обусловленная износом режущего инструмента?

3. Чему равна величина динамической настройки станка и как определяются ее элементы?

4. Чему равна погрешность настройки при использовании мерного режущего инструмента?

5.

## **5 Практическая работа на тему: «Расчет точности базирования заготовки на опорах-штырях»**

### **5.1 Цель работы**

Ознакомиться с методикой определения точности базирования заготовок на опорах-штырях с учетом шероховатости и волнистости.

### **5.2 Порядок выполнения работы**

1. Внимательно изучить методику решения поставленной задачи.
2. На основании исходных данных, приведенных в *табл. 5.1-5.3*, определить  $h$  и угол  $\alpha$ .
3. В соответствии с требованиями составить отчет о выполнении практической работы.
4. Защитить практическую работу.

### **5.3 Методика решения задачи**

*Расчет точности базирования заготовки на опорах-штырях с учетом шероховатости и волнистости*

При механической обработке заготовок в приспособлениях при установке на постоянные опоры-штыри вследствие дефектов базы (погрешности формы, волнистости и шероховатости поверхности) не достигается требуемое положение заготовки.

Геометрические погрешности опор-штырей, в частности волнистость, существенно влияют на точность обрабатываемой детали.

При проектировании технологических процессов технологу нужны данные, позволяющие выбрать способ механической обработки, обеспечивающий допустимую волнистость и шероховатость.

*Волнистость* – неровности, занимающие промежуточное положение по шагу между шероховатостью и отклонениями геометрической формы. К качественным параметрам волнистости относят шаг и форму профиля волн, к количественным – высоту волн, радиус при вершине, радиус во впадине. Форма профиля волн реальной поверхности может быть синусоидальная, параболическая, циклоидная и др.

*Параметры волнистости:*  $W_z$  – высота волнистости,  $W_{\max}$  – наибольшая высота волны,  $S_w$  – средний шаг волнистости.

Величина  $W_z$  равна среднеарифметическому значению из пяти высот волнистости ( $W_1-W_5$ ), определяемых на пяти одинаковых участках измерения.

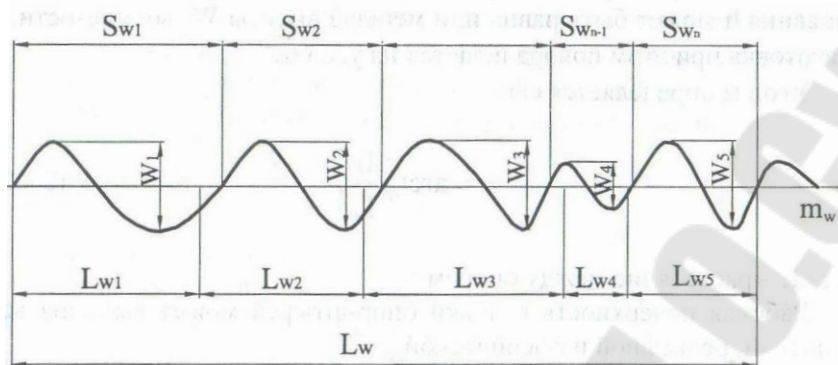


Рис. 5.1 Профиль волнистой поверхности

Параметры волнистости отсчитываются от средней линии профиля ( $m_w$ ) базовой линии волнистости ( $L_w$ ).

$$W_z = \frac{1}{5}(W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5) \quad (5.1)$$

Процесс волнообразования на обработанной поверхности изменяет характеристики качества поверхностного слоя. При установке заготовки на постоянные опоры возникает погрешность базирования с учетом указанных дефектов.

Профиль волнистой поверхности базы обычно близок к синусоидальному (рис. 5.2).

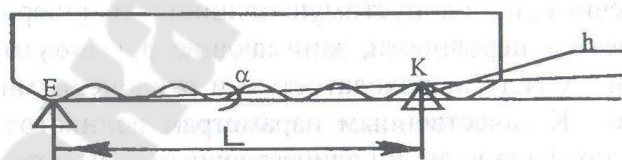


Рис. 5.2 Схема образования погрешности базирования при наиболее неблагоприятной расстановке опор

При установке заготовки плоскостью на три опоры-штыря может быть случай, когда две левые опоры Е осуществляют контакт с вершиной волны, а правая К с впадиной волны. Сечение заготовки в месте опоры К опускается относительно заданного положения на величину погрешности базирования  $h$ . Величина погрешности базирования  $h$  может быть равна или меньше высоты  $W_z$  волнистости, а заготовка при этом поворачивается на угол  $\alpha$ .

Угол  $\alpha$  определяется по формуле

$$\alpha = \arctg \frac{h}{L} \quad (5.2)$$

где  $L$  – расстояние между опорами.

Рабочая поверхность головки опор-штырей может выполняться плоской, рельефной и сферической.

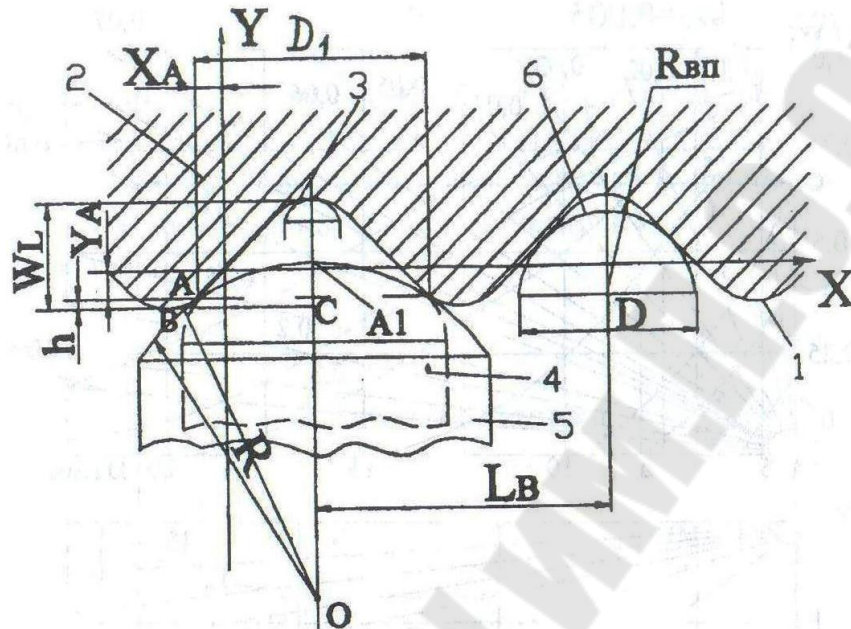


Рис. 5.3 Схема образования погрешности базирования при разном контактировании опор с заготовкой

При использовании опор-штырей с плоской рабочей поверхностью (рис. 5.3) возможны два варианта контактирования ее с базой заготовки:

1) по вершинам волн, когда диаметр  $D_1$  головки больше шага  $L_B$  волны базы. При этом  $h = 0$ ;

2) кромками головки 4 с боковыми сторонами волнистого профиля заготовки, что возможно при условии  $D_1 < L_B$ . В этом случае  $h = W_z / 2 Y_A$ , где  $Y_A$  – ордината точки А пересечения прямой 2 с волнистым профилем базы 1 заготовки. Прямая 2 параллельна оси  $Y$  и отстоит от середины впадины на величину  $D_1/2$ .

Значение  $Y_A$  определяют совместным решением уравнения волнистого профиля

$$\left( y = \frac{W_z}{2} x \sin \frac{2\pi}{L_B} \right)$$

и прямой 2 ( $X = X_A = L_B/2 - D_1/2$ , где  $X_A$  – абсцисса точки А).

Максимально возможная величина погрешности базирования  $h = W_z [1 + \sin \pi(1/2 - D_1/L_B)]/2$ .

Определить величины  $h$  и  $\alpha$  можно при использовании номограмм (рис. 5.4).

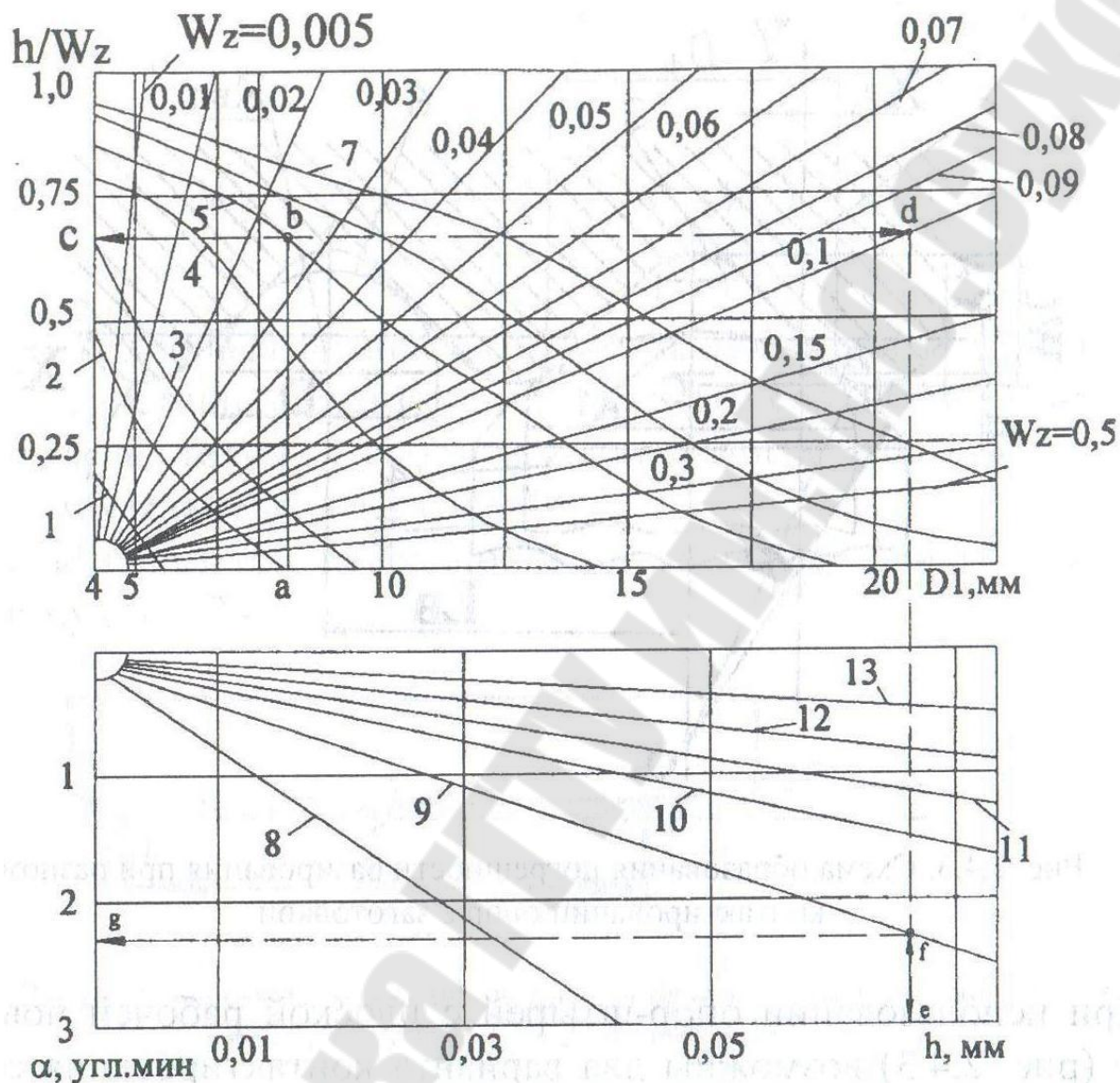


Рис. 5.4 Номограммы максимально возможных значений относительной погрешности  $h/W_z$  базирования, погрешности  $h$  базирования и угла  $\alpha$  поворота заготовки (контакт опор плоской головкой по боковым сторонам профиля волн). При шаге волны  $L_B=6$ мм (1), 8мм (2), 10мм (3), 15мм (4), 20мм (5), 25мм (6), 30мм (7) и расстоянии между опорами  $L=50$ мм (8), 100мм (9), 150мм (10), 200мм (11), 300мм (12), 500мм (13)



## 5.4 Исходные данные

### Задание 1

Определить  $h$  и угол  $\alpha$  поворота заготовки при установке ее по направляющей волнистой базе с параметрами  $L_B$  и  $W_z$  по *табл.5.1* на опоры диаметром  $D$  и длиной  $L$  по *табл.5.1* с плоской головкой  $D_1=8$ мм.

Таблица 5.1

Варианты заданий

№ варианта	$L_B$ , мм	$W_z$ , мм	$L$ , мм	$D$ , мм
1	6	0,1	50	5
2	15	0,15	100	10
3	20	0,25	100	15
4	15	0,06	300	5
5	25	0,09	200	10
6	30	0,1	150	15
7	30	0,3	500	20
8	25	0,15	300	15
9	6	0,1	300	15
10	15	0,15	500	20
11	20	0,25	150	15
12	15	0,06	200	10
13	25	0,09	300	5
14	30	0,1	100	15
15	30	0,3	100	10
16	25	0,15	50	5
17	6	0,15	300	5
18	15	0,3	500	10
19	20	0,1	150	15
20	15	0,09	200	5
21	25	0,06	300	10
22	30	0,25	100	15
23	30	0,15	100	20
24	25	0,1	50	15
25	6	0,15	100	5

### Задание 2

Определить, какой случай контактирования будет происходить при установке трех литых заготовок в одном приспособлении, погрешность базирования  $h$  и угол поворота заготовки  $\alpha$ .

Таблица 5.2

## Варианты заданий

№ варианта	L <sub>в</sub> , мм, заготовок	W <sub>z</sub> , мм	D, мм	R, мм	L, мм
1	2; 4; 10	0,1; 0,05; 0,3	10	10	100
2	4; 6; 10	0,2; 0,1; 0,25	16	16	150
3	6;4; 2	0,3; 0,1; 0,05	25	25	200
4	8; 10; 6	0,4; 0,15; 0,3	32	32	100
5	10; 8; 4	0,5; 0,4; 0,2	16	16	150
6	2; 4; 10	0,1; 0,05; 0,3	16	16	150
7	4; 6; 10	0,2; 0,1; 0,25	32	32	100
8	6;4; 2	0,3; 0,1; 0,05	25	25	200
9	8; 10; 6	0,4; 0,15; 0,3	16	16	150
10	10; 8; 4	0,5; 0,4; 0,2	10	10	100
11	2; 4; 10	0,5; 0,4; 0,2	16	16	150
12	4; 6; 10	0,4; 0,15; 0,3	32	32	200
13	6;4; 2	0,2; 0,1; 0,25	16	16	150
14	8; 10; 6	0,3; 0,1; 0,05	25	25	150
15	10; 8; 4	0,1; 0,05; 0,3	10	10	150
16	2; 4; 10	0,2; 0,1; 0,25	25	32	150
17	10; 8; 4	0,3; 0,1; 0,05	32	16	200
18	2; 4; 10	0,1; 0,05; 0,3	32	32	200
19	4; 6; 10	0,2; 0,1; 0,25	16	16	150
20	6;4; 2	0,3; 0,1; 0,05	25	25	150
21	8; 10; 6	0,4; 0,15; 0,3	10	10	150
22	10; 8; 4	0,5; 0,4; 0,2	25	32	150
23	6;4; 2	0,3; 0,1; 0,05	32	32	100
24	8; 10; 6	0,4; 0,15; 0,3	16	16	150
25	10; 8; 4	0,5; 0,4; 0,2	16	16	150

## Задание 3

Определить  $h$  и  $\alpha$  по формулам (5.2), (5.3) при установке заготовки, имеющей волнистый профиль, на опорные штыри при допустимом угле поворота  $\alpha=20'$  (точность обработки – 12 квалитет).

Таблица 5.3

## Варианты заданий

№ варианта	L <sub>в</sub> , мм	W <sub>z</sub> , мм	L, мм	R, мм	D, мм
1	10	0,5	50	40	40
2	6	0,6	20	32	32
3	8	0,7	100	25	25
4	4	0,5	150	40	40
5	10	0,9	50	32	32
6	10	0,9	50	32	40
7	6	0,5	20	40	32
8	8	0,6	100	32	25

Продолжение таблицы 5.3

№ варианта	$L_B$ , мм	$W_z$ , мм	L, мм	R, мм	D, мм
9	4	0,7	150	25	40
10	10	0,5	50	40	32
11	10	0,6	100	40	40
12	6	0,7	150	32	32
13	8	0,5	50	25	25
14	4	0,9	50	40	40
15	10	0,9	20	32	32
16	10	0,7	100	25	25
17	6	0,5	150	40	40
18	8	0,9	50	32	32
19	4	0,9	50	32	40
20	10	0,5	20	40	32
21	10	0,6	100	32	25
22	6	0,7	150	25	40
23	8	0,5	50	40	32
24	4	0,6	100	40	40
25	10	0,7	150	32	32

### 5.5 Примеры выполнения

*Пример 1.* Определить  $h$  и угол  $\alpha$  поворота заготовки при установке ее по направляющей волнистой базе с  $L_B = 20$ мм,  $W_z = 0,1$ мм на опоры диаметром  $D = 10$ мм с плоской головкой  $D_1 = 8$ мм,  $L = 100$ мм.

По шкале абсцисс (*рис. 5.4*) откладываем значение  $D_1 = 8$ мм (точка «а»). Далее проводим линию, параллельную оси ординат, до пересечения с кривой 5 ( $L_B = 20$ мм) и определяем точку «b». От точки «b» перемещаемся параллельно оси абсцисс и находим на оси ординат относительную погрешность базирования  $h/W_z = 0,67$ , что соответствует точке «с». Затем, двигаясь в направлении прямой  $W_z = 0,1$ мм до пересечения с ней, находим точку «d» и при дальнейшем движении параллельно оси ординат до пересечения с осью абсцисс находим точку «е» – погрешность базирования  $h = 0,067$ мм. Далее на пересечении с прямой 9 (что соответствует  $L = 100$ мм) определяем точку «f», от которой перемещаемся параллельно оси абсцисс в сторону оси ординат до пересечения с ней в точке «g», определяем угол  $\alpha = 2'20''$ .

При использовании опорных штырей со сферической головкой возможны три случая расположения правой опоры (*рис. 5.3*).

1. Контакт опоры 3 по дну впадины волны, когда радиус  $R$  сферической части опоры меньше радиуса кривизны впадины  $R_{ВП}$ .

2. Контакт опоры 6 с боковыми сторонами профиля волны, когда

$R > R_{ВП}$ , причем диаметр  $D$  этой опоры может быть меньше и больше  $L_B$ .

3. Контакт по зонам, близким к вершинам волн, что наблюдается при диаметре  $D$  опоры 5, существенно большим, чем  $L_B$ , тогда  $h = 0$ .

Если соблюдается условие  $R \leq R_{ВП}$ , то опора контактирует с дном впадины волны, а при несоблюдении этого условия – с боковыми сторонами профиля.

Стандартные значения радиуса сферы опоры:  $R = 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40$  мм. Радиус синусоидального профиля  $R_{ВП} = 0,05(L_{ВП})^2 W_z$ , численные значения его определяют из таблиц.

Зная  $L_B$  и  $W_z$  волнистой поверхности базы и выбрав  $R$  и  $D$  опоры пальца, определяют условия контактирования. В первом случае контактирования  $h = W_z$ , а угол  $\alpha$  определяют по формуле (5.2).

Во втором случае вычисления сложны и громоздки. Значения  $h$  и  $\alpha$  проще определять с помощью номограмм (рис. 5.5), которые построены для большинства стандартных значений радиуса  $R$ .

*Пример 2.* Определить, какой случай контактирования наблюдается при установке трех заготовок, имеющих волнистые базы  $L_B = 2,6$  и  $10$  мм.  $W_z = 0,05, 0,15, 0,3$  мм. Заготовки устанавливаются в одном приспособлении на опоры с  $D = 16$  мм,  $R = 16$  мм,  $L = 150$  мм. Необходимо определить  $h$  и  $\alpha$ .

Устанавливаем  $R_{ВП}$  из табл. 5.2,  $R_{ВП} = 4, 13, 5, 16,7$  мм соответственно. Сравнивая  $R_{ВП}$  и  $R$ , устанавливаем, что во второй заготовке контакт опоры будет по дну впадины, следовательно,  $h = W_z = 0,3$  мм.

В первой и третьей заготовке может быть по боковым сторонам профиля  $h < W_z$ .

На номограмме  $L_B = 6$  мм (рис. 5.5) по шкале абсцисс откладываем  $W_z$  (точка  $a$ ). Перемещаемся вверх параллельно оси ординат до пересечения с кривой 3 (которая соответствует  $R = 16$  мм) в точке « $b$ », а затем влево параллельно оси абсцисс до пересечения с осью ординат в точке « $c$ ». Получаем значение  $h = 0,13$  мм. Далее переходим на номограмму  $h = f(a)$  и находим точку  $d$ . Передвигаясь до пересечения с прямой 10 ( $L_B = 15$  мм) в точке « $e$ » и затем параллельно оси ординат до пересечения с осью абсцисс в точке  $f$ , получаем  $\alpha = 3'20''$ . Аналогично находим для второй заготовки  $h = 0,3$  мм,  $\alpha = 7'$ , для третьей заготовки  $h = 0,025$  мм,  $\alpha = 36''$ .

Для третьего контактирования  $h$  определяют по приближенной зависимости для синусоидального профиля и по точной – для остро-

вершинного профиля. Последняя зависимость получается при рассмотрении треугольника  $BCO$  и отрезков  $A_1O$  и  $CO$  (рис. 5.3).

$$h = A_1O - CO = R - \sqrt{R^2 - (L_B/2)^2} \quad (5.3)$$

Формула применима при  $W_z > 0,5$  мм и  $R > 3L_B$ .

Если  $h$ , вычисленное по формуле (5.3), больше  $W_z$ , то контакт опоры с заготовкой происходит по впадине профиля волны.

*Пример 3.* Поверхность литой заготовки имеет волнистый профиль с  $L_B = 10$  мм,  $W_z = 0,6$  мм. Найти  $h$  и  $\alpha$  при установке заготовок по направляющей базе на штыри с  $R = 40$  мм,  $D = 20$  мм. По формулам (5.2) и (5.3) определяем  $h$  и  $\alpha$ :

$$h = 40 - \sqrt{40^2 - (10/2)^2} = 0,314 \text{ мм};$$

$$\alpha = \arctg \frac{h}{L} = \arctg \frac{0,314}{20} = \arctg 0,0157, \quad \alpha = 5'23''.$$

Для заготовок с  $L > 160$  мм, обработанных резанием, допуск значений  $\alpha$  при точности 12-16 квалитетов составляет  $20'$ . Следовательно, данная схема установки обеспечивает точность расположения ее поверхностей в пределах допуска.

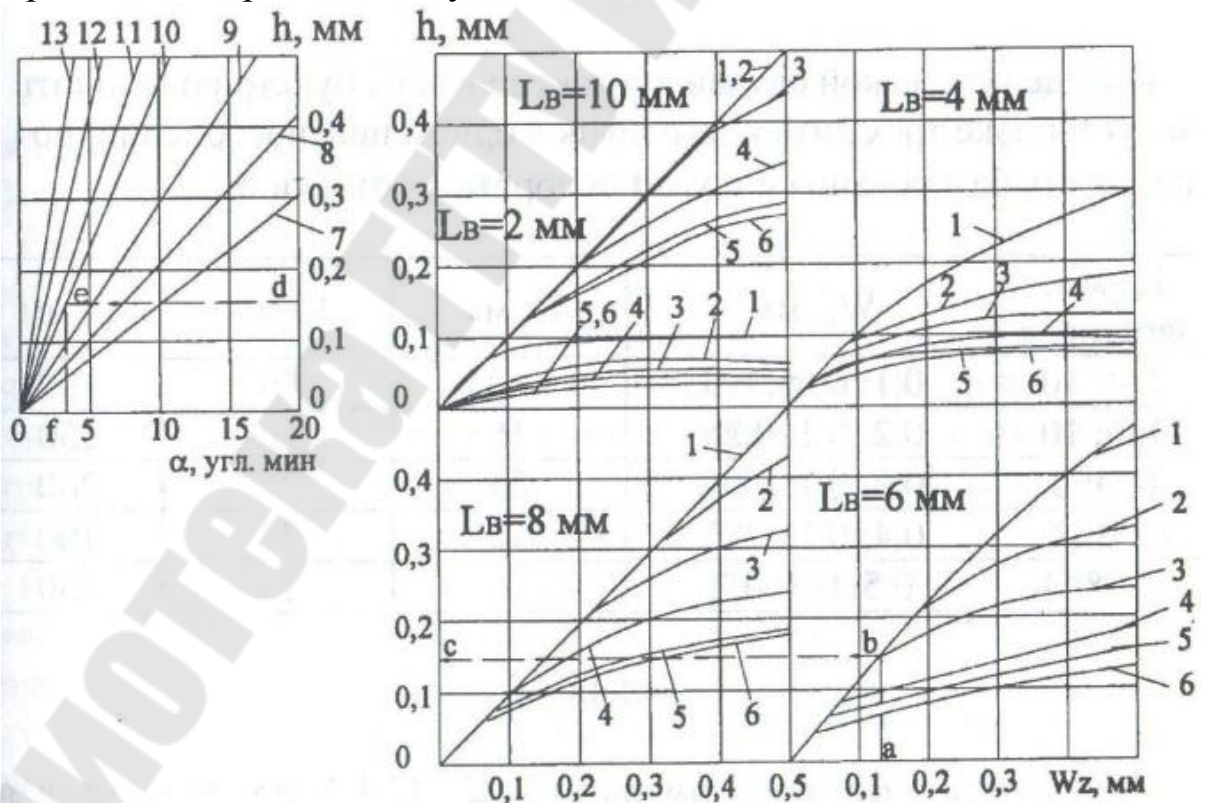


Рис. 5.5 Номограмма максимальных возможных погрешностей  $h$  базирования и угла  $\alpha$  поворота заготовки (контакт опор со сферической головкой по боковым сторонам профиля волн) при радиусе сферы  $R=5$  мм (1) 10 мм (2), 16 мм (3), 25 мм (4), 32 мм (5), 40 мм (6) и расстоянии между опорами  $L=50$  мм (7), 70 мм (8), 100 мм (9), 150 мм (10), 200 мм (11), 300 мм (12), 500 мм (13)

## 5.6 Содержание отчета

1. Название работы.
2. Исходные данные, необходимые для расчетов.
3. Расчеты по заданиям 1, 2 и 3.
4. Выводы.

## 5.7 Контрольные вопросы

1. Вследствие чего при механической обработке заготовок в приспособлениях при установке на постоянные опоры-штыри не достигается требуемое положение заготовки?
2. Что понимается под волнистостью?
3. Что относится к качественным показателям волнистости?
4. Что относится к количественным показателям волнистости?
5. Назовите основные формы профиля волн реальной поверхности.
6. Чему равна высота волнистости  $W_z$ ?

## 6 Практическая работа на тему: «Расчет параметров настройки технологических систем»

### 6.1 Цель работы

Изучить методы настройки технологической системы, определения настроечного размера, погрешности и допуска настройки.

### 6.2 Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучить методику решения поставленной задачи.
2. Проанализировать выданное задание.
3. Рассчитать для настройки системы статическим методом  $\Delta_{эт}, \Delta_{н.ст}, L_{расч}^H$
4. Рассчитать для настройки системы по эталону (установу)  $L_{эт}^{пром}, \Delta_{попр}, L_{эт}, \Delta_n$
5. Рассчитать для настройки динамическим методом  $\Delta_{н.д}; L_o; \delta_n; \delta_{см}$ . В случае необходимости определить величину корректировки режущего инструмента.
6. Проанализировать полученные результаты.
7. Составить отчет.
8. Защитить практическую работу.

### 6.3 Методика решения задачи

Под наладкой (ГОСТ 3.1109-81) технологической системы понимают приведение ее в рабочее состояние, пригодное для использования при выполнении технологической операции процесса.

Настройка (регулирование) технологической системы станка на размер, являясь частью наладки, включает согласованную установку режущего инструмента, рабочих органов станка, приспособления в положение, которое обеспечивает получение заданного размера, с установленным допуском на изготовление [4].

Взаимное положение элементов технологической системы определяется «установочным размером». Поле рассеяния положений инструмента при наладке называют погрешностью наладки станка на размер ( $\Delta_n$ ). Ориентировочно погрешность  $\Delta_n$  принимается равной разности между предельными значениями установочного размера.

В настоящее время применяются следующие методы настройки станков: статический; динамический по пробным заготовкам с

помощью рабочего калибра, по пробным заготовкам с помощью универсального мерительного инструмента.

Из указанных динамических методов наибольшее распространение получил второй метод настройки, как обеспечивающий более высокую точность обработки деталей. Поэтому метод настройки по пробным заготовкам с помощью рабочего калибра в работе не рассматривается.

При статической настройке установка режущего инструмента на размер осуществляется по эталону (детали), представляющему собой упрощенный макет обрабатываемой детали.

Погрешность настройки рассчитывается по формуле

$$\Delta_{н.ст.} = \sqrt{\Delta_{эт.}^2 + \Delta_{уст.ин}^2} \quad (6.1)$$

где  $\Delta_{эт}$  – погрешность, обусловленная неточностью изготовления и установки эталона на станке, мкм;  $\Delta_{уст.ин}$  – погрешность установки инструмента по эталону, мкм.

Погрешность  $\Delta_{эт}$  определяется суммой

$$\Delta_{эт} = \Delta_{изг.эт} + \Delta_{уст.эт} \quad (6.2)$$

Погрешность изготовления эталона колеблется в пределах 10...20 мкм, погрешность установки также не должна превышать 10...20 мкм.

Погрешность установки инструмента по эталону зависит от способа установки и определяется по *табл. 6.1*.

*Таблица 6.1*

Погрешность установки инструмента по эталону  $\Delta_{уст.ин}$ , мкм

Способ установки инструмента	На сторону	На диаметр
Закрепление резца винтами после касания с эталоном	100-130	200-260
Подведение резца, закрепленного в резцедержателе: до непосредственного касания с эталоном	20-30	40-60
с некоторым зазором, определяемым с помощью бумажного щупа	10-20	20-40
с помощью металлического щупа	7-10	14-20
с помощью индикатора	5-15	10-30

Для компенсации изменения фактических размеров обрабатываемых заготовок установочные калибры или эталонные детали при статической настройке изготавливаются с отступлением



от чертежа заготовки на величину некоторой поправки  $\Delta_{\text{попр}}$ . В этом случае расчетный настроечный размер  $L_{\text{расч}}^H$  эталона определяется по формуле

$$L_{\text{расч}}^H = \frac{L_{\text{min}} + L_{\text{max}}}{2} \pm \Delta_{\text{попр}} \quad (6.3)$$

где  $L_{\text{min}}$  и  $L_{\text{max}}$  – соответственно наименьший и наибольший предельные размеры детали по чертежу;  $\Delta_{\text{попр}}$  – поправка, учитывающая деформацию в упругой технологической системе и высоту неровностей поверхности эталона, по которой производится настройка

$$\Delta_{\text{попр}} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 \quad (6.4)$$

где  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$ ,  $\Delta_3$  – составляющие поправки, учитывающие соответственно действие сил резания, высоту неровностей поверхности обрабатываемых заготовок и величину зазора в подшипниках шпинделя.

В формуле (6.3) знак (-) принимается для случая обработки вала, а знак (+) для отверстия.

При односторонней обработке

$$\Delta_1 = P_y / j \quad (6.5)$$

где  $P_y$  – нормальная составляющая силы резания, Н;  $j$  – жесткость станка, Н/мм.

При двухсторонней обработке значение  $\Delta_1$  удваивается:

$$\Delta_2 = R_a \quad (6.6)$$

где  $R_a$  – высота неровностей поверхности заготовки, мкм.

Значение  $\Delta_3$  принимается равным 20...40 мкм. Статический метод настройки не позволяет получить точность деталей выше 8...9 квалитетов.

При обработке деталей в специальных приспособлениях, например, на фрезерных станках, фреза устанавливается с помощью щупа по эталону (установу), закрепленному на его корпусе.

В этом случае определяют промежуточный размер эталона

$$L_{\text{эт}}^{\text{пром}} = L_{\text{min}} + \frac{\delta}{2} \quad (6.7)$$

где  $L_{\text{min}}$  – наименьший размер детали в пределах допуска на обработку, мм;  $\delta$  – допуск на обработку, мм.

Затем производят обработку пробных деталей ( $m=3...5$  шт.), универсальным измерительным инструментом определяют, по возможности, наиболее точно их размеры  $L_i$ .

Рассчитывают значения среднего размера пробных деталей  $\bar{L}$  и среднего квадратического отклонения  $\sigma$ .

Величина поправки настроенного размера  $\Delta_{\text{попр}}$  равна

$$\Delta_{\text{попр}} = \bar{L} - L_{\text{эт}}^{\text{нром}}$$

Окончательный размер эталона определяется по формуле

$$L_{\text{эт}} = L_{\text{min}} + 3\sigma - \Delta_{\text{попр}} - a, \quad (6.8)$$

где  $a$  – толщина щупа.

Погрешность настройки для этого случая равна

$$\Delta_{\text{н}} = \sqrt{\Delta_{\text{эт}}^2 + \Delta_{\text{из}}^2 + \Delta_{\text{уст.ин}}^2} \quad (6.9)$$

где  $\Delta_{\text{эт}}$  – погрешность изготовления эталона;  $\Delta_{\text{из}}$  – погрешность изготовления щупа;  $\Delta_{\text{уст.ин}}$  – погрешность установки режущего инструмента по щупу.

Значения  $\Delta_{\text{уст.ин}}$  принимаются по *табл. 6.1*.

Сущность динамической настройки станка с контролем пробных деталей универсальным измерительным инструментом заключается в следующем. Режущий инструмент устанавливается на размер

$$L_0 = L_{\text{min}} \pm \frac{\Delta_{\text{нд}}}{2} \quad (6.10)$$

где  $L_{\text{min}}$  – наименьший предельный размер детали по чертежу, мм;  $\Delta_{\text{нд}}$  – погрешность динамической настройки, мкм; для вала (+); для отверстия (-).

Величина  $\Delta_{\text{нд}}$  определяется из выражения

$$\Delta_{\text{нд}} = 1,2 \sqrt{\Delta_{\text{см}}^2 + \Delta_{\text{рег}}^2 + \Delta_{\text{изм}}^2} \quad (6.11)$$

где  $\Delta_{\text{см}}$  – смещение центра группирования размеров пробных деталей относительно середины поля рассеяния размеров, мкм;  $\Delta_{\text{рег}}$  – погрешность регулирования положения режущего инструмента на станке, мкм;  $\Delta_{\text{изм}}$  – погрешность измерения пробных деталей, мкм.

В свою очередь

$$\Delta_{\text{см}} = \frac{\Delta_{\text{сл}}}{\sqrt{m}} \quad (6.12)$$

где  $m$  – количество пробных деталей, 3...5 шт.

Мгновенную погрешность обработки  $\Delta_{\text{сл}}$  следует принимать по *табл. 6.2-6.3*.

Таблица 6.2

Значения мгновенной погрешности обработки  $\Delta_{сл}$  на токарных станках, мкм

Размеры, мм	Сила $P_v$ , Н	Жесткость системы, Н/мм		
		4000-6000	6000-10000	10000-15000
50-80	50-100	46	32	60
	100-150	47	33	62

Таблица 6.3

Значения мгновенной погрешности обработки  $\Delta_{сл}$  на круглошлифовальных станках, мкм

Размеры, мм	Сила $P_y$ , Н	Жесткость системы $j$ , Н/мм		
		7000-12000	12000-20000	20000-30000
50-80	—	18	15	12

Погрешность регулирования положения режущего инструмента зависит от применяемого способа регулирования и определяется по табл. 6.4.

Таблица 6.4

Погрешности регулирования  $\Delta_{рег}$  инструмента, мкм

Способ регулирования положения режущего инструмента	На диаметр	Способ регулирования положения режущего инструмента	На диаметр
		По индикатору с ценой деления, мкм:	
По лимбу с ценой деления, мм:			
0,01	10-20	1	4
0,02	20-30	2	10
0,05	30-60	5	20
0,1-0,5	-	10	30

Значения погрешностей измерения  $\Delta_{изм}$  принимаются равными предельной погрешности используемого измерительного инструмента или прибора.

Измерительный инструмент выбирается из табл. 6.5.

Таблица 6.5

Измерительные инструменты для динамической настройки станков

Допуск на обработку	Инструмент для рациональной настройки	Цена деления инструмента
0,5 и более	Штангенциркуль	0,1
0,25-0,5	-//-	0,05
0,05-0,25	Микрометр	0,01
0,01-0,05	Индикаторная скоба	0,01-0,002

Погрешности измерения для различных измерительных инструментов приведены в *табл. 6.6*.

*Таблица 6.6*

Предельные погрешности измерения размеров (50-80 мм)  $\Delta_{изм}$ , мкм

Наименование приборов и инструментов	Предельные погрешности ( $\pm$ мкм)
Миниметр с ценой деления, мм:	
0,001	0,8-2
0,002	1,4-2,5
0,005	2,5-3
Индикаторы с ценой деления 0,01 мм при работе в пределах одного оборота стрелки	10-20
Микрометр	6-14
Штангенциркуль с отсчетом по нониусу, мм	
0,02	45
0,05	90
0,1	160

*Примечание.* Для определения  $\Delta_{изм}$  данные таблицы следует умножить на 2.

Допуск настройки по этому методу определяется по формуле

$$\delta_n = 1,2 \sqrt{\Delta_{рег}^2 + \Delta_{изм}} \quad (6.13)$$

Производится обработка пробных деталей и определяется фактический уровень настройки по формуле

$$L_{у.н} = \frac{\sum L_i}{m}$$

где  $L_i$  – размеры пробных деталей, мм.

После этого определяют величину смещения настройки

$$\delta_{см} = L_0 - L_{у.н} \quad (6.14)$$

Если выполняется условие  $\delta_n > \delta_{см}$ , то настройку следует считать выполненной правильно.

Если  $\delta_n < \delta_{см}$ , то положение инструмента регулируют до приближения уровня настройки к оптимальному настроечному размеру  $L_0$ . Перемещение инструмента при двухсторонней обработке (обработка цилиндрических поверхностей)  $\Delta_{кор} = 0,5\delta_{см}$ . При корректировке должно выполняться условие  $\Delta_{кор} < (0,1...0,2)\Delta_{рег}$ .

#### 6.4 Исходные данные

Варианты задания для определения настроечного размера  $L_{расч}^H$  и погрешности настройки  $\Delta_{н.ст}$  по эталону приведены в *табл. 6.7*.

Таблица 6.7

Варианты задания для определения настроечного размера  $L_{расч}^H$  и погрешности настройки  $\Delta_{н.ст}$  по эталону

Вариант	Размер детали, мм	Высота неровностей заготовки Ra, мкм	Сила резания $P_y$ , Н	Жесткость системы j, Н/мм
Наружная поверхность вращения				
1	20 <sub>-0,033</sub>	50	80	6000
2	46 <sub>-0,16</sub>	25	90	5000
3	36 <sub>-0,16</sub>	50	100	10000
4	56 <sub>-0,046</sub>	100	50	9000
Цилиндрическая поверхность отверстия				
5	30 <sup>+0,084</sup>	25	50	6000
6	19 <sup>+0,13</sup>	50	75	10000
7	36 <sup>+0,16</sup>	50	100	7000
8	40 <sup>+0,16</sup>	25	60	8000
Торцовая поверхность				
9	250 <sub>-0,24</sub>	100	80	5500
10	190 <sub>-0,115</sub>	50	100	6000
11	370 <sub>-0,36</sub>	100	75	8000
12	280 <sub>-0,2</sub>	100	200	7000
Наружная поверхность вращения				
13	25 <sub>-0,033</sub>	100	80	6000
14	41 <sub>-0,16</sub>	50	90	5000
15	41 <sub>-0,16</sub>	100	100	10000
16	51 <sub>-0,046</sub>	100	50	9000
Цилиндрическая поверхность отверстия				
17	35 <sup>+0,084</sup>	100	50	6000
18	15 <sup>+0,13</sup>	50	75	10000
19	41 <sup>+0,16</sup>	100	100	7000
20	35 <sup>+0,16</sup>	100	60	8000
Торцовая поверхность				
21	255 <sub>-0,24</sub>	50	80	5500
22	185 <sub>-0,115</sub>	25	100	6000
23	375 <sub>-0,36</sub>	50	75	8000
24	275 <sub>-0,2</sub>	100	200	7000

Варианты задания для расчета параметров настройки по установу представлены в *табл. 6.8*.

*Таблица 6.8*

Варианты задания для определения настроечного размера и погрешности настройки  $\Delta_n$  по установу

Вариант	Размер детали по чертежу L, мм	Размер пробных	Размер щупа а, мм
1	124 <sub>-0,1</sub>	123,98	1-0.006
		123,98	
		123,99	
		123,98	
2	230 <sub>-0,13</sub>	229,96	5-0.008
		229,96	
		229,95	
3	85 <sub>-0,087</sub>	84,90	3-0.008
		85,00	
		84,99	
		84,97	
		84,98	
4	43 <sub>-0,062</sub>	42,97	1-0.006
		42,97	
		42,98	
5	185 <sub>-0,29</sub>	184,88	3-0.008
		184,89	
		184,87	
		184,88	
6	260 <sub>-0,32</sub>	259,98	5-0.008
		259,98	
		259,97	
7	65 <sub>-0,19</sub>	64,88	1-0.006
		64,87	
		64,86	
		64,88	
8	93 <sub>-0,14</sub>	92,96	3-0.008
		92,97	
		92,98	
9	145 <sub>-0,25</sub>	144,88	3-0.008
		145,89	
		144,89	
10	210 <sub>-0,115</sub>	209,96	5-0.008
		209,96	
		209,96	
11	129 <sub>-0,15</sub>	128,98	1-0,005
		128,98	
		128,99	
		128,98	

Продолжение таблицы 6.8

Вариант	Размер детали по чертежу L, мм	Размер пробных	Размер шупа а, мм
12	225 <sub>-0,13</sub>	224,96	5 <sub>-0,007</sub>
		224,96	
		224,95	
13	90 <sub>-0,087</sub>	89,90	3 <sub>-0,007</sub>
		90,00	
		89,99	
		89,97	
		89,98	
14	38 <sub>-0,062</sub>	37,97	1 <sub>-0,006</sub>
		37,97	
		37,98	
15	190 <sub>-0,29</sub>	189,88	3 <sub>-0,008</sub>
		189,89	
		189,87	
		189,88	
16	255 <sub>-0,32</sub>	254,98	5 <sub>-0,008</sub>
		254,98	
		254,97	
17	70 <sub>-0,19</sub>	69,88	1 <sub>-0,006</sub>
		69,87	
		69,88	
18	88 <sub>-0,14</sub>	87,96	3 <sub>-0,008</sub>
		87,97	
		87,98	
19	150 <sub>-0,25</sub>	149,88	3 <sub>-0,008</sub>
		149,89	
		149,89	
20	205 <sub>-0,115</sub>	204,96	5 <sub>-0,008</sub>
		204,96	
		204,96	
21	235 <sub>-0,13</sub>	234,96	5 <sub>-0,008</sub>
		234,96	
		234,95	
22	80 <sub>-0,087</sub>	79,90	3 <sub>-0,008</sub>
		80,00	
		79,99	
		79,97	
23	48 <sub>-0,062</sub>	47,97	1 <sub>-0,006</sub>
		47,97	
		47,98	
24	180 <sub>-0,29</sub>	179,88	3 <sub>-0,008</sub>
		179,89	
		179,87	

Варианты задания для определения параметров настройки динамическим методом приведены в *табл. 6.9*.

*Таблица 6.9*

Варианты задания для определения параметров настройки динамическим методом

Вариант	Размеры детали по чертежу, мм	Размеры пробных деталей $L_i$ , мм	Сила резания $P_y$ , Н	Жесткость системы $j$ , Н/мм
Точение наружной цилиндрической поверхности				
1	$52_{+0,12}$	52,035	150	12000
		52,041		
		52,054		
2	$60_{-0,06}^{-0,106}$	59,838	90	4500
		59,860		
		59,894		
		59,876		
3	$68_{-0,046}$	67,967	98	7800
		67,97		
		67,971		
		67,969		
4	$73_{-0,046}$	72,974	140	11000
		72,976		
		72,975		
5	$67_{-0,06}^{-0,106}$	66,869	110	14800
		66,976		
		66,89		
Шлифование наружной цилиндрической поверхности				
6	$50_{-0,05}^{-0,025}$	49,968		9500
		49,971		
		49,974		
7	$62_{-0,174}^{-0,1}$	61,959		19300
		61,96		
		61,968		
		61,962		
8	$75-0,074$	74,961		11200
		74,96		
		74,96		
9	$80_{-0,174}^{-0,1}$	79,958		25800
		79,957		
		79,961		
		79,959		
10	$52_{-0,106}^{-0,06}$	51,875		11800
		51,89		
		51,876		



Продолжение таблицы 6.9

Вариант	Размеры детали по чертежу, мм	Размеры пробных деталей $L_i$ , мм	Сила резания $P_y$ , Н	Жесткость системы $j$ , Н/мм
Точение наружной цилиндрической поверхности				
11	$57_{+0,12}$	52,035	150	12000
		52,041		
		52,054		
12	$55_{-0,06}^{-0,106}$	54,838	90	4500
		54,860		
		54,894		
		54,876		
13	$73_{-0,046}$	72,967	98	7800
		72,97		
		72,971		
		72,969		
14	$63_{-0,046}$	62,974	140	11000
		62,976		
		62,975		
15	$72_{-0,06}^{-0,106}$	71,869	110	14800
		71,976		
		71,89		
Шлифование наружной цилиндрической поверхности				
16	$55_{-0,05}^{-0,025}$	54,968		9500
		54,971		
		54,974		
17	$57_{-0,174}^{-0,1}$	56,959		19300
		56,96		
		56,968		
		56,962		
18	$80_{-0,074}$	79,961		11200
		79,96		
		79,96		
19	$75_{-0,174}^{-0,1}$	74,958		25800
		74,957		
		74,961		
		74,959		
20	$54_{-0,106}^{-0,06}$	53,875		11800
		53,89		
		53,876		
Точение наружной цилиндрической поверхности				
21	$62_{+0,12}$	62,035	150	12000
		62,041		
		62,054		
22	$70_{-0,106}^{-0,06}$	69,838	90	4500
		69,860		
		69,894		
		69,876		

Продолжение таблицы 6.9

Вариант	Размеры детали по чертежу, мм	Размеры пробных деталей $L_i$ , мм	Сила резания $P_y$ , Н	Жесткость системы $j$ , Н/мм
Шлифование наружной цилиндрической поверхности				
23	$60_{-0,05}^{-0,025}$	59,968		9500
		59,971		
		49,974		
24	$72_{-0,174}^{-0,1}$	61,959		19300
		71,96		
		71,968		
		71,962		

### 6.5 Примеры выполнения

*Пример 1.* Настройка статическим методом по эталону для обтачивания наружной цилиндрической поверхности размером  $L=42_{-0,1}$  мм на токарном станке. Высота неровностей заготовки  $Ra=60$  мкм. Сила резания  $P = 75$  Н. Жесткость токарного станка 9000 Н/мм.

Определяем погрешность эталона по формуле (6.2)

$$\Delta_{э\tau} = 10 + 15 = 25 \text{ мкм.}$$

При установке резца подведением до непосредственного касания с эталоном (табл. 6.1)  $\Delta_{уст.ин} = 50$  мкм.

Тогда погрешность настройки по формуле (6.1) будет равна

$$\Delta_{н.ст} = \sqrt{25^2 + 50^2} = 55,9 \text{ мкм.}$$

Для определения расчетного настроечного размера эталона  $L_{расч}^H$  вычисляем величину поправки  $\Delta_{попр}$ , учитывая, что

$$\Delta_1 = \frac{75}{9000} = 0,008 \text{ мм; } \Delta_2 = 60 \text{ мкм.}$$

Величину  $\Delta_3$  принимаем равной 30 мкм.

Тогда

$$\Delta_{попр} = 8 + 60 + 30 = 98 \text{ мкм.}$$

Расчетный настроечный размер эталона определяем по формуле (6.3).

$$L_{расч}^H = \frac{41,9 + 42}{2} - 0,098 = 41,852 \text{ мм}$$

*Пример 2.* Настройка по эталону (установу) на фрезерном станке. Размер детали по чертежу  $227_{-0,13}$  мм. Размеры пробных деталей, измеренных универсальным измерительным инструментом:

$$L_1 = 226,941 \text{ мм; } L_2 = 226,94 \text{ мм; } L_3 = 226,942 \text{ мм.}$$

Размер щупа  $a = 3_{-0,08}$  мм.

Промежуточный размер эталона определим по формуле (6.7)

$$L_{\text{эт}}^{\text{пром}} = 226,87 + 0,065 = 226,935 \text{ мм}$$

Средний размер пробных деталей

$$\bar{L} = \frac{226,941 + 226,94 + 226,942}{3} = 226,941 \text{ мм}$$

Среднее квадратическое отклонение размера пробных деталей от среднего значения равно  $\sigma = 0,0008$  мм.

Величина поправки настроечного размера

$$\Delta_{\text{попр}} = 226,941 - 226,935 = 0,006 \text{ мм.}$$

Тогда окончательный размер эталона определим по формуле (6.8)

$$L_{\text{эт}} = 226,87 + 3 \times 0,0008 - 0,006 - 3 = 223,866 \text{ мм.}$$

Погрешность эталона для этого случая

$$\Delta_{\text{эт}} = 10 + 20 = 30 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки инструмента выбираем по *табл. 6.1*:

$$\Delta_{\text{уст.ин}} = 15 \text{ мкм}$$

Общая погрешность настройки в этом случае определяется по формуле (6.9)

$$\Delta_n = \sqrt{30^2 + 8^2 + 15^2} = 34,5 \text{ мкм}$$

*Пример 3.* Настройка динамическим методом при обработке на токарном станке для обтачивания наружной цилиндрической поверхности размером  $L = 53_{-0,12}$  мм. Усилие резания  $P_y = 150$  Н, жесткость системы  $j = 11000$  Н/мм. Размеры пробных деталей:

$$L_1 = 52,897 \text{ мм}; \quad L_2 = 52,903 \text{ мм}; \quad L_3 = 52,899 \text{ мм.}$$

Для расчета погрешности настройки определяем  $\Delta_{\text{см}}$  по формуле (6.12), предварительно выбрав по *табл. 6.2* величину  $\Delta_{\text{сл}} = 62$  мкм.

Тогда

$$\Delta_{\text{см}} = \frac{62}{\sqrt{3}} = 36 \text{ мкм}$$

Погрешность регулирования по лимбу выбираем по *табл. 6.4*:  $\Delta_{\text{рег}} = 15$  мкм. Выбираем по *табл. 6.6* микрометр для измерения пробных деталей.

Погрешность измерения выбирается по *табл. 6.6*:

$$\Delta_{\text{изм}} = 2 \times 10 = 20 \text{ мкм.}$$

Общая погрешность настройки рассчитывается по формуле (6.11)

$$\Delta_{\text{н.д}} = 1,2 \sqrt{36^2 + 15^2 + 20^2} = 53 \text{ мкм}$$

Далее рассчитываем размер  $L_0$  по формуле (6.10)

$$L_0 = 52,88 + \frac{0,053}{2} = 52,906 \text{ мм}$$

Допуск настройки рассчитаем по формуле (6.13)

$$\delta_n = 1,2\sqrt{15^2 + 20^2} = 30 \text{ мкм}$$

Средний размер пробных деталей

$$\bar{L} = \frac{52,897 + 52,903 + 52,899}{3} = 52,9 \text{ мм}$$

Определяем величину смещения настройки по формуле (6.14)

$$\delta_{см} = 52,906 - 52,9 = 0,006 \text{ мм.}$$

В результате получаем, что  $\delta_n > \delta_{см}$ , следовательно, корректировка в данном случае не нужна.

## 6.6 Содержание отчета

1. Название работы.
2. Исходные данные по каждому из методов настройки.
3. Расчет необходимых параметров настройки системы в соответствии с заданием.
4. Выводы.

## 6.7 Контрольные вопросы

1. Какие существуют методы настройки системы на размер?
2. По какой формуле определяется погрешность настройки статическим методом по эталону?
3. По какой формуле определяется погрешность настройки по установу?
4. По какой формуле определяется погрешность динамической настройки?

## **7 Практическая работа на тему: «Техническое нормирование станочных работ»**

### **7.1 Цель работы**

Освоить практически методы технического нормирования станочных работ и приобрести навыки по использованию этих методов для многоинструментальной обработки.

### **7.2 Порядок выполнения работы**

1. Внимательно изучить методику решения поставленной задачи.
2. Для заданного варианта, используя данные приведенные в *табл. 7.1*, определить с помощью справочника [10] режимы резания для многоинструментальной обработки колодки тормоза, эскиз которой приведен на *рис. 7.1*.
3. С помощью справочника [10] определить норму штучного времени.
4. Проанализировать полученные результаты.
5. Составить отчет.
6. Защитить практическую работу.

### **7.3 Методика решения задачи**

Основным элементом технического нормирования является определение оптимальных режимов резания. Наиболее распространена и разработана методика расчета режимов резания, обеспечивающих наименьшую стоимость операции. При этом достигается экономическая стойкость инструмента.

Исходными данными при техническом нормировании являются требования технологического процесса, принятая схема обработки (наладка), паспортные данные оборудования.

Назначение режимов резания почти во всех случаях начинают с выбора подачи, после чего определяют стойкость инструмента, скорость резания и при необходимости – усилия и мощности резания. На всех этих этапах выбора режимов резания найденные по нормативам элементы режимов сравнивают с паспортными данными и при необходимости уточняют.

*I. Определение режимов резания и нормы штучного времени при многоинструментной обработке*

Одной из основных особенностей расчета при многоинструментной обработке является согласование работы отдельных позиций, шпинделей, суппортов и инструментов между

собой с подчинением расчета общему кинематическому параметру или времени обработки.

Если выбор подачи при многоинструментной обработке производится для каждого инструмента в отдельности так же, как и при одноинструментной обработке, но с последующим согласованием полученных значений по общему кинематическому параметру, то выбор периодов стойкости инструментов  $T_m$  и скоростей резания  $V$  при многоинструментной обработке существенно отличается от выбора этих параметров при одноинструментной обработке. Значения  $T_m$  и  $V$  определяются не для всех инструментов в наладке, а лишь для предположительно лимитирующих по стойкости инструментов. Принятые для них значения  $T_m$  и числа оборотов  $n$ , об/мин, детали или инструмента принимаются для всех остальных инструментов наладки.

После назначения режимов резания производится расчет основного времени  $T_o$  – времени, в течение которого происходит изменение формы, размеров и свойств детали.

При нормировании работ на многопозиционных станках может оказаться, что величины основного времени на отдельных позициях значительно отличаются друг от друга. В этом случае в первую очередь необходимо проанализировать возможность изменения наладки или конструкции инструментов с целью уменьшения времени обработки на позиции, имеющей максимальное машинное время. Если же это невозможно или в конкретных условиях нецелесообразно, следует понижать режимы резания на нелимитирующих позициях, не превышая при этом установленного по лимитирующей позиции времени обработки.

Следующим этапом технического нормирования является определение нормы штучного времени. В условиях крупносерийного и массового производства она рассчитывается по формуле

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{об} + T_{ф} \quad (7.1)$$

где  $T_{шт}$  – норма штучного времени, мин;  $T_o$  – основное (технологическое) время, мин;  $T_e$  – вспомогательное время, мин;  $T_{об}$  – время обслуживания рабочего места, мин;  $T_{ф}$  – время на отдых и физические потребности, мин.

Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время на обработку детали

$$T_{оп} = T_o + T_e \quad (7.2)$$

Сумма времени обслуживания рабочего места и времени на от-дых и физические потребности составляет дополнительное время

$$T_{доп} = T_{об} + T_{ф} \quad (7.3)$$

В условиях серийного производства подсчитывается норма штучно-калькуляционного времени

$$T_{шт.-к} = T_{шт.} + \frac{T_{п.з.}}{n} \quad (7.4)$$

где  $T_{п.з.}$  – подготовительно-заключительное время на всю партию деталей, мин;  $n$  – объем партии деталей в шт.

*II. Определение режимов резания и нормы штучного времени при одноинструментной обработке.*

Расчет режимов резания и основного времени

Расчет режимов резания и основного времени рекомендуется производить с помощью справочника [10]. При этом для одноинструментной обработки на токарных и фрезерных станках расчет производится по следующим этапам: 1) расчет длины рабочего хода суппорта или стола  $L_{р.х.}$ ; 2) назначение подачи на оборот шпинделя  $S_o$ , мм/об, или на зуб фрезы  $S_z$ , мм/зуб; 3) определение стойкости инструмента; 4) расчет скорости резания; 5) проверка выбранных режимов по мощности резания; 6) расчет основного машинного времени обработки  $T_o$ .

$$T_o = \frac{L_{р.х.}}{n \cdot S_o} = \frac{L_{р.х.}}{S_{мин}} = \frac{L_{р.х.}}{n \cdot Z_{фр} \cdot S_z} \quad (7.5)$$

где  $n$  – принятое число оборотов детали или фрезы;  $S_{мин}$  – принятая минутная подача суппорта или стола, мм/мин;  $Z_{фр}$  – число зубьев фрезы.

Проверка выбранных режимов по мощности резания для обоих видов обработки заключается в проверке соблюдения условия

$$N_{рез.} \leq 1,2 N_{дв} \cdot \eta, \quad (7.6)$$

где  $N_{рез.}$  – мощность двигателя привода главного движения;  $\eta$  – КПД станка;  $\eta = 0,7..0,8$ .

Определение нормы штучного времени

1. *Основное время  $T_o$ .* Величина  $T_o$  определяется расчетным путем на основе выбранных режимов резания по формуле (7.5).

2. *Вспомогательное время  $T_в$ .* Во вспомогательное время входят затраты времени на следующие действия: а) управление станком (пуск, установка, переключение скорости и подачи и т.д.); б) перемещение инструмента; в) установка и снятие детали и инструмента; г) измерение детали.

Вспомогательное время может быть ручным, машинным и машинно-ручным. Ручное время делится на перекрываемое и неперекрываемое машинным временем. В величину  $T_v$  включается лишь неперекрываемое вспомогательное время. Определение составляющих  $T_v$  производится по нормативам на различные вспомогательные приемы, приведенные в справочнике [10].

3. *Время обслуживания рабочего места  $T_{об}$ .* Время обслуживания рабочего места в течение смены состоит из времени технического и времени организационного обслуживания:

$$T_{обс} = T_{тех.обс} + T_{орг.обл} \quad (7.7)$$

Время технического обслуживания  $T_{тех.обс}$  затрачивается на выполнение следующих действий: а) подналадку и регулировку станка; б) смену затупившегося инструмента; в) правку шлифовальных кругов или правку резца оселком; г) удаление стружки в процессе работы и т.п.

Время технического обслуживания рабочего места зависит от основного времени, и поэтому часто его исчисляют в процентах к основному времени [10].

Время организационного обслуживания  $T_{о.об}$  затрачивается на выполнение следующих работ: а) раскладку инструмента в начале смены и уборку его по окончании смены; б) чистку и смазку станка; в) осмотр и опробование станка и др.  $T_{орг.обс}$  исчисляют в процентах к оперативному времени. Необходимые данные для расчета  $T_{орг.обс}$  приведены в [10].

4. *Время перерывов на отдых и личные потребности  $T_{отд}$ .* Время перерывов на отдых учитывается в исключительных случаях (для физически тяжелых и утомительных работ). Время на физические потребности исчисляется в процентах от оперативного времени [10].

5. *Подготовительно-заключительное время  $T_{пз}$ .* Дается на всю партию деталей и учитывается в штучно-калькуляционном времени лишь в условиях серийного производства.

Это время затрачивается на следующее: а) ознакомление рабочего с работой и чтение чертежа; б) подготовку рабочего места, наладку станка, инструмента и приспособлений для обработки данной партии деталей; в) снятие инструмента и приспособлений по окончании обработки партии деталей.



## 7.4 Исходные данные

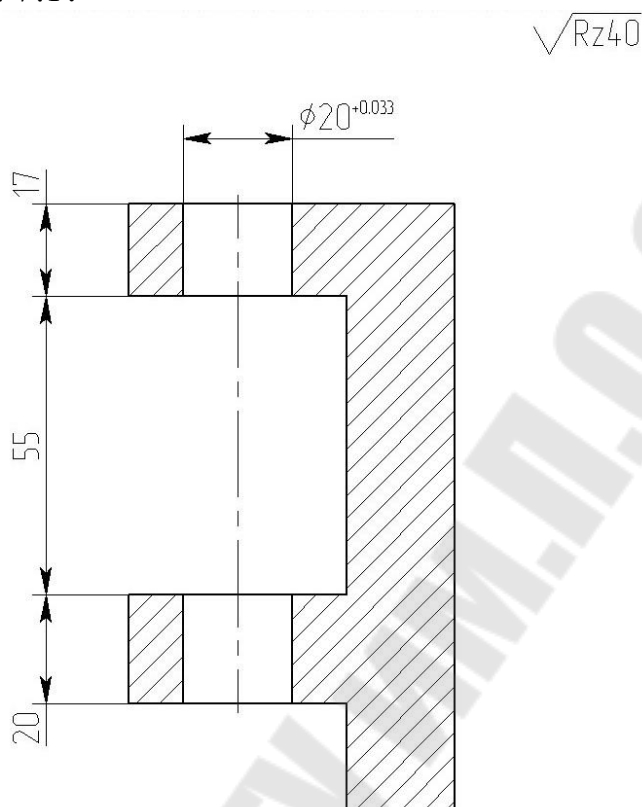
В табл. 7.1 приведены 25 вариантов для определения режимов резания и технической нормы времени при многоинструментной обработке.

Таблица 7.1

Варианты задания для определения режимов резания и технической нормы времени при многоинструментной обработке

№ варианта	Ø сверления	Ø зенкерования	Ø развертывания	Ø сверла	Ø зенкера	Ø развертки
1.	14,5	15,7 <sup>+0,15</sup>	16 <sup>+0,033</sup>	14,5	15,7	16
2.	15,5	16,7 <sup>+0,15</sup>	17 <sup>+0,033</sup>	15,5	16,7	17
3.	16,5	17,7 <sup>+0,15</sup>	18 <sup>+0,033</sup>	16,5	17,7	18
4.	17,5	18,7 <sup>+0,15</sup>	19 <sup>+0,033</sup>	17,5	18,7	19
5.	19,5	20,7 <sup>+0,15</sup>	21 <sup>+0,033</sup>	19,5	20,7	21
6.	20,5	21,7 <sup>+0,15</sup>	22 <sup>+0,033</sup>	20,5	21,7	22
7.	21,5	22,7 <sup>+0,15</sup>	23 <sup>+0,033</sup>	21,5	22,7	23
8.	22,5	23,7 <sup>+0,15</sup>	24 <sup>+0,033</sup>	22,5	23,7	24
9.	23,5	24,7 <sup>+0,15</sup>	25 <sup>+0,033</sup>	23,5	24,7	25
10.	24,5	25,7 <sup>+0,15</sup>	26 <sup>+0,033</sup>	24,5	25,7	26
11.	25,5	26,7 <sup>+0,15</sup>	27 <sup>+0,033</sup>	25,5	26,7	27
12.	26,5	27,7 <sup>+0,15</sup>	28 <sup>+0,033</sup>	26,5	27,7	28
13.	27,5	28,7 <sup>+0,15</sup>	29 <sup>+0,033</sup>	27,5	28,7	29
14.	28,5	29,7 <sup>+0,15</sup>	30 <sup>+0,033</sup>	28,5	29,7	30
15.	29,5	30,7 <sup>+0,15</sup>	31 <sup>+0,033</sup>	29,5	30,7	31
16.	30,5	31,7 <sup>+0,15</sup>	32 <sup>+0,033</sup>	30,5	31,7	32
17.	31,5	32,7 <sup>+0,15</sup>	33 <sup>+0,033</sup>	31,5	32,7	33
18.	32,5	33,7 <sup>+0,15</sup>	34 <sup>+0,033</sup>	32,5	33,7	34
19.	33,5	34,7 <sup>+0,15</sup>	35 <sup>+0,033</sup>	33,5	34,7	35
20.	34,5	35,7 <sup>+0,15</sup>	36 <sup>+0,033</sup>	34,5	35,7	36
21.	35,5	36,7 <sup>+0,15</sup>	37 <sup>+0,033</sup>	35,5	36,7	37
22.	36,5	37,7 <sup>+0,15</sup>	38 <sup>+0,033</sup>	36,5	37,7	38
23.	37,5	38,7 <sup>+0,15</sup>	39 <sup>+0,033</sup>	37,5	38,7	39
24.	38,5	39,7 <sup>+0,15</sup>	40 <sup>+0,033</sup>	38,5	39,7	40
25.	39,5	40,7 <sup>+0,15</sup>	41 <sup>+0,033</sup>	39,5	40,7	41

Обрабатываемая деталь – колодка ручного тормоза, весом 1,596 кг, показана на *рис. 7.1*.



*Рис. 7.1* Эскиз обработки колодки тормоза

### 7.5 Пример выполнения

Техническое нормирование при многоинструментной обработке на сверлильном станке в условиях серийного производства.

*Исходные данные*

Деталь – колодка ручного тормоза (*рис. 7.1*).

Заготовка – отливка из ковкого чугуна КЧ 37-12, 130...170 НВ.

Операция: обработать два отверстия в линию (см. эскиз).

1. Сверлить до  $D=18,5$  мм в 3-х деталях напроход (II поз.).
2. Зенкеровать до  $D=19,7^{+0,15}$  в 2-х деталях (III поз.).
3. Развернуть разверткой из быстрорежущей стали до  $D=20^{+0,033}$  мм в 2-х деталях напроход (IV поз.).

Станок – вертикально-сверлильный мод. 2С132 для специальных наладок с 6-шпиндельной головкой. Передаточное отношение для шпинделей, несущих сверла и зенкеры, – 1,25, несущих развертки – 0,75.



*Рис. 7.2 Внешний вид вертикально-сверлильного станка модели 2С132*

*Описание вертикально-сверлильного станка модели 2С132*

Станок модели 2С132 с вертикальным приводом используется для осуществления различных технологических переходов, таких как сверление, зенкование, рассверливание, растачивание, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы с помощью машинных метчиков.

Станок может применяться в единичном, мелкосерийном и серийном производстве.



Рис. 7.2 Вид рычагов переключения коробок скоростей и подач вертикально-сверлильного станка модели 2С132

### *Техническая характеристика вертикально-сверлильного станка модели 2С132*

Диаметр сверления стали, мм	50
Диаметр нарезаемой резьбы в стали	M3...M33
Конус шпинделя	Морзе 4
Диапазон оборотов шпинделя станка, мин <sup>-1</sup>	31,5...1400
Диапазон подач шпинделя, мм/мин	0,1...1,6
Ряд подач	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6
Крутящий момент шпинделя, Нм	400
Осевое усилие подачи шпинделя, Н	15000
Осевое усилие подачи шпинделя, кГ	15000/9,8=1530
Размеры рабочей поверхности стола, мм	500x500
Мощность главного привода, кВт	4
Габаритные размеры, мм	
длина×ширина×высота	1050×850×3000
Масса, кг	1200

Таблица 7.2

Эффективная мощность и наибольший допустимый крутящий момент в зависимости от частоты вращения шпинделя

Ступень	Частота вращения шпинделя при прямом и обратном вращении, об/мин	Эффективная мощность, кВт, на шпинделе при использовании номинальной мощности электродвигателя	Наибольший допустимый крутящий момент Н×м×100
1	31,5	0,65	200
2	45	0,92	200
3	63	1,29	200
4	90	1,85	200
5	125	2,56	200
6	180	3,7	200
7	250	2,9	114
8	355	2,9	79
9	500	2,9	56
10	710	2,9	40
11	1000	2,9	28
12	1400	2,9	20

Приспособление – 4-позиционный поворотный стол на две детали в каждой позиции (I позиция – загрузочная). Крепление двух деталей осуществляется последовательным перемещением двух рукояток эксцентриковых зажимов.

Инструмент – 1) сверло Р6М5 с нормальной заточкой, D = 18,5 мм – 2 шт.; 2) зенкер Р6М5, D = 19,7 мм – 2 шт.; 3) развертка Р6М5, D=20 мм – 2 шт.

*Расчет режимов резания и машинного времени*

Режимы резания выбираются по справочнику [10]. Расчет осуществляется в 6 этапов.

*I этап* – определение длины рабочего хода головки.

Величина рабочего хода головки назначается исходя из длины  $L_{р.х}$ , рассчитанной для отдельных инструментов

$$L_{р.х} = L_{рез.} + y + L_{доп.}$$

Длина резания, как видно из эскиза, является общей для всех инструментов  $L_{рез.} = 17 + 20 = 37$  мм. Общей для всех инструментов является и дополнительная длина ( $L_{доп.} = 55$  мм) холостого хода инструментов, вызванного особенностью конфигурации детали. Длина подвода, врезания и перебега для сверл, зенкеров и разверток выбирается по табл. 7.3.

Таблица 7.3

## Длина подвода, врезания и перебега

Операции	Длина подвода, врезания и перебега $u$ в мм инструмента диаметром $D$ в мм										
	2,5	6	10	16	20	25	32	40	50	60	80
Обработка сквозных отверстий сверлами: с нормальной заточкой	2	3	5	6	8	10	12	15			
			6	8	10	15	15	18			
Зенкерование отверстий сквозных глухих				3	4	5	5	6	6	8	8
				2	2	2	2	3	3	4	4
Обработка сквозных отверстий развертками с углом заборного конуса $15^\circ$ обработка стали		8	10	12	14	16	18	20	24	26	28
		10	12	15	17	20	22	25	28	32	34
5° обработка чугуна											

Для сверла с нормальной заточкой  $\varnothing 18,5$  мм примем  $u = 8$  мм; для зенкера  $\varnothing 19,7$  мм – 4 мм и для развертки  $\varnothing 20$  мм – 17 мм. Таким образом,  $L_{p.x.}$  имеет максимальное значение (109 мм) при развертывании отверстий. Это значение и принимаем в качестве  $L_{p.x.}$  головки.

II этап – назначение подачи.

1. Определяем нормативные значения подачи по табл. 7.3

Таблица 7.3

Подачи на оборот инструмента  $s_o$  при обработке чугуна

Операция	Группа подач	$s_o$ в мм/об при обрабатываемом диаметре $d$ в мм							
		8	10	12	16	20	25	32	
Сверление при $L_{рез} \leq 3$	I	0,24	0,3	0,35	0,45	0,5	0,55	0,6	
		0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	
$\frac{L_{рез}}{d} \leq 8$	II	0,16	0,2	0,25	0,3	0,35	0,38	0,45	
	III	0,12	0,15	0,18	0,22	0,25	0,27	0,3	

Продолжение таблицы 7.3

Операция	Группа подач	$s_o$ в мм/об при обрабатываемом диаметре $d$ в мм						
		8	10	12	16	20	25	32
Зенкерование	I	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	II	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,65	0,75
	III	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55
Развертывание	I	1,0	1,1	1,3	1,5	1,8	2,1	2,4
	II	0,60	0,75	0,85	1,0	1,2	1,4	1,6

Согласно табл. 7.3 с учетом того, что  $L_{рез}/d=109/18,5=5,89$  (I группа) определяем подачи:

- для сверла  $S_{o\text{ норм}} = 0,4$  мм/об;
- для зенкера  $S_{o\text{ норм}} = 0,8$  мм/об;
- для развертки  $S_{o\text{ норм}} = 1,8$  мм/об.

2. Определяем расчетные значения подачи головки за оборот шпинделя станка:

$$S_{o.шп} = s_o \times i$$

где  $i$  – передаточное отношение для шпинделей, несущих сверла и зенкера, – 1,25, несущих развертки – 0,75.

Таким образом, значение  $S_{o.шп.норм}$ , рассчитанное:

- по сверлам  $S_{o.шп.норм} = 0,4 \times 1,25 = 0,5$  мм/об;
- по зенкерам  $S_{o.шп.норм} = 0,8 \times 1,25 = 1$  мм/об;
- по разверткам  $S_{o.шп.норм} = 1,8 \times 0,75 = 1,35$  мм/об.

Уточняем по паспорту станка подачу, выбирая такую, которая не превышает все три подачи ( $S_{o.шп.прин} = 0,4$  мм/об).

Согласно  $S_{o.шп.прин}$ , рассчитываем подачи на оборот

$$S_{o.прин} = \frac{S_{o.шп.прин}}{i}$$

для различных инструментов:

для сверл и зенкеров

$$S_{o.прин} = \frac{0,4}{1,25} = 0,32 \text{ мм/об}$$

для разверток

$$S_{o.прин} = \frac{0,4}{0,75} = 0,533 \text{ мм/об}$$

III этап – определение периода стойкости инструментов наладки.

Период стойкости  $T_p$  в минутах времени резания согласно [10] равен  $T_m \cdot \lambda$ . Для данного примера  $\lambda = \frac{L_{рез}}{L_{рх}} = \frac{37}{109} = 0,34$ , а стойкость  $T_m$  в минутах машинной работы определяется по табл. 7.4.

Таблица 7.4

Стойкость  $T_m$  в минутах машинной работы

Наибольший обрабатываемый диаметр $d$ в мм	$T_m$ при количестве инструментов в насадке					
	1	3	5	8	10	15 и более
10	20	50	80	100	120	140
15	30	80	110	140	150	170
20	40	100	130	170	180	200
30	50	120	160	200	220	250
50	60	150	200	240	260	300

Примечание: Для зенкеров и резцовых головок диаметром более 60 мм  $T_m$  принимать от 150 до 300 мин в зависимости от сложности наладки

Согласно *табл. 7.4*  $T_m = 100$  мин. Следовательно,  $T_p = 100 \cdot 0,34 = 34$  мин.

По этой стойкости и рассчитываются скорости резания при сверлении и зенкерованиях. При развертывании скорость резания выбирается исходя из технологических факторов.

*IV этап* – расчет скоростей резания, чисел оборотов инструментов и минутной подачи головки.

При сверлении, зенкерованиях, цековании и зенковании согласно [10], скорость резания определяется по формуле

$$v = v_{\text{табл}} \times K_1 \times K_2 \times K_3$$

где  $K_1$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;  $K_2$  – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента;  $K_3$  – коэффициент, зависящий от отношения длины резания к диаметру.

Скорость резания  $v_{\text{табл}}$  определим по *табл. 7.5*.

Для сверла  $\varnothing 18,8$  мм (табличное значение  $\varnothing 20$  мм) при подаче 0,32 мм/об (табличное значение 0,3 мм/об)  $v_{\text{табл}} = 20$  м/мин.

Для зенкера  $\varnothing 19,7$  мм (табличное значение  $\varnothing 20-40$  мм) при подаче 0,32 мм/об (табличное значение 0,3 мм/об)  $v_{\text{табл}} = 37$  м/мин

Анализ показывает, что точность изготовления размера  $D = 20^{+0,033}$  соответствует 8 качеству, твердость НВ < 170, следовательно, для развертывания согласно *табл. 7.6* скорость  $v_{\text{табл}} = 12$  м/мин при обработке разверткой из быстрорежущей стали.

Коэффициент  $K_1$  для ковкого чугуна с 130...170 НВ согласно *табл. 7.7*  $K_1 = 1,0$ .

Коэффициент  $K_2$  для инструментов из быстрорежущей стали при  $T_p = 34$  мин (табличное значение  $T_p = 30$  мин) согласно *табл. 7.8*  $K_2 = 1,3$ .



Таблица 7.5

Скорость резания  $v_{\text{табл}}$  при обработке ковкого чугуна

$v_{\text{табл}}$ при															
$S_o$ в мм/об	сверлении											зенкерования			Цекования и зенкования
	Обрабатываемый диаметр в мм														
	2,5	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	До 20	20-40	>40	
До 0,06	24	27	31	35	36	38	40	42	46	50	53	-	-	-	23
0,1		21	24	25	28	30	31	34	36	38	41	64	58	55	23
0,15		18	20	21	23	24	26	28	30	32	34	53	48	45	22
0,2			17	19	20	21	22	24	26	28	30	48	44	41	21
0,3			14	15	16	17	19	20	21	22	24	41	37	35	20
0,4					14	15	16	17	18	20	21	37	34	32	19
0,6							13	14	15	16	17	29	27	25	18
0,8										14	15	27	25	24	-
1,0												25	23	22	-
1,5												21	19	18	

Таблица 7.6

Скорость резания  $v_{\text{табл}}$  при развертывании

Обрабатываемая поверхность			Скорость резания $v$ в м/мин		
Квалитет	Шероховатость		Из быстрорежущей стали		Твердосплавными
	Без охлаждения	С применением эмульсии	HB<170	HB>170	
7-8	Rz20-Ra3,2	Ra3,2- Ra1,6	12	8	20
9-11			16	12	30

Таблица 7.7

Коэффициент  $K_1$ 

Чугун	HB	$K_1$
Ковкий	120-140	1,15
	130-170	1,0
Прочный	207-229	0,7
	265-285	0,55

Таблица 7.8

Коэффициент  $K_2$ 

Материал инструмента	$K_2$ при стойкости $T_p$ в минутах резания										
	До 15	30	60	100	150	200	300	400	600	800	1000
Быстрорежущая сталь	1,5	1,3	1,15	1,0	0,9	0,85	0,75	0,7	0,6	0,58	0,55
Твердый сплав	2,0	1,6	1,2	1,0	0,85	0,75	0,65	0,6			

Таблица 7.9

Коэффициент  $K_3$ 

Отношение длины резания к диаметру	До 5	8	10
$K_3$	1,0	0,8	0,5

Коэффициент  $K_3$  при отношении длины резания к диаметру равном  $L_{рез}/D=37/20=1,85$  (табличное значение до 5) согласно табл. 7.9  $K_3=1,0$ .

Таким образом, рекомендуемые нормативами [10] значения скорости резания:

для сверла:

$$V_{нормат.} = 20 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 26 \text{ м/мин};$$

для зенкера:

$$V_{нормат.} = 37 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 48,1 \text{ м/мин};$$

для развертки:

$$V_{нормат.} = 12 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 15,6 \text{ м/мин}.$$

Определим соответствующие этим значениям скоростей резания числа оборотов инструментов, которые равны:

для сверла:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \times 26}{\pi \times 18,8} = 440 \text{ об/мин}$$

для зенкера:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \times 48,1}{\pi \times 19,7} = 777 \text{ об/мин}$$

для развертки:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \times 15,6}{\pi \times 20} = 248 \text{ об/мин}$$

Минутная подача головки ( $S_{мин} = S_{о\ прин} \cdot n$ ), соответствующая рассчитанным числам оборотов, равна: для сверла  $S_{мин.нормат.} = 0,32 \times 440 = 141 \text{ мм/мин}$ ; для зенкера  $S_{мин.нормат.} = 0,32 \times 777 = 249 \text{ мм/мин}$ ; для развертки  $S_{мин.нормат.} = 0,533 \times 248 = 132 \text{ мм в минуту}$ .

Наименьшему значению минутной подачи  $S_M = 132 \text{ мм/мин}$  соответствует число оборотов шпинделя станка

$$n_{ш} = \frac{S_M}{S_{о.ш.}} = \frac{132}{0,32} = 413 \text{ об/мин}.$$

Принимаем ближайшее по паспорту станка число оборотов шпинделя станка  $n_{ш} = 355 \text{ об/мин}$ .

Таким образом, установлено число оборотов шпинделя станка и определена подача за оборот шпинделя станка  $S_{o.ш.} = 0,32$  мм/об. На основании этих результатов расчета уточняем значения чисел оборотов инструментальных шпинделей, скорости резания и минутные подачи. Число оборотов инструментальных шпинделей ( $n_{прин.} = n_{шп.прин.} \cdot i$ ) для сверла  $n = 355 \cdot 1,25 = 444$  об/мин; для зенкера  $n = 355 \cdot 1,25 = 444$  об/мин; для развертки  $n = 355 \cdot 0,75 = 266$  об/мин.

Соответственно этим числам оборотов скорости резания равны:  
для сверла:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi \times 18,8 \times 444}{1000} = 26,22 \text{ м/мин}$$

для зенкера:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi \times 19,7 \times 444}{1000} = 27,48 \text{ м/мин}$$

для развертки:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi \times 20 \times 266}{1000} = 16,71 \text{ м/мин}$$

Значение минутной подачи головки  $S_{мин.ш} = S_{o.ш} \cdot n_{ш} = 0,32 \cdot 355 = 113,6$  мм/мин.

*V этап* – определение машинного времени.

$$T_o = \frac{L_{р.х.}}{S_m} = \frac{109}{113,8} = 0,96 \text{ мин.}$$

Так как за 0,96 мин на каждой позиции обрабатывается по 2 детали, машинное время на одну деталь равно  $0,96/2 = 0,48$  мин.

*VI этап* – проверочные расчеты по осевой силе и мощности станка.

Значение осевой силы резания для одного сверла определяется по формуле

$$P_o = P_{табл} \times K_p$$

где  $P_{табл}$  – табличное значение осевой силы, принимаемое по табл. 7.10;  $K_p$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, принимаемый по табл. 7.11

$$P_o = 430 \cdot 0,9 = 387 \text{ кг}$$

При глубине резания при зенкерованием равной  $(19,7-18,5)/2=0,6$  мм, значение осевой силы для одного зенкера  $P_o = 40 \cdot 0,9 = 36$  кг.

С учетом того, что в работе одновременно находятся 2 сверла и 2 зенкера,  $\Sigma P_o = 387 \times 2 + 36 \times 2 = 846$  кг. Это меньше силы резания, допускаемой станком ( $P_{o,доп.} = 1530$  кг).

Таблица 7.10

## Табличные значения осевой силы при сверлении

Обрабатываемый диаметр $d$ в мм	$P_{\text{табл}}$ в кГ при обработке									
	чугуна									
	Подача $s_o$ в мм/об									
	0,06	0,1	0,14	0,16	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
2,5	15									
3	20	25								
4	25	35	45							
6	35	55	70	80	95					
8	45	70	95	110	125	175				
10	55	90	115	130	155	215	275			
12	68	110	140	150	190	260	330			
16	90	140	180	210	250	340	430	520		
20	114	180	230	260	310	430	550	650	750	
25	220	220	290	320	390	540	680	810	940	1190
32	290	290	380	420	500	690	880	1040	1200	1530

Таблица 7.11

Коэффициент  $K_p$ 

Обрабатываемый материал	НВ	$K_p$
Чугун ковкий и прочный	130-170	0,9
	207-229	1,1
	265-285	1,25

Таблица 7.12

## Табличные значения осевой силы при зенкерования

Глубина резания $t$ в мм	$P_{\text{табл}}$ в кГ при обработке							
	чугуна							
	Подача $s_o$ в мм/об							
	0,2	0,3	0,4	0,6	1	1,5	2	2,5
0,5	13	18	20	26	37	50	59	68
1	30	40	48	63	88	114	138	160
2	70	90	110	143	200	262	314	364
4	163	210	255	330	464	605	725	840

Мощность резания определяется по формуле для сверления

$$N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} \times K_N \times \frac{n}{1000}$$

для зенкерования

$$N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} \times K_N \times \frac{v}{1000}$$

где  $N_{табл}$  – табличное значение мощности резания для одного сверла, определяется по *табл. 7.13*, а для одного зенкера – по *табл. 7.14*;  $K_N$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и выбираемый по *табл. 7.15*;  $n$  – число оборотов сверла в мин.;  $v$  – скорость резания при зенкеровании.

*Таблица 7.13*

Табличные значения мощности резания при сверлении

Обрабатываемый диаметр $d$ в мм	$N_{табл}$ в кВт при обработке									
	чугуна									
	Подача $s_o$ в мм/об									
	0,06	0,1	0,14	0,16	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
3	0,02	0,03								
4	0,03	0,05	0,07							
6	0,08	0,12	0,15	0,18	0,21					
8	0,14	0,22	0,27	0,32	0,37	0,5				
10	0,21	0,34	0,43	0,5	0,58	0,8	1,0			
12	0,31	0,49	0,62	0,7	0,83	1,2	1,5			
16	0,55	0,86	1,1	1,3	1,5	2,1	2,6	3,1		
20	0,9	1,4	1,7	2	2,3	3,3	4,1	4,9	5,6	
25	1,3	2,1	2,7	3,1	3,6	5,1	6,4	7,6	8,8	11
32	2,2	3,4	4,5	5	5,9	8,2	10,5	12,5	14	18

*Таблица 7.14*

Табличные значения мощности резания при зенкеровании

Подача $s_o$ в мм/об	$N_{табл}$ в кВт при глубине резания $t$ и обработке			
	чугуна			
	0,5	1	2	4
0,2	0,42	0,87	1,7	3,4
0,4	0,78	1,4	2,8	5,6
0,6	0,9	1,8	3,6	7,2
1,0	1,4	2,8	5,6	11,2
1,5	1,9	3,8	7,6	15,2
2,0	2,4	4,8	9,6	19,0
2,5	2,6	5,6	11,2	22,4

*Таблица 7.15*

Коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала  $K_N$

Обрабатываемый материал	НВ	$K_N$
Чугун ковкий и прочный	130-170	0,9
	207-229	1,1
	265-285	1,25

Мощность резания  
для одного сверла

$$N_{рез} = N_{табл} \times K_N \times \frac{n}{1000} = 3,3 \times 0,9 \times \frac{444}{1000} = 1,32$$

для одного зенкера

$$N_{рез} = N_{табл} \times K_N \times \frac{v}{1000} = 1,4 \times 0,9 \times \frac{27,48}{1000} = 0,03$$

С учетом того, что в работе одновременно находятся 2 сверла и 2 зенкера,  $\Sigma N_0 = 1,32 \times 2 + 0,03 \times 2 = 2,7$  кВт. Это меньше мощности привода станка  $N_{0,доп.} = 2,9$  кВт, согласно табл. 7.2. Следовательно, мощность привода станка достаточна для выполнения рассматриваемой операции.

Развертки ввиду незначительного расхода мощности не учитываются. Основные результаты расчетов сведены в табл. 7.24.

#### *Расчет технических норм времени*

Технические нормы времени выбираются по нормативам [12]. Расчет осуществляется в 7 этапов. Для серийного производства результатом расчета технических норм времени является определение нормы штучного и штучно-калькуляционного времени.

Норма штучного времени состоит из следующих составляющих.

1. *Основное время  $T_o$* . Величина определена на V этапе расчета режимов резания  $T_o = 0,96$  мин.

2. *Вспомогательное время  $T_e$* . Во вспомогательное время входят затраты времени на следующие действия: а) управление станком (пуск, установка, переключение скорости и подачи и т.д.); б) перемещение инструмента; в) установка и снятие детали и инструмента; г) измерение детали.

Вспомогательное время может быть ручным, машинным и машинно-ручным. Ручное время делится на перекрываемое и неперекрываемое машинным временем. В величину  $T_e$  включается лишь неперекрываемое вспомогательное время. Определение составляющих  $T_e$  производится по нормативам на различные вспомогательные приемы, приведенные в [12].

Приспособление – 4-позиционный поворотный стол на две детали в каждой позиции (I позиция – загрузочная). Крепление двух деталей осуществляется последовательным перемещением двух рукояток эксцентриковых зажимов. Прежде всего, разделим ручное вспомогательное время на перекрываемое и неперекрываемое, т.к. в величину  $T_e$  включается лишь неперекрываемое вспомогательное время. Для этого определим время, которое необходимо для снятия и

установки двух деталей при последовательном перемещении двух рукояток эксцентриковых зажимов по табл. 7.16.

Таблица 7.16

Вспомогательное время на закрепление и открепление детали

Способ крепления	Количество зажимов	Вес детали в кг до				
		0,25	1,0	8	20	>20
Рукояткой эксцентриковых зажимов	1	0,04	0,04	0,04	0,05	0,09
	2	0,07	0,07	0,07	0,09	0,14
	3	0,10	0,10	0,10	0,13	0,19

При количестве зажимов – 2 и весе детали – 1,596 кг, время установки и снятия деталей  $T_{y.c}=0,07$  мин.

Время на измерение одного отверстия определим по табл. 7.17.

Таблица 7.17

Вспомогательное время на контрольные измерения

Измерительный инструмент	Точность измерения	Измеряемый размер в мм до	Длина измеряемой поверхности в мм до			
			25	50	100	200
			Время в мин.			
Калибр-пробка гладкая двухсторонняя	11-12 квалитет	25	0,06	0,07	0,09	0,13
		50	0,08	0,09	0,11	0,15
		100	0,10	0,11	0,13	0,18
	7-8 квалитет	25	0,10	0,11	0,14	0,20
		50	0,12	0,13	0,16	0,25
		100	0,15	0,16	0,20	0,27
	5 квалитет	25	0,18	0,20	0,24	0,32
		50	0,20	0,22	0,27	0,39
		100	0,27	0,30	0,36	0,43

Анализ показывает, что точность изготовления размера  $D=20^{+0,033}$  соответствует 8 квалитету, следовательно, при измеряемом размере до 25 мм и длине измеряемой поверхности в мм до 25 мм время на одно измерение  $T_{изм}=0,1$  мин.

Таким образом, суммарное ручное перекрываемое вспомогательное время будет равно

$$\Sigma T_{в.пер.}=0,07+4 \times 0,1=0,47 \text{ мин}$$

Расчет показывает, что полученное значение меньше основного времени  $T_o=0,96$  мин, что гарантирует перекрытие этой части вспомогательного времени основным.

Переключение скорости и подачи при обработке отверстий не предусмотрено. Таким образом, ручное неперекрываемое

вспомогательное время на рассматриваемой операции расходуется на пуск станка и перемещение 4-позиционного поворотного стола на новую позицию. Время на пуск станка определим по табл. 7.18.

Таблица 7.18

Время на включение/выключение станка

Наименование приемов			Время в мин.	
Включить или выключить вращение шпинделя	кнопкой	Группа станков	–	0,02
	рычагом		I-II	0,02
			III-IV	0,03

Примечание: Группа станков I – мелкие станки: обработка крепежных деталей, нормалей, арматуры и других мелких деталей. Группа станков II – средние станки: обработка деталей повторяющихся конструкций и средних размеров. Группа станков III – крупные станки: обработка корпусных и оригинальных деталей.

Так как включение и выключение станка выполняется кнопкой, то время на выполнение этих действий будет равно  $T_{вкл}=2 \times 0,02=0,04$  мин.

Время на перемещение 4-позиционного поворотного стола на новую позицию определим по табл. 7.19.

Таблица 7.19

Время на приемы, связанные с переходами, не вошедшие в комплексы

Наименование приемов		Вес детали или детали с приспособлением в кг до		
		5	15	30
		Время в мин.		
Переместить деталь или деталь с приспособлением на длину в мм	150-400	0,015	0,02	0,06
	Свыше 400	0,03	0,04	0,08

Согласно табл. 7.19 время на поворот стола равно  $T_{пов.}=0,015$  мин. Значит, ручное неперекрываемое вспомогательное время на рассматриваемой операции будет равно

$$T_g=0,04+0,015=0,055 \text{ мин}$$

3. Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время на обработку детали

$$T_{он}=T_o+T_g=0,96+0,055=1,015 \text{ мин}$$

4. *Время обслуживания рабочего места  $T_{обс}$*  Время обслуживания рабочего места в течение смены состоит из времени технического и времени организационного обслуживания:



$$T_{обс} = T_{тех.обс} + T_{огр.обс}$$

Время технического обслуживания  $T_{тех.об}$  затрачивается на выполнение следующих действий: а) подналадку и регулировку станка; б) смену затупившегося инструмента; в) правку шлифовальных кругов или правку резца оселком; г) удаление стружки в процессе работы и т.п.

Для рассматриваемой обработки наиболее значимыми затратами времени на техническое обслуживание являются затраты на смену затупившегося инструмента, следовательно их можно определить по следующей формуле

$$T_{тех.обс} = \frac{T_{см} \times T_o}{T_p}$$

где  $T_{см}$  – время на установку и снятие инструмента, определяемое по табл. 7.19.

Таблица 7.20

Время на установку и снятие инструмента

Наименование приемов				Время в мин.		
Установить и снять инструмент	В быстро- сменном патроне	без выкл. вращ.шпинд.	Диаметр инструмента в мм	15	0,05	
				25	0,06	
		с вкл. вращ.шпинд.	до	30	0,09	
				Св.30	0,12	
	в кулачковом патроне				0,17	
	В конусе шпинделя при конусе Морзе №				2	0,12
					3	0,15
					4	0,18
					5	0,20
					6	0,24

В наладку входят:

2 сверла  $\varnothing 18,8$ , которые согласно ГОСТ 10903-77 Сверла спиральные с коническим хвостовиком имеют конус Морзе №3;

2 зенкера  $\varnothing 19,7$ , которые согласно ГОСТ 12489-71 Зенкеры цельные. Конструкция и размеры имеют конус Морзе №2;

2 развертки  $\varnothing 20$ , которые согласно ГОСТ 1672-80 Развертки машинные цельные. Типы, параметры и размеры имеют конус Морзе №2.

Из этого следует, что при замене затупившихся инструментов необходимо будет 4 раза вставить инструмент в переходную втулку Морзе №2/Морзе №4, 2 раза вставить инструмент в переходную втулку Морзе №3/Морзе №4 и 6 раз вставить инструменты в

шпиндель с конусом Морзе №4. Тогда суммарное время на смену инструментов будет равно

$$\Sigma T_{cm} = 4 \times 0,12 + 2 \times 0,15 + 6 \times 0,18 = 1,86 \text{ мин}$$

Тогда

$$T_{mex.obc} = \frac{1,86 \times 0,96}{34} = 0,05 \text{ мин}$$

Время организационного обслуживания  $T_{огр.обс}$  затрачивается на выполнение следующих работ: а) раскладку инструмента в начале смены и уборку его по окончании смены; б) чистку и смазку станка; в) осмотр и опробование станка и др.  $T_{огр.обс}$  исчисляются в процентах к оперативному времени. Необходимые данные для расчета приведены в табл. 7.21.

Таблица 7.21

Время на организационное обслуживание рабочего места

	Группа станков		
	I	II	III
Наибольший диаметр просверливаемого отв. в мм до	12	25	50
Процент от оперативного времени	3,5	4,0	4,0

Время на организационное обслуживание рабочего места

$$T_{огр.обс} = 1,015 \times 0,04 = 0,04 \text{ мин}$$

5. *Время перерывов на отдых и физические потребности  $T_{отд}$ .* Время на физические потребности исчисляется в процентах от оперативного времени. Исходные данные для его определения приведены в табл. 7.22.

Таблица 7.22

Затраты времени на перерывы, отдых и личные надобности  $T_{отд}$ . При установке детали вручную в процентах П от оперативного времени

$T_{он}$

Масса детали	Процент $T_o$ от $T_{он}$	$T_{он}$ (мин) до						
		0,1	0,2	0,5	1	3	5	Св.5
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>При работе с механической подачей</i>								
1	40	–	–	7	6	6	5	–
	80	–	–	7	6	5	5	–
5	40	–	–	7	6	6	6	
	80	–	–	7	6	6	5	
10	40	–	–	8	6	6	6	5
	80	–	–	7	6	6	5	5
20	40	–	–	–	8	8	7	5
	80	–	–	–	7	7	6	5

Согласно табл. 7.22 при массе 1,596 кг, процент  $T_0$  от  $T_{оп} - 0,95$  (95%) и  $T_{он} = 1,015$  мин,  $\Pi = 6\%$ , тогда

$$T_{отд} = 1,015 \times 0,06 = 0,06 \text{ мин}$$

6. *Подготовительно-заключительное время  $T_{пз}$ .* Дается на всю партию деталей и учитывается в штучно-калькуляционном времени лишь в условиях серийного производства.

Это время затрачивается на следующее: а) ознакомление рабочего с работой и чтение чертежа; б) подготовку рабочего места, наладку станка, инструмента и приспособлений для обработки данной партии деталей; в) снятие инструмента и приспособлений по окончании обработки партии деталей. Значения для расчета  $T_{пз}$  приведены в табл. 7.23.

Таблица 7.23

Данные для расчета подготовительно-заключительного времени

А. На наладку станка, инструмента и приспособлений							
№ позиции	Способ установки детали		Кол-во инструментов в наладке до	Группа станков			
				I	II	III	
				Наиб. Ø отв.			
				12	25	50	
Время в мин							
1	В универсальном приспособлении (тиски, болты с планками, патрон)		3	10	11	11	
2			6	11	13	13	
3			Свыше 6	12	14	14	
4	В кондукторе при установке кондуктора		вручную	3	11	13	13
5				6	12	15	15
6				Свыше 6	13	17	17
7			краном	3	14	16	16
8				6	15	18	18
9				Свыше 6	16	20	20
10	В универсальном или специальном приспособлении при групповой обработке деталей (частичная наладка станка без смены зажимного приспособления)		3	7	8	8	
11			6	8	9	9	
12			Свыше 6	9	10	10	
Б. На дополнительные приемы							
13	Установить и снять многошпиндельную головку		–	20	20	25	
В. На получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки							
14	Получение инструмента и приспособлений исполнителем работы до начала и сдача из после окончания обработки партии деталей		5-7				

При расчете учитывается, что обработка проводится в специальном приспособлении (кондукторе), который при 6 инструментах в наладке устанавливается вручную. При наибольшем просверливаемом отверстии  $\varnothing 18,8$  мм на станке II группы время на наладку станка, инструмента и приспособлений равно 15 мин.

Подготовка к выполнению операции требует выполнить дополнительные приемы, т.е. установить и снять многошпиндельную головку, на это понадобится 20 мин.

На получение инструмента и приспособлений до начала и сдачу их после окончания обработки уйдет 6 мин, тогда общие затраты подготовительно-заключительного времени составят

$$T_{пз} = 15 + 20 + 6 = 41 \text{ мин.}$$

7. *Норма штучного времени  $T_{шт}$ .* Она рассчитывается по формуле

$$T_{шт} = (T_o + T_в + T_{мех.обс} + T_{орг.обс} + T_{отд}) / k$$

где  $k$  – количество одновременно изготавливаемых деталей,  $k=2$

$$T_{шт} = (0,96 + 0,055 + 0,05 + 0,04 + 0,06) / 2 = 0,583 \text{ мин}$$

8. В условиях серийного производства подсчитывается *норма штучно-калькуляционного времени*

$$T_{шт.-к} = T_{шт.} + \frac{T_{пз.}}{n}$$

где  $T_{пз.}$  – подготовительно-заключительное время на всю партию деталей, мин;  $n$  – объем партии деталей в шт., примем  $n = 300$  деталей, тогда

$$T_{шт.-к} = 0,583 + \frac{41}{300} = 0,72 \text{ мин}$$

Основные результаты расчетов технических норм времени сведены в *табл. 7.25*.

## 7.6 Содержание отчета

1. Название работы.

2. Информация о нормировании многоинструментной обработки.

2.1. Содержание задания в виде исходных данных, включая фрагмент *табл. 7.1*.

2.2. Расчет режимов резания и норм времени в последовательности, приведенной в описании методики решения задачи и примере выполнения с оформлением результатов расчетов режимов резания по форме, приведенной в *табл. 7.24*, а технических норм времени по форме, приведенной в *табл. 7.25*.

Таблица 7.24

## Основные результаты расчетов режимов резания

№ инструмента	D, мм	$i = \frac{\text{инструмент}}{\text{шинд. станка}}$	L <sub>рез</sub> , мм	y, мм	L <sub>доп</sub> , мм	L <sub>рх</sub> , мм	S <sub>о нормат.</sub> , мм/об	S <sub>о шп.нормат.</sub> = S <sub>о норм.</sub> · i, мм/об	S <sub>о шп.прин.</sub> = S <sub>о принят.</sub> · i, мм	$\frac{L_{рез}}{\delta}$	T <sub>р</sub> , мин	V <sub>нормат.</sub> , м/мин	П <sub>нормат.</sub> , об/мин	S <sub>мин.норм.</sub> = S <sub>о прин.</sub> × П <sub>нормат.</sub> , мм/мин	П <sub>принят.</sub> = П <sub>шп пр.</sub> × i, об/мин	V <sub>принят.</sub> , мм/мин	P <sub>о</sub> , кг	N <sub>рез</sub> , кВт
1	18,5	1,25	37	8	55	100	0,4	0,5	0,32	–	34	26	440	141	444	26,22	387×2	1,32×2
2	19,7	1,25	37	4	55	96	0,8	1	0,32	247	34	48,1	777	249	444	27,48	36×2	0,03×2
3	20	0,75	37	17	55	109	1,8	1,35	0,533	1121	–	15,6	248	132	266	16,71	–	–
ИТОГО																	846	2,7

Таблица 7.25

## Основные результаты расчетов технических норм времени

1	T <sub>о</sub>	T <sub>в</sub>			T <sub>оп</sub>	T <sub>обл</sub>		T <sub>отд</sub>	T <sub>шт</sub>	T <sub>п.-з</sub>	n	T <sub>шт.-к</sub>
		T <sub>ус</sub>	T <sub>уп</sub>	T <sub>из</sub>		T <sub>тех</sub>	T <sub>орг</sub>					
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Сверление Зенкерование Развертывание	0,96	Пере- крыва- емое	0,055	Пере- крыва- емое	1,015	0,05	0,04	0,06	0,583	41	300	0,72

## 7.7 Контрольные вопросы

1. Что понимается под техническим нормированием станочных работ?
2. Из чего складывается норма штучного времени в условиях крупносерийного и массового производства и норма штучно-калькуляционного времени в условиях серийного и единичного производства?
3. Какова общая последовательность выбора режимов резания?
4. Каковы особенности выбора режимов резания при многоинструментной обработке? Что понимается под лимитирующим инструментом и как его выбрать?
5. Как должны быть согласованы выбранные режимы резания при многоинструментной обработке при сверлении?
6. Как определить основное время при многоинструментной обработке?
7. На что затрачиваются и как определяются остальные слагаемые штучного и штучно-калькуляционного времени?
8. Как производится выбор подачи стойкости инструмента и скорости резания при многоинструментной обработке?
9. Как производится проверка выбранного режима по мощности резания?

## **8 Практическая работа на тему: «Расчет припусков на механическую обработку»**

### **8.1 Цель работы**

Изучение методики расчета припусков на обработку для различных поверхностей деталей и практическое освоение методов определения промежуточных и общих припусков на обработку.

### **8.2 Порядок выполнения работы**

1. Внимательно изучить методику решения поставленной задачи.
2. В расчетную таблицу (см. *табл. 8.1*) внести технологический маршрут обработки заданной поверхности.
3. Определить по соответствующим таблицам значения составляющих припуска, значения допусков по всем операциям (переходам) и рассчитать по формулам межоперационные значения припусков.
4. Определить величину расчетных и предельных размеров по операциям технологического процесса.
5. Рассчитать предельные значения припуска по всем операциям, а также его суммарное значение.
6. Произвести проверку правильности выполненных расчетов.
7. Назначить по стандарту на обрабатываемые поверхности детали общие припуски на обработку.
8. Построить схему графического расположения припусков и допусков.
9. Сформулировать вывод о проделанной работе и полученных результатах.
10. В соответствии с требованиями составить отчет о выполнении практической работы.
11. Защитить практическую работу.

### **8.3 Методика решения задачи**

Основные положения по определению припусков расчетно-аналитическим методом приведены в пособиях [4, с. 87-112].

Расчет припусков на обработку наружных и внутренних поверхностей имеет свою особенность. Она заключается в том, что для наружных поверхностей расчет начинается с наименьшего предельного размера готовой детали последовательным

прибавлением расчетных припусков  $Z_{\min}$  по всем операциям, а для внутренних поверхностей – с наибольшего предельного размера последовательным вычитанием  $Z_{\min}$ .

Слагаемые, составляющие припуск на обработку, зависят от многих факторов: формы, размеров, материала деталей, методов обработки и др.

В соответствующих таблицах в зависимости от этих факторов приведены значения Rz и T(h) ([4, табл. 3.36-3.38]).

Пространственные отклонения учитываются только у заготовок (под первый технологический переход обработки), после черновой и получистовой обработки лезвийным инструментом (под последующий технологический переход), после термообработки [4]. При последующей обработке эти погрешности становятся ничтожно малыми и ими можно пренебречь.

Погрешности установки  $\varepsilon_y$  на выполняемом переходе определяются по формуле

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (8.1)$$

где  $\varepsilon_6$  – погрешность базирования, возникающая при несовпадении установочной и измерительной баз. Погрешность базирования определяется по соответствующим формулам в зависимости от схемы установки при обработке ([4, табл. 3.45];  $\varepsilon_3$  – погрешность закрепления, возникающая в результате смещения обрабатываемых поверхностей заготовок от действия зажимной силы ([4, табл. 3.46-3.49]).

Определение значений допусков на размеры заготовок производится по стандартам, регламентирующим различные методы получения заготовок.

Допуски на отливки из металлов и сплавов и припуски на механическую обработку определяются по ГОСТ 26645-85; на штампованные заготовки – по ГОСТ 7505-89([5, табл.47-48]).

Значения промежуточных допусков для различных видов механической обработки определяются по таблицам экономической точности обработки ([5, табл.8-11]) и соответствующим качествам точности.

Величина  $Z_{\max}$  используется при назначении глубины резания;  $Z_{\max} \approx t_f$ . Эту величину используют при определении режимов резания V и S и выборе оборудования по мощности.

Значения номинального припуска  $Z_{\text{ном}}$  необходимы для определения номинальных размеров заготовок, по которым



изготавливают технологическую оснастку (штампы, пресс-формы, модели т.д.).

#### 8.4 Исходные данные

1. Рассчитать припуски на обработку наружной поверхности D детали «Вал ступенчатый» (рис.8.1) по данным, приведенным в табл. 8.1.

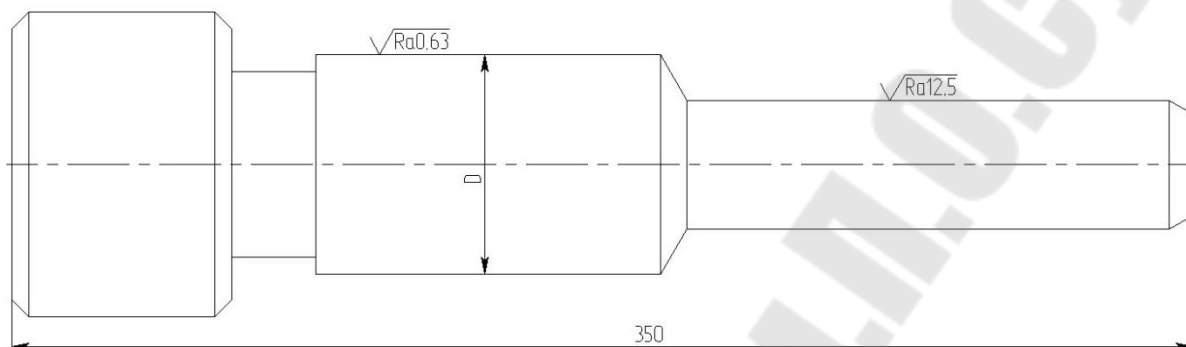


Рис. 8.1 Вал ступенчатый (материал – группа стали М1 или М2; заготовка – штамповка на ГКМ)

Способ установки при обработке – по центровым отверстиям.

Технологический процесс обработки поверхности D:

а) точение черновое и чистовое; б) термообработка; в) шлифование черновое и чистовое.

Таблица 8.1

#### Исходные данные для расчета

№ варианта	D, мм	Масса поковки, кг	Класс точности	Группа стали	Степень сложности
1	45 <sub>-0,025</sub>	8,5	T4	M1	C1
2	65 <sub>-0,03</sub>	14,5	T5	M2	C2
3	85 <sub>-0,035</sub>	20,5	T4	M1	C3
4	125 <sub>-0,04</sub>	30,5	T5	M2	C4
5	185 <sub>-0,046</sub>	50,3	T4	M1	C1
6	46 <sub>-0,025</sub>	8,6	T4	M1	C1
7	66 <sub>-0,03</sub>	14,6	T5	M2	C2
8	86 <sub>-0,035</sub>	20,6	T4	M1	C3
9	126 <sub>-0,04</sub>	30,6	T5	M2	C4
10	186 <sub>-0,046</sub>	50,4	T4	M1	C1
11	47 <sub>-0,025</sub>	8,7	T4	M1	C1
12	67 <sub>-0,03</sub>	14,7	T5	M2	C2
13	87 <sub>-0,035</sub>	20,7	T4	M1	C3
14	127 <sub>-0,04</sub>	30,7	T5	M2	C4
15	187 <sub>-0,046</sub>	50,7	T4	M1	C1
16	48 <sub>-0,025</sub>	8,8	T4	M1	C1

Продолжение табл. 8.1

№ варианта	D, мм	Масса поковки, кг	Класс точности	Группа стали	Степень сложности
17	68 <sub>-0,03</sub>	14,8	T5	M2	C2
18	88 <sub>-0,035</sub>	20,8	T4	M1	C3
19	128 <sub>-0,04</sub>	30,8	T5	M2	C4
20	188 <sub>-0,046</sub>	50,8	T4	M1	C1
21	49 <sub>-0,025</sub>	8,9	T4	M1	C1
22	69 <sub>-0,03</sub>	14,9	T5	M2	C2
23	89 <sub>-0,035</sub>	20,9	T4	M1	C3
24	129 <sub>-0,04</sub>	30,9	T5	M2	C4
25	189 <sub>-0,046</sub>	50,9	T4	M1	C1

### 8.5 Пример выполнения

Рассчитать припуски и предельные размеры по технологическим операциям (переходам) обработки поверхности  $\varnothing 45_{-0,016}$  мм вала первичного (рис. 8.2). На все обрабатываемые поверхности назначить припуски и допуски по ГОСТ 7505-89. Заготовка – штамповка на ГКМ класса точности T4. Материал заготовки – сталь 40X (M1). Степень сложности C2 (штамповка в 3 перехода). Масса поковки – 5,5 кг. Способ установки при обработке – по центровым отверстиям.

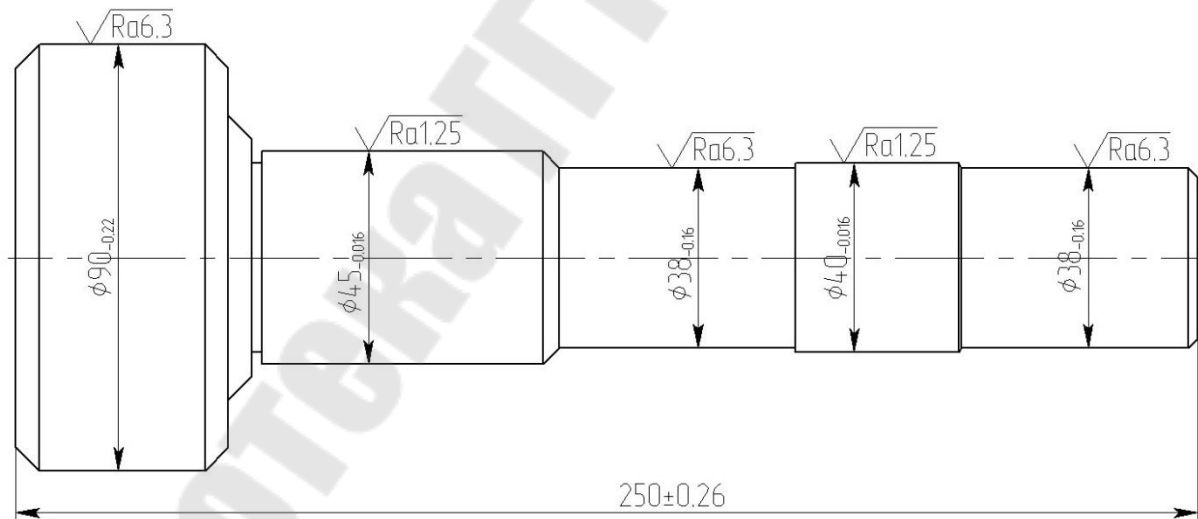


Рис. 8.2 Вал первичный

В графу «Технологические переходы обработки поверхности» расчетной табл. 8.8 записываем технологический маршрут обработки цилиндрической поверхности  $\varnothing 45_{-0,016}$  мм, а именно: заготовка; точение черновое и чистовое; термообработка (закалка ТВЧ); шлифование черновое и чистовое. В табл. 8.8 записываем также

соответствующие заготовке и каждому технологическому переходу значения элементов припуска, а именно величины  $Rz$  и  $T$  определяются по табл. 8.2 и табл. 8.3.

Таблица 8.2

Качество поверхностей заготовок

Вид заготовки	$Rz$	$T$
Штаповки массой, кг:		
До 0,25	150	150
0,25...2,5	200	200
2,5...25	240	250
25...100	300	300
100...200	350	350

Таблица 8.3

Параметры, достигаемые после механической обработки

Вид обработки	$Rz$	$T$
Обработка наружных поверхностей		
Обдирочная обработка лезвийным инструментом отливок классов точности 7...1т, горячего проката обычной точности, нежестких валов, поковок с большими припусками и др.	100	100
Черновая обработка лезвийным инструментом заготовок всех видов	50	50
Чистовая обработка лезвийным инструментом и однократная обработка заготовок с малыми припусками	25	25
Чистовое торцевое фрезерование	10	15
Протягивание наружное	5	10
Токая обработка лезвийным инструментом	3	-
Шлифование предварительное	10	20
Шлифование чистовое	5	15
Бесцентровое шлифование калиброванного проката до термообработки	6	12
Бесцентровое шлифование калиброванного проката после термообработки	0,3...0,8	
Обработка отверстий		
Сверление спиральными сверлами	40	60
Глубокое сверление	20	30
Зенкерование черновое	50	50
Зенкерование чистовое	30	40
Растачивание черновое	50	50
Растачивание чистовое	20	25
Развертывание нормальное	10	25
Развертывание точное	5	10
Развертывание тонкое	3	-

Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки данного вида, представленного на *рис 8.3*, определяется по формуле

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{кор.}^2 + \rho_{ц}^2}$$

где  $\rho_{кор.}$  – наибольшая кривизна заготовки.

$$\rho_{кор.} = \Delta_k \cdot l,$$

где  $\Delta_k$  – удельная кривизна заготовки, согласно *табл. 8.4*

*Таблица 8.4*

Удельная кривизна поковок типа валов

Диаметр поковки, мм	$\Delta_k$ (в мкм) на 1 мм длины после				
	Штамповки для класса точности		Правки на прессах	термообработки	
	T4	T5		В печах	ТВЧ
До 25	5	10	0,20	2,6	1,25
Св. 25 до 50	5	10	0,15	1,5	0,75
Св. 50 до 80	3	6	0,12	1,0	0,50
Св. 80 до 120	2	4	0,10	1,0	0,50
Св. 120 до 180	1,6	3	0,08	1,0	0,50
Св. 180 до 260	1,4	2,5	-	-	-
Св. 260 до 360	1,2	2,0	-	-	-
Св. 360 до 500	1,1	1,5	-	-	-

Согласно *табл. 8.4*  $\Delta_k = 5$  мкм/мм, т.к. для рассматриваемой детали класс точности штамповки T4 и  $\varnothing 45$  находится в интервале свыше 25 до 50 мм. Общая длина детали равно 250 мм, поэтому

$$\rho_{кор.} = 5 \cdot 250 = 1250 \text{ мкм} = 1,25 \text{ мм.}$$

$\rho_{ц}$  – погрешность центровки поковки, которая определяется по формуле

$$\rho_{ц} = 0,25 \cdot \sqrt{\delta^2 + 1}$$

где  $\delta$  – допуск на диаметральный размер базовой поверхности заготовки, используемый при зацентровке, который определяется по *табл. 8.5*. Однако, перед этим необходимо по схеме, представленной на *рис. 8.4*, руководствуясь примером на *рис. 8.3* определить индекс поковки.

Для рассматриваемого примера по схеме на *рис. 8.4* определяем исходный индекс поковки – 13

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки					Исходный индекс
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5	
До 0,5 включ.	/			/				/					1
СВ 0,5 до 1,0 "													2
" 1,0 " 1,8 " X													3
" 1,8 " 3,2 "													4
" 3,2 " 5,6 "													5
" 5,6 " 10,0 "													6
													7

Рис. 8.3 Пример определения индекса поковки

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки					Исходный индекс
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5	
До 0,5 включ.	/			/				/					1
СВ 0,5 до 1,0 "													2
" 1,0 " 1,8 "													3
" 1,8 " 3,2 "													4
" 3,2 " 5,6 "													5
" 5,6 " 10,0 "													6
" 10,0 " 20,0 "													7
" 20,0 " 50,0 "													8
" 50,0 " 125,0 "													9
" 125,0 " 250,0 "													10
													11
													12
													13
													14
													15
													16
													17
													18
													19
													20
													21
													22
													23

Рис. 8.4 Схема определения исходного индекса поковки

Таблица 8.5

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок, в

мм

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки																	
	до 40		40 - 63		63 - 100		100 - 160		160 - 250		св. 250							
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки																	
	до 40		40 - 100		100 - 160		160 - 250		250 - 400		400 - 630		630 - 1080		1000-1600		1600-2500	
1	0,3	+0,2 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,5	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	-	-	-	-	-	-
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	-	-	-	-
4	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	-	-	-	-
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	-	-
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
12	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7
13	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
14	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1
15	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4
16	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7
17	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0
18	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3
19	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки																	
	до 40		40 - 63		63 - 100		100 - 160		160 - 250		св. 250							
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки																	
	до 40		40 - 100		100 - 160		160 - 250		250 - 400		400 - 630		630 - 1080		1000-1600		1600-2500	
20	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,0	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0
21	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4
22	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8
23	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8	16,0	+10,0 -6,0

С учетом того, что при зацентровке используется базовая поверхность заготовки с диаметральным размером 95 мм, а общая длина детали примерно 255 мм по табл. 8.5;  $\delta = 3,2$  мм. Тогда

$$\rho_{ц} = 0,25 \cdot \sqrt{3,2^2 + 1} = 0,25 \cdot \sqrt{11,24} = 0,82 \text{ мм}$$

$$\rho_{заг} = \sqrt{1,25^2 + 0,82^2} = 1,5 \text{ мм}$$

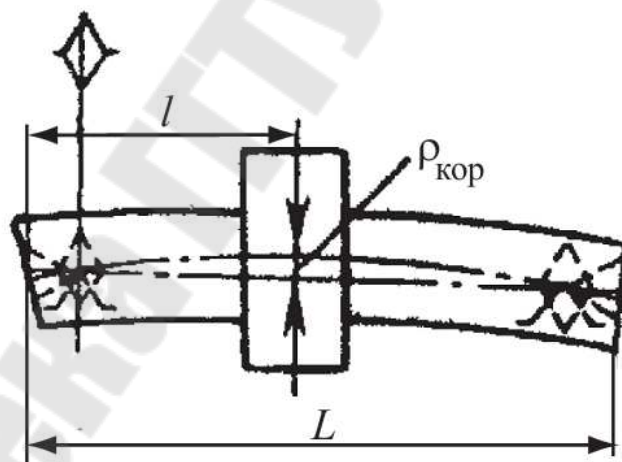


Рис. 8.5 Эскиз стержневой детали при обработке в центрах (штампованная заготовка)

Величина остаточной пространственной погрешности составит после точения черного

$$\rho_{\text{точ. черн.}} = 0,06 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 1,5 = 0,09 \text{ мм} = 90 \text{ мкм};$$

после точения чистового

$$\rho_{\text{точ. чист.}} = 0,04 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,04 \cdot 1500 = 60 \text{ мкм};$$

после термообработки

$$\rho_{\text{терм.}} = \Delta_k \cdot l.$$

$\Delta_k = 0,75$  мкм по табл. 8.4:

$$\rho_{\text{терм}} = 0,75 \cdot 250 = 188 \text{ мкм.}$$

С учетом  $\rho_{\text{точ.чист.}}$

$$\rho_{\text{терм}} = \sqrt{188^2 + 60^2} = 279 \text{ мкм}$$

после шлифования черногого

$$\rho_{\text{шл.черн.}} = 0,06 \cdot 279 = 17 \text{ мкм.}$$

Полученные значения  $\rho$  заносим в таблицу.

Погрешность установки на всех операциях технологического процесса равна 0 (базирование по центровым отверстиям).

Допуск на поверхность диаметрального размера 45 мм штампованной поковки согласно табл. 8.5  $\delta = 2,5 \text{ мм} = 2500 \text{ мкм}$ .

Допуск на чистовое шлифование равен допуску на  $\varnothing 45_{-0,016}$  мм, т.е. 16 мкм.

Квалитеты точности на остальные промежуточные этапы обработки определим по табл. 8.6.

Таблица 8.6

Точность и качество поверхности поволок после механической обработки

Наименование поверхности и способа обработки	Квалитет точности	Шероховатость $Ra$ , мкм	Высота неровностей, $Rz$ , мкм	Дефектный слой $T$ , мкм
Валы ступенчатые				
<i>Наружные поверхности вращения</i>				
Точение:				
Однократное	12-11	6,3	30	30
Черновое	12	12,5	50	50
Чистовое	11	3,2-6,3	25	25
Тонкое	8-7	0,8-0,4		
Шлифование				
Черновое	8	1,6	10	20
Чистовое	7-6	0,8-0,4	5	15
Тонкое	6-5	0,4-0,2	–	–
<i>Торцевые поверхности</i>				
Подрезание:				
Черновое	12	12,5	50	50
Чистовое	11	6,3	30	30
Фрезерование	14	12,5	100	100
Шлифование	8	1,6-0,8	–	–



Допуски на остальные промежуточные этапы обработки определим по *табл. 8.7*.

*Таблица 8.7*

Числовые значения допусков для размеров в интервале 30-50 мм

Номи- нальные	Квалитеты									
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
p-p, мм	Допуски, мкм									
30-50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620

Расчет минимальных значений припусков производим, пользуясь основной формулой

$$2 \cdot Z_{\min_i} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_i + \rho_{i-1})$$

Минимальный припуск

под точение черновое

$$2 \cdot Z_{\min_1} = 2 \cdot (240 + 250 + 1500) = 2 \cdot 1990 \text{ мкм} = 2 \cdot 1,99 \text{ мм}$$

под точение чистовое

$$2 \cdot Z_{\min_2} = 2 \cdot (50 + 50 + 90) = 2 \cdot 190 \text{ мкм} = 2 \cdot 0,19 \text{ мм}$$

под шлифование черновое

$$2 \cdot Z_{\min_3} = 2 \cdot (25 + 25 + 60) = 2 \cdot 110 \text{ мкм} = 2 \cdot 0,11 \text{ мм}$$

под шлифование чистовое

$$2 \cdot Z_{\min_4} = 2 \cdot (10 + 20 + 12) = 2 \cdot 42 \text{ мкм} = 2 \cdot 0,042 \text{ мм}$$

Графа «Расчетный размер  $d_p$ » заполняется, начиная с конечного чертежного размера, путем последовательного прибавления минимального припуска каждого технологического перехода

$$d_{p_3} = 44,984 + 2 \cdot 0,042 = 45,068 \text{ мм}$$

$$d_{p_2} = 45,068 + 2 \cdot 0,110 = 45,288 \text{ мм}$$

$$d_{p_1} = 45,288 + 2 \cdot 0,19 = 45,668$$

$$d_{p_{\text{заг}}} = 45,668 + 2 \cdot 1,990 = 49,648$$

Записав в соответствующей графе расчетной таблицы значения допусков на каждый технологический переход и заготовку, в графе «Наименьший предельный размер» определим их значения для каждого технологического перехода, округляя расчетные размеры увеличением их значений. Округление производим до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого

перехода. Наибольшие предельные размеры вычисляем прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру

$$d_{max_4} = 44,984 + 0,016 = 45,000 \text{ мм}$$

$$d_{max_3} = 45,068 + 0,039 = 45,107 \text{ мм}$$

$$d_{max_2} = 45,47 + 0,16 = 45,63 \text{ мм}$$

$$d_{max_1} = 45,83 + 0,25 = 46,08 \text{ мм}$$

$$d_{max_{заг}} = 49,7 + 2,5 = 52,2 \text{ мм}$$

Предельные значения припусков  $2 \cdot Z_{max}^{np}$  определяем как разность наибольших предельных размеров и  $2 \cdot Z_{min}^{np}$  – как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов:

$$2 \cdot Z_{max_4}^{np} = 45,107 - 45,000 = 0,107 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{max_3}^{np} = 45,630 - 45,107 = 0,523 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{max_2}^{np} = 46,08 - 45,63 = 0,450 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{max_1}^{np} = 52,20 - 46,08 = 6,12 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{min_4}^{np} = 45,068 - 44,984 = 0,084 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{min_3}^{np} = 45,470 - 45,068 = 0,402 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{min_2}^{np} = 45,83 - 45,47 = 0,36 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{min_1}^{np} = 49,70 - 45,83 = 3,87 \text{ мм}$$

Общие припуски  $2 \cdot Z_{min_{общ}}^{np}$  и  $2 \cdot Z_{max_{общ}}^{np}$  рассчитываем, суммируя промежуточные припуски и записывая их внизу соответствующих граф.

Производим проверку правильности выполненных расчетов

$$2 \cdot Z_{max_4}^{np} - 2 \cdot Z_{min_4}^{np} = 0,107 - 0,084 = 0,023 \quad \delta_3 - \delta_4 = 0,039 - 0,016 = 0,023$$

$$2 \cdot Z_{max_3}^{np} - 2 \cdot Z_{min_3}^{np} = 0,523 - 0,402 = 0,121 \quad \delta_2 - \delta_3 = 0,160 - 0,039 = 0,121$$

$$2 \cdot Z_{max_2}^{np} - 2 \cdot Z_{min_2}^{np} = 0,45 - 0,36 = 0,09 \quad \delta_1 - \delta_2 = 0,25 - 0,16 = 0,09$$

$$2 \cdot Z_{max_1}^{np} - 2 \cdot Z_{min_1}^{np} = 6,12 - 3,87 = 2,25 \quad \delta_{заг} - \delta_1 = 2,50 - 0,25 = 2,25$$

Проверка показала правильность выполненных расчетов. Результаты расчетов сведем в *табл. 8.8*, а на *рис. 8.6* представим схему графического расположения припусков и допусков на обработку цилиндрической поверхности  $\varnothing 45_{-0,016}$  мм.

Таблица 8.8

Расчет припусков на обработку поверхности  $\varnothing 45_{-0,016}$  мм

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мм				Расчетный припуск $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм	Расчетный размер $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельный припуск, мм	
	Rz	T	$\rho$	$\varepsilon$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Заготовка	240	250	1500			49,648	2500	49,7	52,2		
Точение черновое	50	50	90		2·1990	45,824	250	45,83	46,08	3,87	6,12
	25	25	60		2·190	45,468	160	45,47	45,63	0,36	0,45
Термообработка (закалка ТВЧ)			279								
Шлифование черновое	10	20	12		2·110	45,068	39	45,068	45,107	0,402	0,523
	5	15			2·42	44,984	16	44,984	45,000	0,084	0,107
Итого					2·2332					4,716	7,200

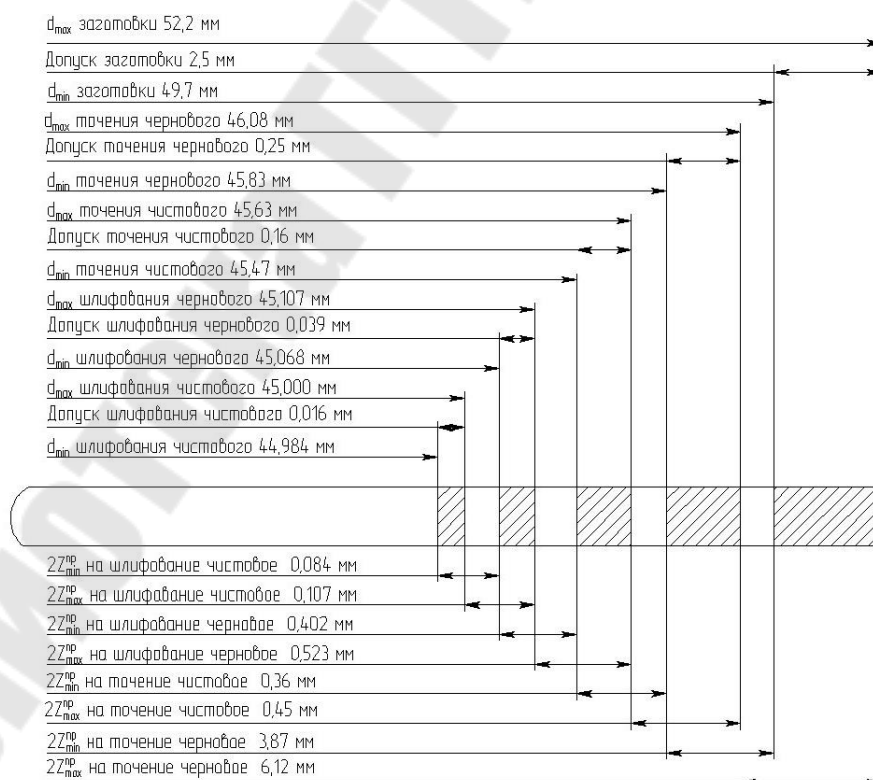


Рис. 8.6 Схема графического расположения припусков и допусков на обработку поверхности  $\varnothing 45_{-0,016}$  мм

## 8.6 Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания.
3. Эскиз детали с необходимыми исходными данными.
4. Определение отдельных составляющих припуска и расчет его значений по соответствующим формулам по всем операциям технологического процесса.
5. Сводная таблица по расчету припусков на обработку заданной поверхности расчетно-аналитическим методом.
6. Таблица припусков и допусков на обрабатываемые поверхности детали табличным и расчетно-аналитическим методом.
7. Схема графического расположения припусков и допусков.
8. Выводы.

## 8.7 Контрольные вопросы

1. Назовите методы определения припусков на обработку. В чем преимущества и недостатки каждого из них?
2. Напишите формулу расчета  $Z_{\min}$  на обработку круглых и плоских поверхностей.
3. От каких факторов зависят величины Rz и T?
4. Как определяется величина  $\rho$  для различных видов заготовок и последующей механической обработки?

## Литература

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Мн.: Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.
2. Демьянюк Ф.С. Технологические основы поточно-автоматизированного производства. – М.: Высшая школа, 1968. – 700 с.
3. Дипломное проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для вузов / В. В. Бабук [ и др.] ; под общ. ред. В.В. Бабука . – Минск : Выш. шк., 1979. – 238 с.
4. Кане Технология машиностроения. Курсовое проектирование : учеб. пособие / М.М. Кане [и др.]; под ред. М.М. Кане; В.К. Шелега. – Минск : Выш. шк., 2013. – 311 с.
5. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
6. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении : учеб. пособие / В. В. Бабук [ и др.] ; под общ. ред. В. В. Бабука . – Минск : Выш. шк., 1987. – 255 с.
7. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении : учеб. пособие для вузов / И.П. Филонов [ и др.] ; под общ. ред. И.П. Филонова. – Минск: Технопринт, 2003. – 910 с.
8. РД 50-174-80. Методические указания ЕСТПП. Выбор оптимальной величины коэффициента закрепления операций  $K_{з.о.}$  для предприятий машино- и приборостроения. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 23 с.
9. Сборник практических работ по технологии машиностроения : учеб. пособие / А.И. Медведев [ и др.] ; под ред. И.П. Филонова. – Минск : БНТУ , 2003. – 486 с.
10. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.
11. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. А.Д. Корчемкина. – М.: НИИавтопром, 1995. – 456 с.
12. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.

**Петухов Александр Владимирович**

## **ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**Практикум**

**по одноименной дисциплине  
для студентов специальности**

**1-36 01 03 «Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»  
дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 23.03.18.

Рег. № 53Е.

<http://www.gstu.by>