

4037



Министерство образования  
Республики Беларусь

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

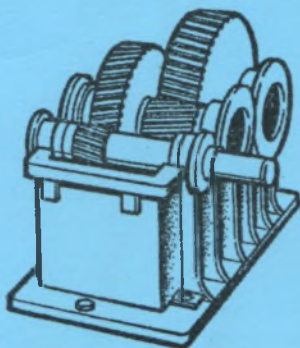
---

Кафедра «Технология машиностроения»

# **ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**Сборник практических работ**

**Часть 1**



**Минск  
БНТУ  
2011**

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Технология машиностроения»

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Сборник практических работ

В 4 частях

Часть 1

Минск  
БНТУ  
2011

~~УДК 621.7.002 (075.4)~~

~~ББК 34.5я 735~~

Т 38

**Составители:**

И.Л. Баршай (работа № 3), И.М. Бабук (работа № 5),  
М.М. Кане (работы № 1, 5), Н.И. Крино (работа № 2),  
А.И. Медведев (работы № 1, 2, 5), Н.А. Сакович (работа № 4),  
В.К. Шелег (работа № 3), В.А. Шкред (работы № 1, 4)

Под общей редакцией А.И. Медведева

**Рецензенты:**

Л.М. Акулович, Э.Я. Ивашин

Т 38      Технология машиностроения: сб. практических работ: в 4 ч. /  
сост.: И.Л. Баршай [и др.]; под общ. ред. А.И. Медведева – Минск:  
БНТУ, 2011. – Ч. 1. – 78 с.

В данном сборнике помещено пять практических работ, предназначенных для изучения вопросов, относящихся к дисциплине «Технология машиностроения».

Рассмотрены методика и порядок выбора формы организации техпроцесса и расчета основных параметров, дана методика определения количественных показателей и уровней технологичности конструкций, последовательности обработки, обеспечивающей требуемое качество поверхности, определения партии деталей в серийном производстве, приведены методика и порядок технико-экономического обоснования выбора оптимального варианта техпроцесса.

УДК 621.7.002 (075.4)

ББК 34.5я 735

ISBN 978-985-525-593-3 (Ч. 1)

ISBN 978-985-525-595-7

© БНТУ, 2011

## Содержание

Работа № 1. Выбор формы организации технологического процесса и расчет ее основных параметров. . . . .	4
Работа № 2. Определение количественных показателей и уровней технологичности конструкций. . . . .	19
Работа № 3. Определение последовательности обработки, обеспечивающей требуемое качество поверхности. . . . .	37
Работа № 4. Определение размера партии деталей в серийном производстве. . . . .	47
Работа № 5. Выбор рационального варианта механической обработки детали по критерию минимальной себестоимости. . . . .	57

## Работа № 1

### ВЫБОР ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

*Цель работы* – приобретение и закрепление навыков проектирования технологического процесса механической обработки на этапе выбора формы организации такого процесса и расчета основных параметров.

Работа рассчитана на два академических часа.

#### Методические указания

В машиностроении установлены две формы организации технологических процессов: групповая и поточная. При поточной форме за каждым рабочим местом в течение года закреплена 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 в течение года закреплено несколько операций обработки деталей одного или разных типов-размеров, время выполнения операций не согласовано, 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 [1].

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 загрузке линии не ниже 60 % –  $Q_c$ . Если  $N_c < Q_c$ , то применение поточной формы организации технологического процесса нецелесообразно.

Рассмотрим методы расчета  $N_c$  и  $Q_c$ .

$$N_c = \frac{N}{253}.$$

Здесь  $N$  – заданный годовой выпуск данной детали; 253 – количество рабочих дней в году.

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

Здесь  $F_c$  – суточный фонд времени работы оборудования, мин (при двухсменном режиме работы  $F_c = 952$  мин);  $\eta_3$  – коэффициент загрузки оборудования (принято, что  $\eta_3 = 0,8$ );  $T_{cp}$  – средняя трудоемкость основных операций, мин.

$$T_{cp} = \frac{\sum_i^n T_{шт_i}}{n},$$

где  $T_{шт_i}$  – 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.

### **Расчет основных параметров принятой формы организации технологического процесса**

Для поточной формы организации технологического процесса определяют:

1. Такт производства

$$T_{\text{в}} = \frac{60F_{\text{д}}}{N}, \text{ мин,}$$

где  $F_{\text{д}}$  – эффективный (действительный) годовой фонд времени работы оборудования:  $F_{\text{д}} = 4015$  ч для поточной линии при двухсменной работе.

2. Расчетное количество станков на данной операции

$$m_{\text{рi}} = \frac{T_{\text{штi}}}{T_{\text{в}}}.$$

3. Принятое количество станков на данной операции  $m_{\text{пр}}$ .

В качестве  $m_{\text{пр}}$  обычно принимается ближайшее к  $m_{\text{р}}$  большее целое число. Например, если  $m_{\text{р}} = 1,2$ , то  $m_{\text{пр}} = 2$ .

4. Коэффициент загрузки станка на данной операции

$$\eta_{\text{зi}} = \frac{m_{\text{рi}}}{m_{\text{прi}}}.$$

5. Средний коэффициент загрузки станков в поточной линии

$$\eta_{\text{зср}} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_{\text{зi}}}{n},$$

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

Для правильно разработанного технологического процесса  $\eta_{\text{зср}}$  должен быть близок к нормативному значению  $\eta_{\text{зн}}$  для данного типа производства. Для массового и крупносерийного производства  $\eta_{\text{зн}} = 0,65-0,75$ , для серийного  $\eta_{\text{зн}} = 0,75-0,85$ , для мелкосерийного  $\eta_{\text{зн}} = 0,8-0,9$ .

## 6. Цикл изготовления детали

$$T_{ц} = \sum_{i=1}^n T_{шт_i} \cdot K_{пр},$$

где  $K_{пр}$  – коэффициент, учитывающий время пролеживания деталей между операциями. Значение  $K_{пр}$  зависит от организации производства, степени его механизации и автоматизации. Для поточной линии  $K_{пр} = 2-3$ , для автоматической линии  $K_{пр} \leq 1,5$  [1].

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.

$$S = \sum_{i=1}^m p + \frac{K}{T_{в}} (T_{см} + T_{з} + T_{с}),$$

где  $m$  – количество рабочих мест на поточной линии;

$p$  – количество одновременно обрабатываемых деталей на данном рабочем месте;

$K$  – коэффициент, учитывающий неточность расчета:  $K = 1,0-1,5$ ;

$T_{в}$  – такт производства;

$T_{см}$  – время на смену и регулирование изношенного инструмента на данном рабочем месте;  $T_{см}$  может приниматься по [2, с. 209–210] либо по другим справочникам для нормирования техпроцессов механической обработки, а также по приложению к данной работе;

$T_{з}$  и  $T_{с}$  – 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  $T_{з} = T_{с} = 480$  мин.

Для групповой обработки организации технологического процесса определяют:



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

$$D = \frac{N \cdot \alpha}{253},$$

где  $\alpha$  – периодичность запуска, дни. Рекомендуется следующие значения  $\alpha$ : 1; 2, 2,5; 5, 11, 22, 66.

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

$$C = \frac{T_{\text{шт-к.ср}} \cdot D}{476 \cdot 0,8},$$

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  $C_{\text{пр}}$ .

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

$$D_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,8 C_{\text{пр}}}{T_{\text{шт-к.ср}}}.$$

Уточненная методика определения  $D$  приведена в практической работе «Расчет размера партии деталей».

4. Расчетное количество станков данного типа

$$m_{\text{рj}} = \frac{\sum_{i=1}^r N_i \cdot T_{\text{шт-к}_i}}{60 F_{\text{д}} K_{\text{в}}} = \frac{\sum_{i=1}^r N_i T_{\text{шт}_i} K_{\text{п.з.}_i}}{60 F_{\text{д}} \cdot K_{\text{в}}},$$

где  $r$  – количество типоразмеров деталей, обрабатываемых на данном станке;

$N_i$  – число деталей  $i$ -го типоразмера, обрабатываемых на данном станке в течение года;

$T_{шт-к_i}$  – штучно-калькуляционное время обработки на данном станке одной детали  $i$ -го типоразмера;

$F_d$  – действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования, ч;

$K_B$  – коэффициент выполнения норм времени, для укрупненных расчетов можно принять  $K_B = 1,3$ ;

$K_{п.з.i}$  – коэффициент, учитывающий долю затрат подготовительно-заключительного времени; при укрупненных расчетах можно принять  $K_{п.з.i} = 1,05-1,1$ .

5. Коэффициент загрузки станка данного типа

$$\eta_{3j} = \frac{\sum_{i=1}^r N_i \cdot T_{шт_i} \cdot K_{п.з.i}}{60 F_d K_B \cdot m_{пр.j}},$$

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

6. Средний коэффициент загрузки станков участка для групповой обработки

$$\eta_{3сп} = \frac{\sum_{j=1}^l \eta_{3j}}{l},$$

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:

$$r = \frac{\eta_{3.н}}{\eta_{3.спj}}.$$

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

#### 8. Производственный цикл изготовления детали

$$T_{ц} = T_{\Sigma} D_{пр} + T_{пр} K + T_{т} (2K + 1), \text{ мин},$$

где  $T_{\Sigma}$  – суммарная трудоемкость изготовления детали, мин;

$T_{пр}$  – время одного пролеживания деталей в кладовой, в среднем

$T_{пр} = 900$  мин;

$K$  – количество завозов деталей в промежуточные кладовые:

$$K = n - 1,$$

где  $n$  – число операций обработки детали;

$T_{т}$  – длительность одного транспортирования партии деталей от станков в кладовую и обратно, в среднем  $T_{т} = 30$  мин;

$(2K + 1)$  – количество транспортирований деталей с учетом транспортирования на сборку.

#### 9. Необходимый задел деталей

$$S = T_{ц} \cdot N_{с},$$

где  $T_{ц}$  – производственный цикл изготовления деталей, дни;

$N_{с}$  – суточный выпуск деталей. При двухсменном режиме работы и 8-часовом рабочем дне  $N_{с} = \frac{T_{ц}}{960}$  (дней).

### Пример

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

## Исходные данные

Основными операциями изготовления рычага являются:

1. Фрезерная. Станок вертикально-фрезерный. Используется один инструмент.  $T_{шт} = 2,1$  мин.

2. Фрезерная. Станок горизонтально-фрезерный. Используются два инструмента.  $T_{шт} = 3,5$  мин.

3. Сверлильная. Станок вертикально-сверлильный. Используются три инструмента.  $T_{шт} = 5,5$  мин.

Рассмотрим два варианта условий обработки. I – годовой выпуск 300 шт. II – годовой выпуск 100000 шт.

Результаты расчетов сведены в табл. 1.1

Таблица 1.1

Параметры технологического процесса	Результаты расчетов	
	I вариант	II вариант
1	2	3
Средняя трудоемкость основных операций	$T_{ср} = \frac{2,1 + 3,5 + 5,5}{3} = 3,7$ мин	$T_c = 3,7$ мин
Заданный суточный выпуск деталей	$N_c = \frac{300}{253} = 1,2$ шт.	$N_c = \frac{100000}{253} = 395,3$ шт.
Расчетная суточная производительность	$Q_c = \frac{0,8 \cdot 952}{3,7} = 205,8$ шт.	$Q_c = \frac{0,8 \cdot 952}{3,7} = 205,8$ шт.
Форма организации технологического процесса	Групповая ( $N_c < Q_c$ )	Поточная ( $N_c > Q_c$ )
Такт производства	$T_v = \frac{60 \cdot 4015}{300} = 803$ мин	$T_v = \frac{60 \cdot 4015}{100000} = 2,41$ мин
Расчетное количество станков операция 1	$m_{p1} = \frac{2,1 \cdot 1,05}{803 \cdot 1,3} = 0,002$	$m_{p1} = \frac{2,1}{2,41} = 0,87$
операция 2	$m_{p2} = \frac{3,5 \cdot 1,05}{803 \cdot 1,3} = 0,0035$	$m_{p2} = \frac{3,5}{2,41} = 1,45$
операция 3	$m_{p3} = \frac{5,5 \cdot 1,05}{803 \cdot 1,3} = 0,0055$	$m_{p3} = \frac{5,5}{2,41} = 2,28$
Принятое количество станков операция 1	1	1
операция 2	1	1
операция 3	1	3

Продолжение табл. 1.1

1	2	3
Коэффициент загрузки станка операция 1	$\eta_{з1} = \frac{0,002}{1} = 0,002$	$\eta_{з1} = \frac{0,87}{1} = 0,87$
операция 2	$\eta_{з2} = \frac{0,0035}{1} = 0,0035$	$\eta_{з2} = \frac{1,45}{2} = 0,725$
операция 3	$\eta_{з3} = \frac{0,0055}{1} = 0,0055$	$\eta_{з3} = \frac{2,28}{3} = 0,76$
Средний коэффициент загрузки станков	$\eta_{зсп} = \frac{0,002 + 0,0035 + 0,0055}{3} = \frac{0,01}{3} = 0,0037$	$\eta_{зсп} = \frac{0,87 + 0,725 + 0,76}{3} = \frac{2,355}{3} = 0,785$
Количество деталей разного типоразмера, которые можно обработать на данных станках	$r = \frac{0,8}{0,0037} = 216$	—
Количество деталей в партии	$D = \frac{300 \cdot 5}{253} = 5,93$	—
Расчетное число смен на обработку всей партии деталей	$C = \frac{3,7 \cdot 1,05 \cdot 5,93}{476 \cdot 0,8} = 0,06$	—
Принятое число смен на обработку всей партии деталей	$C_{пр} = 1$	—
Принятое количество деталей в партии	$D_{пр} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 1}{3,7 \cdot 1,05} = 98$	—
Трудоемкость изготовления детали	$T_{\Sigma} = (2,1 + 3,5 + 5,5) \times 1,05 = 11,66$ мин	$\Sigma T_{шт} = 11,1$ мин
Цикл изготовления детали	$T_{ц} = 11,66 \cdot 98 + 900 \cdot 2 + 30(2 \cdot 2 + 1) = 1142,7 + 1800 + 150 = \frac{3092,7 \text{ мин}}{960} = 3,22$ дней	$T_{ц} = 11,1 \cdot 2 = 22,2$ мин
Время на смену и регулирование изношенного инструмента операция 1 операция 2 операция 3 (см. приложение)		$T_{см1} = 2,2$ мин $T_{см2} = 4,6$ мин $T_{см3} = 0,5 \cdot 3 = 1,5$ мин $\Sigma T_{см} = 2,2 + 4,6 + 1,5 = 8,3$ мин
Необходимый задел деталей	$S = 3,22 \cdot 1,2 = 3,86$ 4 шт.	$S = 3 + (1,1/2,41) \times (8,3 + 480 + 480) = 445$ шт.

## Порядок выполнения работы

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

2. Для выбранной формы организации технологического процесса произвести расчет основных параметров в последовательности и по методике, описанным выше.

Если на первом этапе установлено, что целесообразна групповая форма организации техпроцесса, преподаватель, по своему усмотрению, может дополнить исходные данные информацией о загрузке станков за счет обработки деталей разных типоразмеров.

Варианты заданий практической работы даны в табл. 1.2.

## Варианты заданий

№ п/п	Наименование детали	Годовой выпуск, шт.	Наименование операций и основные условия их выполнения					
			Оп. 005	Оп. 010	Оп. 015	Оп. 020	Оп. 025	Оп. 030
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Вал	5000 150.000	Токарная, станок токарно-винторезный, 2 инструмента, $T_{шт} = 4,1$ мин	Токарная, станок токарно-винторезный с ЧПУ, 3 инструмента, $T_{шт} = 6,7$ мин	Токарная, станок токарно-винторезный с ЧПУ, 4 инструмента, $T_{шт} = 5,5$ мин	Фрезерная, станок вертикально-фрезерный с ЧПУ, 3 инструмента, $T_{шт} = 3,7$ мин	Сверлильная, станок вертикально-сверлильный с ЧПУ, 2 инструмента, $T_{шт} = 4,5$ мин	Шлифовальная, станок кругло-шлифовальный с ЧПУ, 1 инструмент, $T_{шт} = 6,7$ мин
2	Вал	300 100.000	Центровальная, станок центровальный, 2 инструмента $T_{шт} = 2,2$ мин	Токарная, станок токарно-винторезный с ЧПУ, 4 инструмента, $T_{шт} = 6,7$ мин	Токарная, станок токарно-винторезный с ЧПУ, 3 инструмента, $T_{шт} = 5,7$ мин	Сверлильная, станок вертикально-сверлильный с ЧПУ, 5 инструментов, $T_{шт} = 7,2$ мин	Шлифовальная, станок кругло-шлифовальный с ЧПУ, 1 инструмент, $T_{шт} = 3,5$ мин	-
3	Зубчатое колесо	150.000 5000	Токарная, 6-шпнд. токарн. п/а, 8 инструментов, $T_{шт} = 3,1$ мин	Токарная, 6-шпнд. токарн. п/а, 10 инструментов, $T_{шт} = 2,5$ мин	Токарная, токарн. многорезц. п/а, 6 инструментов, $T_{шт} = 3,1$ мин	Зубофрезерная зубофрезерн. п/а, 1 инструмент, $T_{шт} = 7,8$ мин	Шевинговальная, шевингов. п/а, 1 инструмент, $T_{шт} = 4,2$ мин	Хонинговальная, хонингов. п/а, 1 инструмент, $T_{шт} = 3,1$ мин
4	Кольцо	200.000 5000	Токарная, 6-шпнд. токарн. автом., 10 инструментов, $T_{шт} = 2,2$ мин	Токарная, 6-шпнд. токарн. многорезцовый. п/а, 4 инструмента, $T_{шт} = 1,9$ мин	Шлифовальная, бесцентрово-шлифовальный п/а, 1 инструмент, $T_{шт} = 1,7$ мин	Шлифовальная, внутришлифовальный п/а, 1 инструмент, $T_{шт} = 2,1$ мин	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Кронштейн	100.000 5000	Протяжная, вертикально-протяжной станок, 1 инструмент, $T_{шт} = 1,7$ мин	Фрезерная, горизонтально-фрезерный станок, 3 инструмента, $T_{шт} = 2,3$ мин	Сверлильная, вертикально-сверлильный станок, 3 инструмента, $T_{шт} = 3,4$ мин	-	-	-
6	Вилка	100.000 1000	Фрезерная, горизонтально-фрезерный станок, 4 инструмента, $T_{шт} = 2,3$ мин	Сверлильная, вертикально-сверлильный станок, 3 инструмента, $T_{шт} = 4,7$ мин	Фрезерная, вертикально-фрезерный станок, 1 инструмент, $T_{шт} = 1,9$ мин	-	-	-
7	Крестовина	100.000 5000	Сверлильная, вертикально-сверлильный станок, 1 сверло, $T_{шт} = 3,1$ мин	Токарная, токарн. многорезц. станок, 2 резца, $T_{шт} = 1,3$ мин	Протяжная, вертикально-протяжной станок, 1 протяжка, $T_{шт} = 1,1$ мин	Центральная, 4-стор. центров-ной станок, 4 сверла, $T_{шт} = 1,5$ мин	Протяжная, вертикально-протяжной станок, 2 протяжки, $T_{шт} = 1,3$ мин	Шлифовальная, торцециркулошлифовальный станок, 1 круг, $T_{шт} = 2,8$ мин
8	Стакан подшипника	75000 5000	Токарная, 8-шпнд. ток. п/а, 18 резцов, $T_{шт} = 3,5$ мин	Расточная, алм.-расточной станок, 2 резца, $T_{шт} = 3,1$ мин	Сверлильная, вертикально-сверлильный станок, 8 сверл, 2 метчика, $T_{шт} = 1,1$ мин	Токарная, токарн. винт. станок, 1 резец, $T_{шт} = 1,3$ мин	Шлифовальная, торцециркулошлифовальный станок, 1 круг, $T_{шт} = 2,3$ мин	-
9	Ось шестерни	120.000 3000	Фрез-центр., фрезерн.-центров. станок, 2 центр. сверл., 2 фрезы, $T_{шт} = 0,5$ мин	Токарная, ток.-копиров. станок 4 резца, $T_{шт} = 1,5$ мин	Резьбонарезная, болторезный станок, 1 болт гол., $T_{шт} = 0,5$ мин	Сверлильная, вертикально-сверл. станок, 1 метчик, $T_{шт} = 0,5$ мин	Фрезерная, гор.-фрезерн. станок, 1 фреза, $T_{шт} = 1,1$ мин	Шлифовальная, кругошлифовальный станок, 1 круг, $T_{шт} = 1,4$ мин



1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Шестерня коленвала	100.000 5.000	Токарная, 6-шпинд., ток. п/а, 11 резцов, $T_{шт} = 2,3$ мин	Протяжная, вертикально- протяжной ста- нок, 1 протяжка, $T_{шт} = 0,6$ мин	Токарная, токарный п/а, 5 резцов, $T_{шт} = 2,1$ мин	Зубофрезерная, зубофрез. п/а, 1 черв. фреза, $T_{шт} = 12,4$ мин	Шевинговальная, шевинговальный, п/а, 1 шевер, $T_{шт} = 5,0$ мин	Протяжная, верт.-протяжной станок, 1 протяжка, $T_{шт} = 0,7$ мин
11	Шестерня привода масляного насоса	150.000 10.000	Токарная, 8-шпинд. ток. п/а, 15 резцов, $T_{шт} = 1,2$ мин	Протяжная, вертикально- протяжной ста- нок, 1 протяжка, $T_{шт} = 0,6$ мин	Токарная, токарный много- резц., 7 резцов, $T_{шт} = 1,2$ мин	Алмазно-расточн., алмазн-раст. станок, 2 резца, $T_{шт} = 0,9$ мин	Зубофрезерная, зубофрез. станок, 1 черв. фр., $T_{шт} = 5$ мин	Шевинговаль- ная, шевинго- вальный станок, 1 шевер, $T_{шт} = 1,9$ мин
12	Вилка	120.000 3000	Фрезерная, гор.-фрезн. станок, 1 фреза, $T_{шт} = 3,5$ мин	Фрезерная, гор.-фрезн. станок, 2 фрезы, $T_{шт} = 1,6$ мин	Протяжная, вертикально- протяжной ста- нок, 1 протяжка, $T_{шт} = 1,2$ мин	Протяжная, вертикально- протяжной станок, 3 протяжки, $T_{шт} = 0,8$ мин	Фрезерная, верт.-фрезн. ста- нок, 1 фреза, $T_{шт} = 1,2$ мин	-
13	Втулка	1000.000 5000	Токарная, 6-шпинд. ток. п/а, 8 резцов, $T_{шт} = 1,7$ мин	Протяжная, вертикально- протяжной ста- нок, 1 протяжка, $T_{шт} = 0,4$ мин	Зубофрезерная, зубофрез. п/а, 1 черв. фреза, $T_{шт} = 7,8$ мин	Зубошевинговаль- ная, зубошевинг. п/а, 1 шевер, $T_{шт} = 3,5$ мин	Зубофасочн., зубофасочн. п/а, 1 круг, $T_{шт} = 1,1$ мин	-
14	Фланец	90.000 3.000	Токарная, 8-шпинд. ток. п/а, 11 резцов, $T_{шт} = 2,1$ мин	Цетров., 2-стор. центров. станок, 2 центр-сверла, $T_{шт} = 1,5$ мин	Токарная, ток. копир. ста- нок, 5 резцов, $T_{шт} = 1,2$ мин	Агрег-сверл., агрег.-сверл. п/а, 32 сверла, $T_{шт} = 1,6$ мин	Токарная, токарно- копировальный, п/а, 4 резца, $T_{шт} = 1,8$ мин	Шлицефрезер- ная, шлицефрез. п/а, 1 фреза $T_{шт} = 11,5$ мин

## Содержание отчета

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

## 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? Как производится расчет заданного суточного выпуска изделий и расчетной суточной производительности?

3. Что такое такт производства и как он рассчитывается?

4. Как определить расчетное и принятое количество станков на данной операции при поточной и групповой формах организации техпроцесса?

5. Как определить коэффициент загрузки станка? Каковы его нормативные значения для разных типов производства?

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 формах организации техпроцесса?

8. Как определить и откорректировать количество деталей в партии для одновременного запуска в производство при групповой форме организации техпроцесса?

## Литература

1. Демьянюк, Ф.С. Технологические основы поточно-автоматизированного производства / Ф.С. Демьянюк. – М.: Высшая школа, 1968. – 700 с.

2. Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. – Минск: Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ****Время  
на смену режущих инструментов**

Наименование инструмента	Время на смену одного инструмента, мин
Резец проходной, подрезной, расточной	1,5
Резец отрезной, канавочный, фасонный	2,0
Сверло (в том числе центровочное), зенкер, развертка, метчик	0,5
Круг шлифовальный	2,5
Фреза торцевая	2,2
Фреза цилиндрическая	2,8
Фреза червячная для нарезания зубьев и шлицев	2,5
Шевер	2,0
Головка хонинговальная	3,0
Протяжка	4,5,
Головка болторезная	3,0

## Работа № 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И УРОВНЕЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

*Цель работы* – освоение методики определения количественных показателей технологичности конструкций деталей машин.

Работа выполняется за четыре академических часа.

#### Основные положения

В соответствии с ГОСТ 14.205–83, «*технологичность конструкций* – это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ».

Оценка технологичности конструкции осуществляется на уровне изделий, сборочных единиц и деталей. В настоящей работе рассматриваются количественные показатели технологичности конструкций деталей. Цель обеспечения технологичности конструкций детали – повышение производительности труда и качества изделия при максимальном снижении затрат времени и средств на разработку, технологическую подготовку производства, изготовление, эксплуатацию и ремонт.

Технологичность конструкции изделия оценивают количественно с помощью системы показателей, которая включает:

- базовые (исходные) значения показателей технологичности, являющиеся предельными нормативами технологичности, обязательными для выполнения при разработке изделия;
- значения показателей технологичности, достигнутые при разработке изделия;
- показатели уровня технологичности конструкции разрабатываемого изделия.

Уровень технологичности конструкции детали  $K_y$  определяется как отношение достигнутого показателя технологичности к значению базового показателя, заданного в техническом задании:

$$K_y = K/K_6, \quad (2.1)$$

где  $K$  – достигнутый (проектируемый) показатель технологичности;  
 $K_6$  – базовый показатель технологичности, который обычно определяется по данным базовой детали.

Определение уровня технологичности конструкции детали, для которой установлены базовые показатели технологичности, является обязательным.

Количественные показатели по их значимости делятся на основные и дополнительные. К *основным* показателям относятся трудоемкость изготовления детали  $T$ , норма-час, и технологическая себестоимость детали  $C_{д}$  руб. [1].

Необходимость использования дополнительных показателей определяется тем, что на стадии разработки чертежа детали и его согласования с технологом последний руководствуется главным образом техническими критериями ввиду отсутствия на этот момент данных о трудоемкости и технологической себестоимости проектируемой детали, так как технологический процесс ее изготовления еще не разработан.

При оценке детали на технологичность обязательными являются следующие дополнительные показатели [2]:

1. Коэффициент унификации конструктивных элементов

$$K_{y.э} = \frac{D_{y.э}}{D_0}, \quad (2.2)$$

где  $D_{y.э}$  и  $D_0$  соответственно число унифицированных и общее число конструктивных элементов детали, шт.

2. Коэффициент применяемости стандартизированных обрабатываемых поверхностей

$$K_{п.ст} = \frac{D_c}{D_m}, \quad (2.3)$$

где  $D_c$  и  $D_m$  – соответственно число поверхностей детали, обрабатываемых стандартным инструментом, и всех подвергаемых механической обработке поверхностей, шт.

### 3. Коэффициент обработки поверхностей

$$K_{п.о} = \frac{D_m}{D_o}. \quad (2.4)$$

### 4. Коэффициент использования материала

$$K_{и.м} = \frac{M_d}{M_{заг}},$$

где  $M_d$  и  $M_{заг}$  – соответственно массы детали и заготовки, кг.

5. Максимальное значение качества точности обработки  $IT$  и коэффициента точности

$$K_T = 1 - \frac{1}{IT}, \quad (2.5)$$

где  $\overline{IT}$  – среднее значение качества точности.

6. Максимальное значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей  $Ra$  и коэффициент шероховатости

$$K_{ш} = \frac{1}{Ra}, \quad (2.6)$$

где  $Ra$  – среднее значение шероховатости.

7. Коэффициент применения типовых технологических процессов при изготовлении данной детали (процессы получения заготовки, механической, термической и другой обработки)

$$K_{т.п} = \frac{Q_{т.п}}{Q_{п}}, \quad (2.7)$$

где  $Q_{т.п}$  и  $Q_{п}$  – соответственно число типовых и общее число технологических процессов для изготовления детали, шт.

8. Коэффициент применения прогрессивных видов оснастки при изготовлении данной детали

$$K_{y.z} = \sum_{i=1}^{m_1} N_{yz_i} / \left( \sum_{i=1}^{m_1} N_{yz_i} + \sum_{j=1}^{m_2} N_y S_j \right), \quad (2.8)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – число видов соответственно унифицированной и специальной оснастки;

$N_{yz_i}$  – количество типоразмеров унифицированной оснастки  $i$ -го вида;

$N_y S_j$  – количество типоразмеров специальной оснастки  $j$ -го вида, шт.

На стадии разработки техпроцесса к этим показателям могут быть добавлены следующие:

9. Коэффициент удельной трудоемкости

$$K_{уд.т} = \frac{T_d}{M_d}, \quad (2.9)$$

где  $T_d$  и  $M_d$  – соответственно трудоемкость, нормо-час и масса, кг, детали.

10. Коэффициент удельной технологической себестоимости

$$K_{уд.с} = \frac{C_d}{M_d}, \quad (2.10)$$

где  $C_d$  и  $M_d$  – соответственно себестоимость руб., и масса кг, детали.

При оценке детали на технологичность в обязательном порядке определяются следующие основные показатели:

- трудоемкость изготовления детали  $T_d$ , нормо-час, мин;
- технологическая себестоимость детали  $C_d$ , руб.;
- уровень технологичности по трудоемкости

$$K_{y.т} = T_d / T_{б.д}$$

где  $T_{б.д}$  – трудоемкость базового варианта;

– уровень технологичности по себестоимости;

$$K_{y,c} = C_d / C_{б,д},$$

где  $C_{б,д}$  – себестоимость базового варианта.

Одним из распространенных методов определения трудоемкости нового изделия является метод корректирующих коэффициентов. При этом методе трудоемкость нового изделия принимается равной трудоемкости изделия-аналога, умноженной на ряд корректирующих коэффициентов [1].

В этом случае трудоемкость определяется по формуле

$$T = T_a \cdot K_m \cdot K_{сл} \cdot K_N, \quad (2.11)$$

где  $T$  – трудоемкость проектируемой детали;

$T_a$  – трудоемкость детали-аналога;

$K_m$  – коэффициент, учитывающий различия массы сопоставляемых изделий;

$K_{сл}$  – коэффициент сложности, определяемый на основе сопоставления искомого и базового изделий по качествам точности и шероховатости поверхностей;

$K_N$  – коэффициент, учитывающий программу выпуска.

Для деталей простой формы типа валов, втулок, шестерен коэффициент  $K_m$  можно определить по формуле

$$K_m = \sqrt[3]{\left(\frac{M_n}{M_б}\right)^2}, \quad (2.12)$$

где  $M_n$  – масса изделия;

$M_б$  – масса его аналога.

Эту же формулу можно применить для геометрически подобных изделий. Значения  $K_m$ , вычисленные по формуле (2.11), приведены в табл. 2.1.



Таблица 2.1

Значения коэффициента  $K_M$  в зависимости от отношения  
масс изделия и его аналога

$M_H/M_6$	$K_M$	$M_H/M_6$	$K_M$	$M_H/M_6$	$K_M$	$M_H/M_6$	$K_M$	$M_H/M_6$	$K_M$
0,2	0,34	1,0	1,00	1,8	1,48	2,6	1,91	3,4	2,26
0,3	0,45	1,1	1,05	1,9	1,53	2,7	1,96	3,5	2,31
0,4	0,54	1,2	1,13	2,0	1,58	2,8	2,01	3,6	2,35
0,5	0,63	1,3	1,19	2,1	1,64	2,9	2,06	3,7	2,39
0,6	0,71	1,4	1,25	2,2	1,69	3,0	2,08	3,8	2,43
0,7	0,78	1,5	1,31	2,3	1,74	3,1	2,13	3,9	2,46
0,8	0,86	1,6	1,37	2,4	1,82	3,2	2,16	4,0	2,52
0,9	0,93	1,7	1,42	2,5	1,86	3,3	2,22	—	—

Коэффициент сложности  $K_{сн}$  определяется путем сопоставления  
квалитетов точности и шероховатости поверхности в исполнении  
разрабатываемого изделия и аналога:

$$K_{сн} = K_T \cdot K_{ш},$$

где  $K_T$  и  $K_{ш}$  – коэффициенты, показывающие изменение трудоемко-  
сти в зависимости от изменения требований к шероховатости и точ-  
ности размеров.

Значения коэффициентов  $K_T$  и  $K_{ш}$  приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Значения коэффициентов  $K_T$  и  $K_{ш}$

Параметр шероховатости по $Ra$	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8
$K_{ш}$	0,95	0,95	1,0	1,1	1,2	1,4
Квалитет точности $IT$	6	7	8	11	12	13
$K_T$	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8

Следовательно, коэффициент сложности можно определить по зависимости

$$K_{сл} = \frac{K_{т.и} \cdot K_{ш.и}}{K_{т.б} \cdot K_{ш.б}},$$

где  $K_{т.и}$  и  $K_{ш.и}$  – значения коэффициентов для анализируемого изделия;  
 $K_{т.б}$  и  $K_{ш.б}$  – для изделия-аналога (базового).

Коэффициент  $K_N$ , учитывающий различие в программе выпуска, предусматривает главным образом применение более совершенной и производительной оснастки технологического процесса.

Более точными получаются результаты при соотношениях  $N_6/N_n < 10$ . На практике пользуются коэффициентами, приведенными в табл. 2.3.

При сравнении технологичности конструкции детали по себестоимости последнюю в общем случае можно определить по формуле

$$C = M_0 + Z_0 + H, \text{ руб.}, \quad (2.13)$$

где  $M_0$  – стоимость основных материалов (заготовок) за вычетом отходов;

$Z_0$  – заработная плата основных производственных рабочих;

$H$  – накладные расходы.

Таблица 2.3

### Значения коэффициентов

$N_6/N_n$	$K_N$	$N_6/N_n$	$K_N$	$N_6/N_n$	$K_N$	$N_6/N_n$	$K_N$
0,5	0,97	1,5	1,07	3,5	1,20	7,0	1,31
0,75	0,99	1,6	1,08	4,0	1,22	7,5	1,32
1,0	1,00	1,8	1,10	4,5	1,23	8,0	1,33
1,1	1,01	2,0	1,12	5,0	1,25	8,5	1,34
1,2	1,03	2,2	1,13	5,5	1,27	9,0	1,35
1,3	1,05	2,5	1,15	6,0	1,28	9,5	1,36
1,4	1,06	3,0	1,17	6,5	1,30	10,0	1,37

Стоимость заготовок, получаемых различными методами литья и штамповки, можно определить по формуле

$$M = (C_i \cdot G \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_N) - (G - g) \cdot S_{\text{отх}}, \text{ руб.}, \quad (2.14)$$

где  $C_i$  – базовая стоимость 1 кг штампованных заготовок, равная 2500 руб.;

$K_T, K_C, K_B, K_M, K_N$  – коэффициенты, зависящие от точности заготовок, степени сложности, массы (веса), материала и объема производства (для штампованных заготовок из углеродистой стали массой до 10 кг второй степени сложности в серийном и массовом производстве можно принять следующие величины коэффициентов:  $K_T = 1,0$ ;  $K_C = 0,84$ ;  $K_B = 0,89$ ;  $K_M = 1,0$ ;  $K_N = 0,8$ );

$G$  и  $g$  – массы заготовки и детали, кг;

$S_{\text{отх}}$  – цена 1 кг отходов, руб. (для углеродистых сталей  $S_{\text{отх}} = 250$  руб. за 1 кг).

Заработная плата основных производственных рабочих-сдельщиков определяется по формуле

$$Z_o = q_i \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta, \text{ руб.}, \quad (2.15)$$

где  $q_i$  – сдельная расценка по операциям, руб./шт.:

$$q_i = l_i \sum T_{\text{шт.к}},$$

где  $l_i$  – часовая тарифная ставка рабочего на операции, руб./ч (для сдельщиков 3-го разряда при нормальных условиях труда  $l = 3152$  руб./ч);

$\sum T_{\text{шт.к}}$  – суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали (трудоемкость);

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий премии и другие доплаты:  $\alpha = 1,2-1,4$ ;

$\beta$  – коэффициент дополнительной заработной платы:  $\beta = 1,07-1,09$ ;

$\gamma$  – коэффициент, учитывающий многостаночность работы и степень перевыполнения технически обоснованных ном:  $\gamma = 1,14$ ;

$\delta$  – коэффициент социального страхования (при отсутствии конкретных данных можно принять  $\delta = 1$ ).

Величину накладных расходов можно принять в процентах от заработной платы основных производственных рабочих. Для цехов среднего машиностроения в сравниваемых вариантах можно принять  $H = 200-300\%$ .

### Методические указания

Методику выполнения работы рассмотрим на примере сравнения технологичности деталей, представленных на рис. 2.1 *а* и *б*.

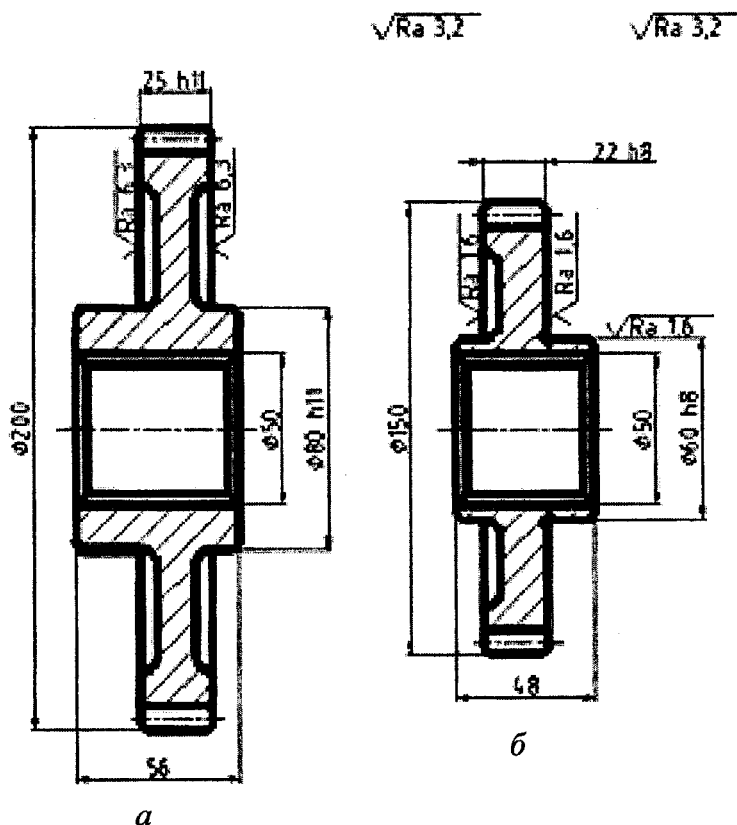


Рис. 2.1. Эскизы деталей:

*а* – базовая деталь; *б* – деталь, обрабатываемая на технологичность

Требуется определить значения показателей технологичности при изготовлении шестерни (см. рис. 2.1, б), имеющей массу  $M_6 = 2,16$  кг. Известно, что геометрически подобная по конструкции шестерня имеет массу  $M_a = 3,6$  кг и требует для изготовления трудоемкость  $T_a = 0,324$  нормо-часа. Объем выпуска шестерни-аналога (рис. 2.1, а)  $N_a = 10$  тыс. шт., а шестерни (см. рис. 2.1, б)  $N_6 = 20$  тыс. шт. в год. Для обоих вариантов примем штамповки 2-й степени сложности и  $K_{и.з} = 0,7$ .

### **Определение основных показателей**

**Трудоемкость** изготовления проектируемой детали определяем по формуле (2.11):

$$T_6 = T_a \cdot K_M \cdot K_{сл} \cdot K_N.$$

По табл. 2.1 при  $M_и/M_6 = 2,16/3,6 = 0,6$   $K_M = 0,71$ .

Из анализа чертежей разрабатываемой и базовой деталей видно, что по точности и шероховатости отличаются две поверхности. По табл. 2.2 определяем, что для анализируемой детали  $h8$  и  $K_{тн} = 1,1$ , а для базовой детали  $h11$  и  $K_{та} = 1,0$ , соответственно для шероховатости анализируемой детали  $\sqrt{Ra} 1,6$   $K_{ш.и} = 1,2$ , а для шероховатости базовой детали  $\sqrt{Ra} 3,2$   $K_{ш.и} = 1,0$ .

Тогда коэффициент сложности будет равен

$$K_{сл} = \frac{1,1 \cdot 1,1}{1,0 \cdot 1,0} \cdot \frac{1,2 \cdot 1,2}{1,0 \cdot 1,0} = 1,21 \cdot 1,44 = 1,74.$$

Коэффициент  $K_N$  определяем по табл. 2.3.

При  $N_6/N_и = 10000/20000 = 0,5$   $K_N = 0,97$ . Тогда трудоемкость проектируемой детали  $T_6 = 0,324 \cdot 0,71 \cdot 1,74 \cdot 0,97 = 0,388$  нормо-час.

Тогда

$$K_y = \frac{0,388}{0,324} = 1,2,$$

т. е. по этому показателю уровень технологичности будет ниже по сравнению с базовой деталью.

**Себестоимость** проектируемого изделия определяем по формуле (2.12):

$$C_6 = M_6 + Z_6 + H, \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки определяем по формуле (2.13):

$$M_6 = (2500 \cdot 3,08 \cdot 1 \cdot 0,84 + 0,89 \cdot 1 \cdot 0,8) - (3,08 - 2,16) \cdot 230 = 4275,216 \text{ руб.},$$

где масса заготовки  $2,16/0,7 = 3,08$  кг.

Заработную плату основных рабочих при сдельной оплате определяем по формуле (2.15):

$$Z_a = 3152 \cdot 0,388 \cdot 1,3 \cdot 1,08 \cdot 1,14 = 1957,4 \text{ руб.}$$

$$H = 1957,4 \cdot \frac{200}{100} = 3914,8 \text{ руб.}$$

$$C_6 = 4275,216 + 1957,4 + 3914,8 = 10147,4 \text{ руб.}$$

Определим себестоимость базовой детали.

Стоимость заготовки:

$$M_a = (2500 \cdot 5,14 \cdot 1 \cdot 0,84 + 0,89 \cdot 1 \cdot 0,8) - (5,14 - 3,6) \cdot 250 = 7235,3 \text{ руб.},$$

где масса заготовки  $3,6/0,7 = 5,14$  кг.

Заработная плата основных рабочих:

$$Z_a = 3152 \cdot 0,324 \cdot 1,3 \cdot 1,08 \cdot 1,14 = 1634,6 \text{ руб.}$$

$$H = 1634,6 \cdot \frac{200}{100} = 3269,2 \text{ руб.}$$

$$C_a = 7235,3 + 1634,6 + 3269,2 = 12139,1 \text{ руб.}$$

$$K_{yc} = \frac{10143,9}{12139,1} = 0,83 \quad (\text{см. формулу (2.1)}).$$

По абсолютному значению данного показателя анализируемая деталь будет более технологичной, так как  $C_6 < C_a$ .

### *Определение дополнительных показателей*

**Коэффициент унификации конструктивных элементов** определяем по формуле (2.2). Из анализа чертежа (см. рис. 2.1, б) видно, что деталь содержит 11 конструктивных элементов, из них 10 – унифицированных конструктивных элементов. Один элемент (канавка для выхода шлифовального круга) является оригинальным. Тогда

$$K_{y,z} = \frac{10}{11} = 0,91.$$

Если принять, что  $K_{y,z}$  для детали (см. рис. 2.1, а) равен 1, то уровень технологичности по данному показателю является высоким:

$$K_y = \frac{0,91}{1} = 0,91$$

и деталь по этому показателю следует считать технологичной.

**Коэффициент применяемости стандартизованных обрабатываемых поверхностей** определяем по формуле (2.3):

$$K_{п.ст} = 10/11 = 0,91,$$

так как только канавка обрабатывается специальным резцом.

$$K_y = 10/11 = 0,91.$$

**Коэффициент обработки поверхностей** определяем по формуле (2.4).

Из анализа чертежа устанавливаем, что для детали (см. рис. 2.1, б)  $D_m = 10$ , а  $D_o = 11$ , и тогда  $K_{п.о} = 10/11 = 0,91$ , а для детали-аналога (рис. 2.1, а)  $D_m = 10$ , а  $D_o = 12$ . Тогда  $K_{п.о} = 10/12 = 0,833 = 0,83$ .  $K_y = 0,91/0,83 = 1,09$ .

Как видно, уровень данного показателя тоже близок к базовому.

**Коэффициент использования материала** по условию для обеих деталей одинаков, и поэтому уровень технологичности по данному показателю будет равен 1.

При сравнении масс сравниваемой детали и детали-аналога видно, что по этому показателю анализируемая деталь намного технологичнее аналога, т. е. ее масса в 1,6 раза ниже.  $K_y = 2,16/3,6 = 0,6$ .

**Максимальное значение качества обработки  $IT_{max}$ .** Из анализа чертежа (рис. 2.1, а и б) видно, что максимальное значение точности у детали – аналога  $h11$ , а у анализируемой детали  $h8$ . Тогда  $K_y = 8/11 = 0,73$  (формула (2.1)). Следовательно, уровень технологичности по этому показателю ниже, чем у базовой детали.

**Коэффициент точности для анализируемой детали (формула (2.5))**

$$K_T = 1 - \frac{1}{8} = 0,88.$$

Если  $K_T > 0,8$ , деталь считается технологичной.

Для базовой детали  $K_{т.б} = 1 - \frac{1}{11} = 0,91$ , т. е. она еще более техно-

нологична, чем анализируемая.

**Максимальное значение параметра шероховатости.** Из анализа чертежа видно, что  $Ra_{max}$  для разрабатываемой детали 1,6 мкм, а для базовой детали – 6,3 мкм.  $K_{ш} = 1,6/6,3 = 0,25$  (формула (2.6)).

Как видно, и по этому показателю уровень технологичности ниже, чем у базового варианта.

**Коэффициент шероховатости для анализируемой детали (формула (2.6)):**

$$K_{ш} = 1/3,2 = 0,31.$$

Если  $K_{ш} < 0,32$ , то деталь считается технологичной.



Для базовой детали  $K_{ш.б} = 1/6,3 = 0,15$ , т. е. она более технологична, чем анализируемая.

**Коэффициент применения типовых технологических процессов  $K_{т.п}$**  определяем по формуле (2.7). В данном случае для деталей одного класса этот коэффициент будет равным для обеих деталей, и поэтому  $K_{yz} = 1$ .

**Коэффициент применения прогрессивных видов оснастки** при изготовлении данных деталей  $K_{yz}$  определяют по формуле (2.8). Если предположить, что данные детали будут обрабатываться по одному типовому технологическому процессу, то, следовательно, и типоразмеры, и унификация оснастки, и  $K_{yz}$  у них тоже будут равны. Тогда  $K_{yz} = 1$ .

**Коэффициент удельной трудоемкости** определяем по формуле (2.9).

Для анализируемой детали  $K_{уд.т} = 0,388/2,16 = 0,17$ .

Для базовой детали  $K_{уд.т.б} = 0,324/3,6 = 0,09$ .

По данному показателю базовая деталь является более технологичной, так как  $K_{уд.т.б} < K_{уд.т}$ .

**Коэффициент удельной себестоимости** определяем по формуле (2.10).

Для анализируемой детали  $K_{уд.с} = 10143,9/2,16 = 4696,3$  руб./кг.

Для базовой детали  $K_{уд.с.б} = 12139,1/3,6 = 3372$  руб./кг.

По этому показателю базовая деталь также является более технологичной, так как  $K_{уд.с.б} < K_{уд.с}$ .

## Варианты заданий

### Задание 1

Определить значения показателей технологичности детали, представленной на рис. 2.2, б, при отработке ее на технологичность, если известно, что трудоемкость детали-аналога (рис. 2.2, а) составляет  $T_a = 0,42$  норм.-часа, объем выпуска  $N_a = 100$  тыс. шт. в год, масса  $M_a = 2,6$  кг и  $K_{и.з} = 0,8$ .

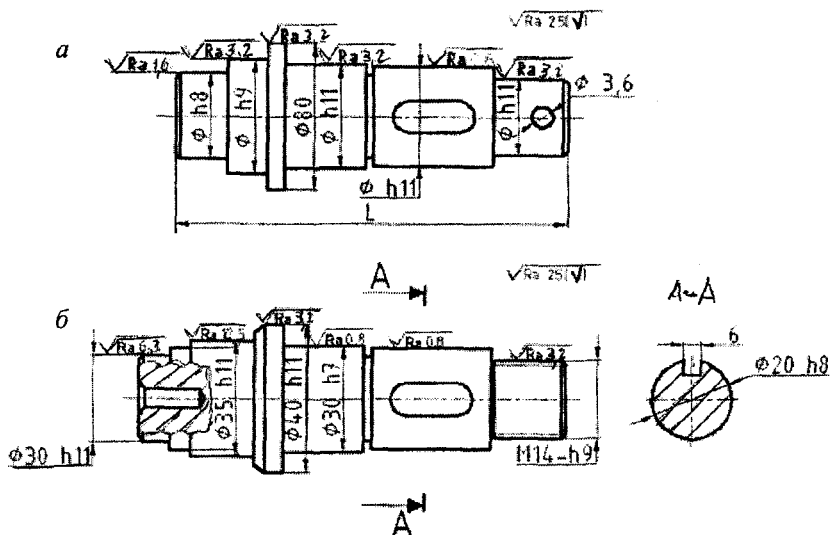


Рис. 2.2. Эскизы деталей:

*a* – базовая деталь; *б* – деталь, обрабатываемая на технологичность

## Задание 2

Определить значения показателей технологичности детали, представленной на рис. 2.3, *б*, при обработке ее на технологичность, если известно, что трудоемкость детали-аналога (рис. 2.3, *а*) составляет  $T_a = 0,52$  норм.-часа, объем выпуска  $N_a = 60$  тыс. шт. в год, масса  $M_a = 3,4$  кг и  $K_{и.з} = 0,75$ .

$\sqrt{Ra 12.5(\sqrt)}$

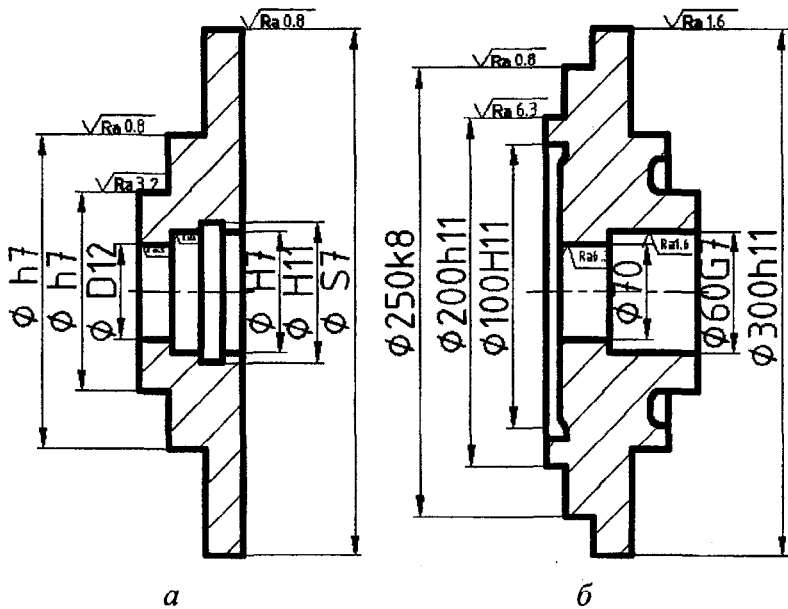


Рис. 2.3. Эскизы деталей:  
а – базовая деталь; б – деталь, обрабатываемая на технологичность

Для заданий, представленных на рис. 2.2 и 2.3, метод получения заготовок – штамповка на прессах второй степени сложности. Материал деталей – конструкционная сталь.

Варианты заданий приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Варианты к заданию 1									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса изделия $M_{из}$ , кг									
3,9	4,68	5,2	6,24	7,02	8,58	10,41	2,78	2,02	3,97
Объем выпуска изделия $N_{из}$ , тыс. шт.									
60	25	28	50	10	12,5	11	200	130	100
Коэффициент использования заготовки $K_{и.з}$									
0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
Варианты к заданию 2									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса изделия $M_{из}$ , кг									
1,02	2,04	3,06	4,08	5,44	5,78	7,82	10,2	11,56	12,92
Объем выпуска изделия $N_{из}$ , тыс. шт.									
90	120	45	20	120	20	90	10	5	6
Коэффициент использования заготовки $K_{и.з}$									
0,8	0,8	0,6	0,6	0,8	0,61	0,8	0,6	0,5	0,5

### Порядок выполнения работы

1. Получить задание и изучить его.
2. Определить основные и дополнительные базовые показатели технологичности. В первую очередь определить дополнительные показатели.
3. Определить соответствующие показатели технологичности детали измененной конструкции.
4. Определить уровни технологичности по всем рассчитанным показателям технологичности.
5. Сделать выводы о технологической целесообразности изменений, внесенных в базовую конструкцию детали.
6. Составить отчет.

### Содержание отчета

1. Название работы.
2. Эскизы деталей (базовой и обрабатываемой на технологичность).

3. Расчет основных и дополнительных показателей технологичности и уровней технологичности.
4. Расчет трудоемкости изготовления детали.
5. Расчет себестоимости изготовления базовой и сравниваемой деталей.
6. Определение уровней технологичности по трудоемкости и себестоимости.
7. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите дополнительные показатели технологичности конструкции.
2. Назовите основные показатели технологичности.
3. Как определяется уровень технологичности конструкции?
4. От каких основных факторов зависит трудоемкость сравниваемых деталей?
5. Как определить коэффициент массы?
6. Как определить коэффициент сложности конструкции?
7. Как определяется себестоимость изделия?
8. От каких величин зависит стоимость заготовки?
9. Как определяется заработная плата основных производственных рабочих?

### **Литература**

1. Технологичность конструкций изделий: справочник/ под ред. Ю.Д. Амирова. – М.: Машиностроение, 1985. – 367 с.
2. Кононенко, С.Г. Оценка технологичности и унификации машин / В.Г. Кушнаренко, М.А. Прялин. – М.: Машиностроение, 1980. – 160 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ТРЕБУЕМОЕ КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ

*Цель работы* – получение навыков в выборе и определении последовательности способов обработки деталей машин, обеспечивающей требуемое качество поверхности.

Работа рассчитана на два академических часа.

### Основные положения

Эксплуатационные свойства деталей машин (износостойкость, выносливость, сопротивление коррозии и др.) зависят от размерной точности и качества их поверхностей. Последнее, в свою очередь, определяется совокупностью характеристик шероховатости поверхности, физико-механическими свойствами (твердость, величина и знак остаточных напряжений, микроструктурой поверхностного слоя и др.).

Размерная точность и шероховатость поверхностей детали определяются способом (последовательностью способов) ее механической обработки. Каждому способу механической обработки соответствует свой диапазон размерной точности и высоты микронеровностей.

Для обеспечения требуемых физико-механических свойств поверхностного слоя детали машин подвергаются упрочняющей обработке. Каждому из способов такой обработки присущи свои технологические возможности.

### Методические указания

В работе проводится выбор и определение последовательности способов механической и упрочняющей обработки, обеспечивающих требуемую размерную точность и качество поверхности детали, требуемые эксплуатационные свойства.

При выборе и определении способа (последовательности способов) механической и упрочняющей обработки необходимо руково-

дствоваться техническими требованиями чертежа детали, а также известными зависимостями между параметрами качества поверхности и условиями эксплуатации детали. Так, например, повышение износостойкости достигается за счет высокой твердости (микротвердости) поверхностного слоя. Увеличение выносливости обеспечивается в результате создания минимальной высоты микронеровностей, значительной твердости (микротвердости) и сжимающих остаточных напряжений и т. д.

В случае если достижение одинаковых параметров качества поверхности возможно при различных способах механической обработки, производится сопоставление их себестоимости по приведенным затратам  $C_{пз}$ . Себестоимость рассчитывается по формуле

$$C = \frac{C_{пз} \cdot T_{шт}}{60}, \text{ руб.},$$

где  $T_{шт}$  – штучное время на операцию.

Выполнение работы производится в соответствии с заданием, которое выдается преподавателем на группу из двух-трех студентов. Варианты заданий приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

### Варианты задания

Тип поверхности	Материал	Требования к размерной точности и качеству поверхности				
		Квалитет	$R_a$ , мкм	Твердость	Величина остаточных напряжений сжатия, МПа	Толщина упрочненного слоя, мм
1	2	3	4	5	6	7
Наружная цилиндрическая	Сталь 40XH	5	0,1	55 HRC	600	0,8
	Сталь 20X	5	0,25	600 HV МПа	800	0,08
	Сталь 12XH2	6	0,2	62 HRC	950	1,2
	Сталь 45	10	0,05	280 HB	750	1,1

1	2	3	4	5	6	7
Внутренняя цилиндрическая	Сталь 38Х20МА	7	0,4	750 НV, МПа	900	0,07
	Сталь 18ХГТ	7	0,2	64 НRC	1000	1,2
	Сталь 40Х	8	0,1	54 НRC	560	1,4
	Сталь 10	6	0,4	160 НВ	700	0,4
	Сталь 20ХГР	7	0,025	58 НRC	680	0,04
	Сталь 45	8	0,4	52 НRC	500	0,8

Значения приведенных затрат штучного времени, средней экономической точности и высоты микронеровностей поверхности деталей, достигаемые при различных способах механической обработки наружных поверхностей тел вращения и цилиндрических отверстий, приведены в табл. 3.3.

Технологические возможности некоторых способов упрочняющей обработки сведены в табл. 3.4.

По исходным данным, а также сведениям, приведенным в табл. 3.3 и 3.4, осуществляется выбор и определение последовательности способов обработки детали. При выборе способа упрочняющей обработки следует иметь в виду, что стали с содержанием углерода до 0,3 % подвергаются химико-термической (термодиффузионной) обработке. Поверхностное пластическое деформирование используется для нетермообработанных деталей. Абразивная финишная обработка производится после химико-термического и термического упрочнения.

Ниже приводятся примеры выполнения работы. Задания для рассматриваемых примеров приведены в табл. 3.2.



Варианты задания рассматриваемых примеров

Тип поверхности	Требования к размерной точности и качеству поверхности деталей					
	Материал	Квалитет	$R_a$ , мкм	Твердость, HRC	Величина остаточных напряжений сжатия, МПа	Толщина упрочненного слоя, мм
Наружная цилиндрическая	Сталь 12ХНЗА	5	0,1	62	850	1,2
Внутренняя цилиндрическая	Сталь 40ХМ	5	0,4	56	640	0,3

**Пример 1.** Анализируя содержание задания, приходим к следующим выводам. Требования к размерной точности и шероховатости наружной поверхности вращения можно обеспечить в результате реализации следующего маршрута механической обработки: точение предварительное и чистовое, шлифование предварительное, чистовое и тонкое (табл. 3.3). С учетом того, что деталь изготавливается из малоуглеродистой стали ( $C = 0,12\%$ ), а также требований к твердости, величине остаточных напряжений и толщине упрочненного слоя выбирается метод упрочняющей обработки (табл. 3.4) – цементация. Тогда весь маршрут обработки, обеспечивающей требуемую размерную точность и качество поверхности, представляет собой следующее: точение предварительное и чистовое, цементация, шлифование предварительное, чистовое и тонкое. Указанный маршрут обработки представлен в виде схемы на рис. 3.1.

Таблица 3.3

**Приведенные затраты, время на выполнение операций, размерная точность  
и высота микронеровностей при различных способах обработки**

Способ	Приведенные затраты <i>C<sub>п.з.</sub></i> , руб./ч	Штучное время <i>T<sub>шт.</sub></i> , мин	Квалитет допуска размера	Шероховатость <i>Ra</i> , мкм
<b>Наружные поверхности вращения</b>				
Точение: полустовое или однократное	1070	2,29	11-13	25-1,6
чистовое	1285	2,49	8-10	6,3-0,4
тонкое	1340	2,19	6-9	1,6-0,2
Шлифование: предварительное	1098	2,14	8-9	6,3-0,4
чистовое	1051	2,14	6-7	3,2-0,24
тонкое	1514	2,56	5-6	1,6-0,1
Притирка, суперфиниширование	1225	1,43	4-5	0,8-0,1
<b>Цилиндрические отверстия</b>				
Сверление и рассверливание		2,25	9-13	25-0,8
Зенкерование: литого или прошитого отверстия	1132	1,87	10-13	
чистовое после черного сверления		1,53	8-9	25-0,4
Развертывание: нормальное		1,74	10-11	12,5-0,8
точное	1132	2,32	7-9	6,3-0,4
тонкое		3,87	5-6	3,2-0,1
Протягивание: литого или прошитого отверстия	1280	0,8	10-11	12,5-0,8
чистовое после черного или после сверления	1160	0,6	6-9	6,3-0,2
Растачивание: черновое	1726	1,49	11-13	2-1,6
чистовое	1629	1,72	8-10	6,3-0,4
тонкое	1560	1,96	5-7	3,2-1,6
Шлифование: предварительное или однократное	1051	7,2	8-9	6,3-0,4
чистовое	1051	8,28	6-7	3,2-0,2
тонкое	1433	8,64	5-	1,6-0,1
Притирка, хонингование	1089	1,65	4-5	1,6-0,1

**Классификация и технологические возможности способов упрочняющей  
поверхностной обработки деталей машин**

Процессы и параметры, поверхностного слоя, обуславливающие упрочнение	Способ упрочнения	Технологические возможности						
		Материал заготовки	Точность заготовки	Шерохова- тость <i>Ra</i> , мкм	Твердость поверхности	Остаточные напряжения сжатия, МПа	Толщина упрочненного слоя, мм	
							мини- мальная	макси- мальная
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Упрочнение пластическим деформированием поверхностного слоя (наклепом). Повышение физико-механических свойств поверхностного слоя, изменение величины и знака остаточных напряжений в поверхностном слое, улучшение микрогеометрии обработанной поверхности	Накатывание роликами	Чугун, сталь сплавы из цветных металлов	Наследуется с предшествующей обработки	1,6–0,05	Увеличивается на 20–50 %	600–800	0,1	0,2
	Накатывание шариком			0,4–0,05		600–800	0,3	0,5
	Раскатывание шариком (роликком)		7–9-й кв.	0,4–0,05		400–600	0,1	0,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Упрочнение поверхностной химико-термической (термодиффузионной) обработкой. Изменение физико-химических свойств и структуры поверхностного слоя, изменение величины и знака остаточных напряжений в поверхностном слое	Цементация	Малоуглеродистая сталь	Коробление (поводка) 0,05–0,15 мм	Увеличивается в 2–4 раза	HRC 60–70	400–1000	0,5	2,0
	Азотирование	Сталь, чугун	Коробление 0,05–0,10 мм		650–1200 HV		0,05	0,60
	Цианирование	Сталь			60–75 HRC		0,01	2,5
	Хромирование				1600–2000 HV	–	0,02	0,30
Упрочнение поверхностной термической обработкой. Изменение физико-механических свойств и структуры поверхностного слоя, изменение величины и знака остаточных напряжений	Закалка с нагревом ТВЧ	Сталь	Коробление 0,03–0,07 мм	Не изменяется	1600–2000 HV	–	0,2	10

**Пример 2.** Действуя в той же последовательности, что и первом случае, из табл. 3.3 выбирают маршрут механической обработки: зенкерование или черновое растачивание или протягивание; тонкое растачивание и хонингование. В данном случае возможны три варианта предварительной обработки отверстия. Выбор способа обработки производится по результатам определения себестоимости. Используя данные табл. 3.3, определяют себестоимость каждого варианта обработки.

Обозначим себестоимость: зенкерования –  $C_1$  чернового растачивания  $C_2$  и протягивания –  $C_3$ . Тогда

$$C_1 = \frac{1132 \cdot 1,53}{60} = 28,87 \text{ руб.};$$

$$C_{22} = \frac{1726 \cdot 1,49}{60} = 42,86 \text{ руб.};$$

$$C_3 = \frac{1280 \cdot 0,8}{60} = 17,06 \text{ руб.}$$

Таким образом, по минимуму себестоимости предпочтение следует отдать протягиванию.

Материал детали содержит 0,45 % углерода. С учетом требований к физико-механическим свойствам поверхностного слоя выбирается способ упрочнения (см. табл. 3.4) – поверхностная закалка с нагревом ТВЧ. Весь маршрут обработки представлен на рис. 3.2.

### **Порядок выполнения работы**

1. Проанализировать выданное задание (см. табл. 3.1) для выполнения работы).

2. Выбрать маршрут механической обработки (см. табл. 3.3) в зависимости от типа поверхности, требований к размерной точности и шероховатости поверхности.

3. В случае необходимости произвести сравнение вариантов механической обработки по себестоимости.

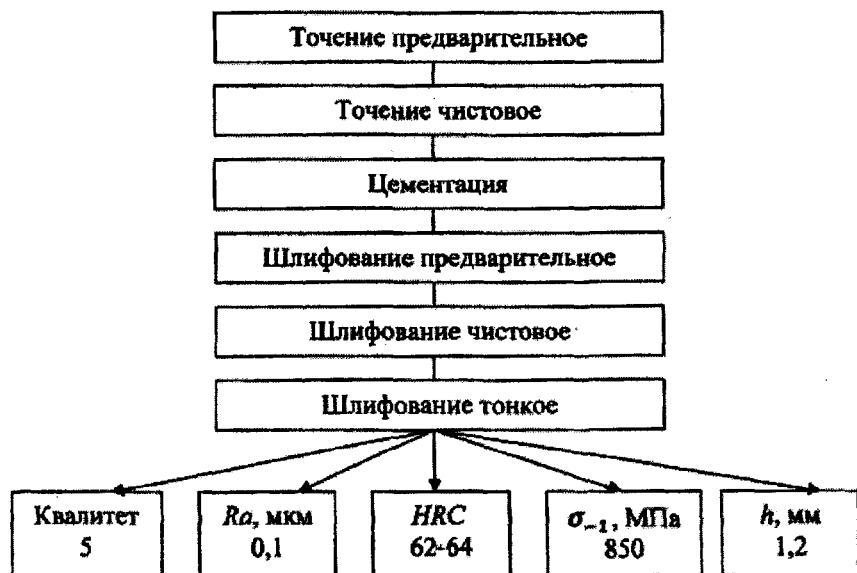


Рис. 3.1. Схема маршрута и результаты обработки наружной цилиндрической поверхности

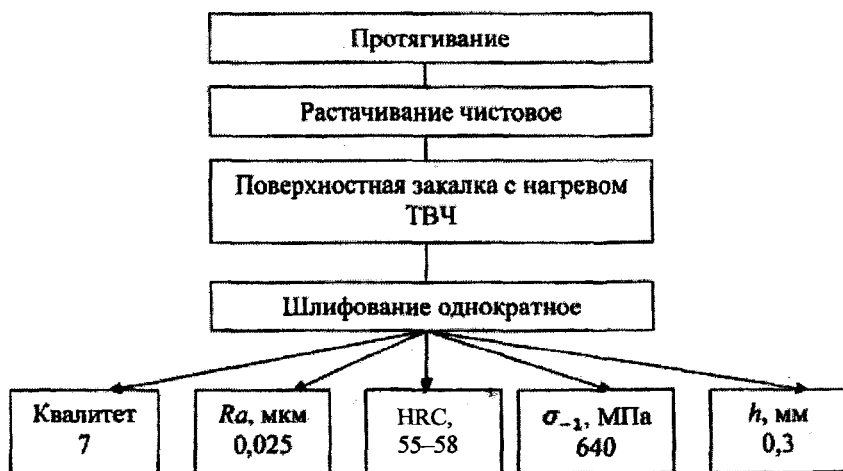


Рис. 3.2. Схема маршрута и результаты обработки внутренней цилиндрической поверхности

4. Выбрать способ упрочняющей обработки (см. табл. 3.4) в зависимости от материала детали и требований к физико-механическим свойствам поверхности.

5. Определить общий маршрут обработки, обеспечивающий требуемое качество поверхности.

6. Составить схему маршрута и результатов обработки.

7. Проанализировать полученные результаты.

8. Составить отчет.

### **Содержание отчета**

1. Название работы.

2. Содержание задания.

3. Анализ задания и обоснование выбранного маршрута механической обработки и способа упрочнения.

4. Схема маршрута и результатов обработки.

5. Заключение.

### **Контрольные вопросы**

1. Что является исходными данными для выбора маршрута обработки?

2. Как определяется себестоимость механической обработки по приведенным затратам?

3. В зависимости от каких факторов выбирается способ поверхностного упрочнения?

4. В каком случае применяется способ химико-термического упрочнения?

5. В каком случае применяется способ термического упрочнения?

6. Для обеспечения каких физико-механических свойств используются способы поверхностного пластического деформирования?

### **Литература**

1. Баршай, И.Л. Технологические основы обеспечения надежности детали: методические указания по выполнению раздела дипломного проекта для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / И.Л. Баршай, В.К. Шелег. – Минск: БНТУ, 2010. – 32 с.

## Работа №4

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ПАРТИИ ДЕТАЛЕЙ В СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*Цель работы* – приобретение практических навыков определения размера партии в серийном производстве дифференцированным методом, а также методом приближенного расчета размера партии деталей.

Работа рассчитана на два академических часа.

#### Основные положения

Серийное производство является основным типом современного производства. В настоящее время 75–80 % всей машиностроительной продукции выпускается предприятиями с этим типом производства. Согласно ГОСТ 14.004–83 «Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий», серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями.

В зависимости от числа изделий в партии и значения коэффициента закрепления операций различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство.

Объем выпуска предприятий с серийным типом производства колеблется от десятков и сотен до тысяч регулярно повторяющихся изделий. Обычно используется универсальное, специальное и специализированное оборудование. Широко используются станки с ЧПУ, обрабатывающие центры, находят применение гибкие автоматизированные системы станков с ЧПУ. Оборудование расставляется по технологическим группам с учетом направления основных грузопотоков цеха по предметно-замкнутым участкам.

Технологическая оснастка – в основном универсальная, однако во многих случаях (крупносерийное производство) создается высокопроизводительная специальная оснастка. При этом целесообразность ее создания должна быть предварительно обоснована технико-экономическими расчётами. Большое распространение имеет универсально-сборная, переналаживаемая технологическая оснастка, позволяющая существенно повысить коэффициент оснащенности серийного производства.



Требуемая точность достигается как методом автоматического получения размеров, так и методами пробных ходов и промеров с частичным применением разметки.

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 его увеличением 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 (методика В.А. Петрова). Эти расчеты, базирующиеся на использовании коэффициента закрепления операций  $K_{з.о.}$ , являющегося определяющей характеристикой типа производства и его технико-организационного уровня, принято называть *дифференцированными*.

Также существуют методы приближенного расчета размера партии деталей. Среди них — метод оптимизации по минимуму затрат на обработку одной детали. Зависимость затрат от размера партии показана на рис. 4.1.

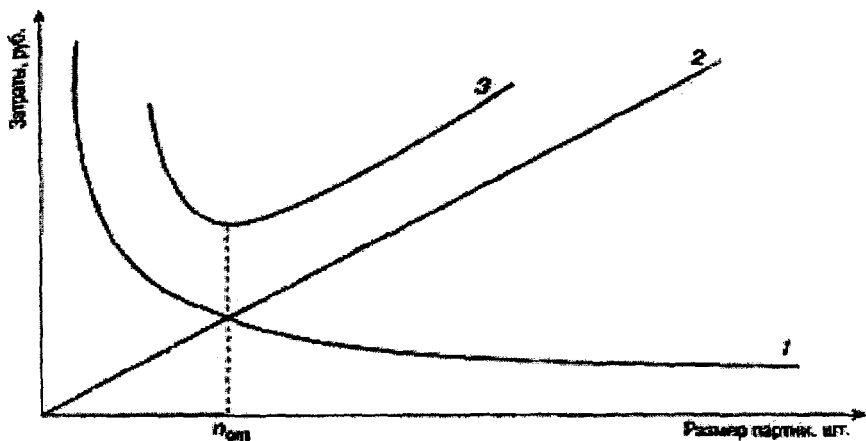


Рис. 4.1. Зависимость приведенных затрат от размера партии деталей:

- линия 1 — затраты на обработку детали (издержки за период времени);
- линия 2 — потери от связывания оборотных средств (затраты на незавершенное производство, т. е. издержки по содержанию запаса деталей);
- линия 3 — суммарная величина приведенных затрат (общие издержки)

Также существует метод расчета, при котором время, затрачиваемое на переналадку оборудования,  $T_{п.з}$  не должно превышать допустимой величины затрат времени  $a$  на обработку всей партии на операции, т. е.

$$T_{п.з} = \frac{a}{100} \cdot n \cdot T_{шт.} \quad (4.1)$$

Отсюда

$$n = \frac{T_{п.з} \cdot 100}{T_{шт.} \cdot a}, \quad (4.2)$$

где  $T_{шт.}$  — штучное время на обработку детали.

Величина  $a$  зависит от сложности оборудования и представляет собой процент допустимых потерь на переналадку оборудования, варьируемых в интервале от 0,02 до 0,2. Расчет размера партии ведется по операции с наибольшим отношением  $T_{п.з} / T_{шт.}$ .

Размер партии должен быть кратным месячной программе  $P$ , соответствовать уровню стойкости инструмента и равняться как минимум сменной выработке.

Периодичность запуска-выпуска деталей на обработку  $h$  определяется как отношение принятого размера партий к среднедневной потребности сборки в данной детали в штуках  $N_{с.дн}$ :

$$h = \frac{n}{N_{с.дн}}. \quad (4.3)$$

Принимаются, как правило, унифицированные величины периодичности изготовления деталей: три месяца (3М), один месяц (М), полмесяца (М/2) и т. д.

В предлагаемом в работе дифференцированном методе определение размера партии деталей одного наименования и типоразмера рекомендуется выполнять в 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

$$n_1 = \frac{F_{э.м} \cdot K_o \cdot K_b}{K_{3.0} \cdot \sum_{i=1}^{K_o} T_i},$$

где  $F_{э.м}$  – эффективный месячный фонд времени участка, мин;

$K_o$  – число операций механической обработки по технологическому процессу;

$K_b$  – средний коэффициент выполнения норм по участку;

$K_{3.0}$  – 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 техпроцесса.

Параметр  $n_1$  отражает достигнутый участком уровень специализации рабочих мест, показатели производительности труда и себестоимости обработки.

Второй параметр  $n_2$  рассчитывают по формуле

$$n_2 = \frac{F_{\text{э.м}} \cdot K_{\text{сл}} \cdot K_{\text{в}}}{K_{\text{м.о}} \cdot \sum_{i=1}^{K_{\text{р}}} T_i},$$

где  $K_{\text{сл}}$  – коэффициент, учитывающий сложность и трудоемкость детали;

$K_{\text{м.о}}$  – коэффициент, учитывающий затраты межоперационного времени.

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  $n_{\text{сб}}$ , а также месячной программе выпуска  $N_{\text{м}}$ :

$$N_{\text{м}} = N_r / 24.$$

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

Кратность партии деталей ее размеру на сборочной стадии определяется по зависимости

$$n' = K_{\text{п}} \cdot n_{\text{сб}}$$

б) Кратность партии деталей месячной программе выпуска  $N_{\text{м}}$  обеспечивается установлением для нее нормальной периодичности повторения производства  $I_{\text{п}}$ .

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

$$I_p = n' \cdot 22 / N_m.$$

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

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

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 три-четыре последовательно кратных значения, например,  $I_{пр} = 2,5$ ; 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.

### Методические указания

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

1. Эффективный месячный фонд времени участка  $F_{зм} = 10560$  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  $4 \leq K_o \leq 12$ ;  $K_{м.о.} = 1,5$ ;  
мелкие простые детали  $1 \leq K_o \leq 3$ ;  $K_{м.о.} = 2,5$ .
4. Ряд допустимых (нормативных) периодичностей запуска партий деталей  $I_n$  представлен в табл. 4.1.

Таблица 4.1

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, а для деталей средней сложности и трудоемкости – равным 0,75.

Остальные данные, необходимые для расчетов, представляются в виде исходных значений в таблице вариантов заданий (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Номер варианта	$K_{з.о}$	$K_o$	$N_m$	$\sum_{i=1}^{K_o} T_i$	$n_{сб}$
1	2	3	4	5	6
1	4	10	530	50	20
2	7	9	220	63	15
3	2	11	990	58	10
4	2	10	314	168	5
5	2	38	2200	92	5
6	5	12	700	37	10
7	2	19	2000	50	10
8	24	21	40	230	4
9	12	10	150	61	10
10	25	9	60	63	10
11	33	10	30	120	4
12	3	29	1000	100	10
13	6	12	750	60	10
14	40	7	25	70	5
15	6	18	3900	83	10
16	8	36	1460	220	5
17	20	28	500	60	5

1	2	3	4	5	6
18	14	45	360	140	10
19	18	25	400	80	10
20	3	12	600	60	5
21	8	19	740	50	10
22	13	33	1380	45	15
23	7	16	600	66	10
24	11	23	960	84	10
25	17	26	890	89	10

**Пример определения нормальной величины партии деталей**

Требуется определить нормальный размер партии среднегабаритной сложной детали. Исходные данные:  $F_{зм} = 10560$  мин,  $K_{з.о} = 6$ ,  $K_{в} = 1,3$ ,  $N_{м} = 600$  шт. Потребность на партию сборки  $n_{сб} = 5$  шт. В соответствии с технологическим процессом деталь обрабатывают за  $K_0 = 10$  операций при суммарной трудоемкости = 40 мин.

1. Определяем  $n_1$ : 
$$n_1 = \frac{10560 \cdot 10 \cdot 1,2}{6 \cdot 40} = 572 \text{ шт.}$$

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

$$n_2 = \frac{10560 \cdot 1 \cdot 1,3}{6 \cdot 40} = 228 \text{ шт. } (n_2 = n_{\min}).$$

3. Округляем значение  $n_{\min}$  до величины, кратной  $n_{сб} = 5$  шт.  
 $n = 230$  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.

### Порядок выполнения работы

1. Изучить основные теоретические положения по определению размера партии деталей дифференцированным методом.

2. В последовательности, изложенной выше в примере расчета размера партии, определить нормальные партии для двух–четырех вариантов заданий.

3. Рассчитать размер партии методом, при котором время, затрачиваемое на переналадку оборудования  $T_{п.з}$ , не должно превышать допустимой величины затрат времени на обработку всей партии на операции. Для этого студентам выдаются технологические процессы механической обработки деталей (один тех процесс на два студента). Согласно методике по формулам (4.1)–(4.3), определить  $T_{п.з}$ ,  $n$ ,  $h$ . Сделать вывод о периодичности запуска деталей на обработку.

4. Составить отчет.

### Содержание отчета

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



## 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  $n_{об}$  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  $I_p$ ?
13. По какой формуле определяется нормальный размер партии  $n''$ ?

## Литература

1. Петров, В.А. Планирование гибких производственных систем / В.А. Петров, А.Н. Масленников, Л.А. Осипов. — Л.: Машиностроение; Ленингр. отд-ние, 1985. — 182 с.
2. Организация группового производства / под ред. С.П. Митрофанова и В.А. Петрова. — М.: Машиностроение, 1980. — 287 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. — М.: Машиностроение, 1985. — Т.1. — 655 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. — М.: Машиностроение, 1986. — Т.2. — 495 с.
5. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий: ГОСТ 14.004-83 (СТ СЭВ 2521-80).

## Работа № 5

### ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ

*Цель работы* – приобретение практических навыков расчета технологической себестоимости операций механической обработки и выбора рационального варианта операции по критерию минимальной себестоимости обработки.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

#### Методические указания

При сравнении вариантов обработки цилиндрических поверхностей исходными данными являются: чертеж детали – втулка (рис. 5.1), материал – сталь 40, твердость 136–187 НВ, производство крупносерийное, объем выпуска – 2000 шт. в год.

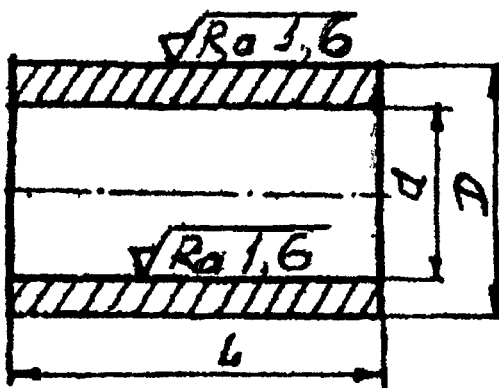


Рис. 5.1. Втулка

При сравнении вариантов обработки плоских поверхностей – рычаг (рис. 5.2), в качестве исходных данных следует принимать: материал детали – сталь 40, твердость 136–187 НВ, производство крупносерийное, объем выпуска – 25000 шт. в год.

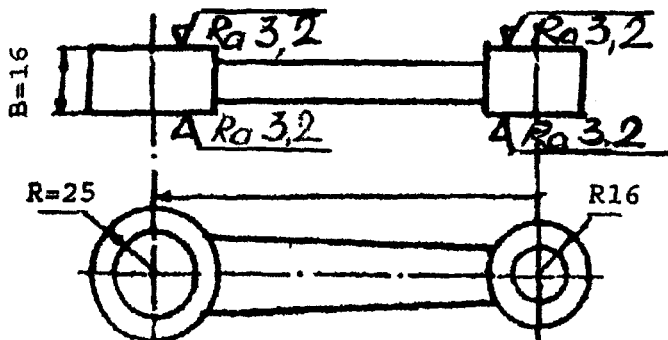


Рис. 5.2. Рычаг

Варианты индивидуальных заданий на выполнение работы приведены в табл. 5.1 и 5.2.

Таблица 5.1

Задачи и варианты заданий для сравнения себестоимости обработки цилиндрических поверхностей втулки

№ варианта	Размеры		Варианты операций	Метод обработки и модель станка	Разряд	$T_{шт.-к}$ мин
	$d(D)$	$L$				
1	2	3	4	5	6	7
<b>Обработка отверстия</b>						
1	$50^{+0,039}$	40	1	Тонкое растачивание на станке мод. 16К04В	3	1,86
			2	Шлифование на станке мод. 3К227В	3	4,6
2	$50^{+0,039}$	40	1	Развертывание на станке мод. 2Н135	2	3,8
			2	Протягивание на станке мод. 7Б55	2	0,6
3	$40^{+0,025}$	50	1	Развертывание на станке мод. 2Н135	2	4,53
			2	Тонкое растачивание на станке мод. 16К04В	3	2,2
			1	Развертывание на станке мод. 2Н135	2	2,86
			2	Шлифование на станке мод. 3К227В	3	3,6
			1	Тонкое растачивание на станке мод. 16К04В	3	2,8
			2	Протягивание на станке мод. 7Б55	2	0,8

1	2	3	4	5	6	7
4	40 <sup>+0,025</sup>	30	1	Развертывание на станке мод. 2Н135	2	2,86
			2	Шлифование на станке мод. 3К227В	3	3,6
5	48 <sup>+0,039</sup>	60	1	Тонкое растачивание на станке мод. 16К04В	3	2,8
			2	Протягивание на станке мод. 7Б55	2	0,8
6	60 <sup>+0,046</sup>	65	1	Тонкое растачивание на станке мод. 16К04В	3	3,15
			2	Шлифование на станке мод. 3К227В	4	5,3
7	58 <sup>+0,046</sup>	65	1	Развертывание точное на станке мод. 2Н150	4	4,8
			2	Протягивание чистовое на станке мод. 7Б55	3	1,2
8	65 <sup>+0,074</sup>	70	1	Зенкерование на станке мод. 2170	2	5,1
			2	Протягивание чистовое на станке мод. 7Б55	3	1,5
<b>Обработка наружной цилиндрической поверхности</b>						
9	80 <sub>-0,03</sub>	50	1	Наружное шлифование на станке мод. 3М151	3	3,2
			2	Тонкое точение на станке мод. 16К04В	3	2,3
10	80 <sub>-0,03</sub>	40	1	Наружное шлифование в центрах на станке мод. 3М151	3	2,4
			2	Бесцентровое шлифование на станке мод. 3М184	2	0,3
11	60 <sub>-0,03</sub>	50	1	Тонкое точение на станке мод. 16К04В	3	2,4
			2	Бесцентровое шлифование на станке мод. 3М184	2	0,4
12	90 <sub>-0,035</sub>	60	1	Тонкое точение на станке мод. 16К04В	3	3,5
			2	Шлифование чистовое на станке мод. 3М151	4	4,6
13	90 <sub>-0,035</sub>	70	1	Шлифование чистовое на станке мод. 3М151	4	5,1
			2	Бесцентровое шлифование на станке мод. 3М184	3	2,4
14	100 <sub>0,054</sub>	80	1	Обтачивание чистовое на станке мод. 16К04В	3	4,5
			2	Шлифование предварительное на станке мод. 3М151	4	5,4

Таблица 5.2

**Задачи и варианты заданий для сравнения себестоимости  
обработки плоских поверхностей рычага**

№ варианта	$T$ , мм	$z$ , мм	$Ra$ , мм	Варианты операций	Метод обработки и модель станка	Разряд	$T_{шт.-к}$ мин
1	0,12	0,3	2,5	1	Тонкое фрезерование на станке мод. 6P10	3	3,0
				2	Наружное протягивание на станке мод. 7Б74	2	0,4
2	0,07	0,2	1,25	1	Шлифование на станке мод. 3Г71М	3	4,2
				2	Шлифование на станке с круглым столом мод. 3Е756	3	0,3
3	0,15	0,5	3,2	1	Тонкое фрезерование на станке мод. 6P10	4	4,0
				2	Наружное протягивание на станке мод. 7Б74	3	1,0
4	0,05	0,25	1,6	1	Шлифование на станке мод. 3Г71М	3	5,2
				2	Шлифование на станке с круглым столом мод. 3Е756	3	0,6

В табл. 5.2:  $T$  – поле допуска на размер;  $z$  – припуск на сторону;  $Ra$  – параметр шероховатости обработанной поверхности.

Рациональным вариантом механической обработки детали признается тот вариант, у которого технологическая себестоимость будет минимальной.

В табл. 5.3 приведены данные об оборудовании, упомянутом в табл. 5.1 и 5.2, необходимые для последующих расчетов.

**Оптовые цены, габариты и мощность привода  
металлорежущих станков**

Наименование станка	Модель станка	Оптовая цена Ц, у.е.	Габариты станка в плане $L \times B$ , мм	Мощность привода $W_{уст}$ , кВт
Вертикально-сверлильный	2Н135	3900	1240×810	4,0
Вертикально-сверлильный	2Н150	18500	1290×875	7,5
Вертикально-сверлильный	2170	21000	2815×1900	8,7
Токарно-винторезный высокой точности	16К04В	12500	1630×1220	10,0
Бесцентровый круглошлифовальный	3М184	28000	2522×1166	13,0
Внутришлифовальный с горизонтальным шпинделем	3К227В	15000	3510×2200	8,4
Плоскошлифовальный с прямоугольным столом	3Г71М	4500	2815×1900	2,2
Плоскошлифовальный с круглым столом	3Е756	18400	1870×1550	30
Круглошлифовальный	3М151	33100	4440×2530	10
Вертикально-фрезерный	6Р10	7500	4605×2450	3
Вертикально-фрезерный	6Р11	8100	1445×1875	5,5
Вертикально-протяжной для наружного протягивания	7Б74	9300	1560×2045	11
Горизонтально протяжной	7Б55	2500	3152×1290	17

**Расчет технологической себестоимости операций  
механической обработки**

*Технологическая себестоимость* включает только те затраты на изготовление объекта производства (изделие, деталь, заготовка, операция), величина которых для сравниваемых вариантов различна. Статьи затрат, величина которых остается неизменной в рассматриваемых вариантах, в расчет величины технологической себестоимости не включаются. Таким образом, *технологическая себестоимость*

**стоимость** – это часть полной себестоимости объекта производства, состав ее статей непостоянен и устанавливается в каждом конкретном случае проведения расчетов. Технологическая себестоимость операции механической обработки в общем виде включает следующие затраты:

$$C_{\text{обр}} = C_{\text{зп}} + C_{\text{вплг}} + C_{\text{инт}} + C_{\text{рсео}}$$

где  $C_{\text{зп}}$  – основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$C_{\text{вплг}}$  – отчисления в бюджет и внебюджетные фонды от средств на оплату труда, руб.;

$C_{\text{инт}}$  – расходы на применяемый инструмент и технологическую оснастку, руб.;

$C_{\text{рсео}}$  – расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования (РСЭО), руб.

Рассмотрим порядок расчета вышеназванных статей затрат.

**Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих.** В состав основной заработной платы включается оплата труда в соответствии с разрядом выполняемой работы (для сдельщиков) и разрядом рабочих (для повременщиков), а также с учетом поощрительных выплат (премии за производственные результаты) и выплат компенсирующего характера (за неблагоприятные условия труда). Перечисленные виды выплат учитываются коэффициентом  $k_{\text{пр}}$ .

Дополнительная заработная плата учитывает выплаты, предусмотренные законодательством о труде за непроработанное на производстве время: оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с прохождением медицинских осмотров, выполнением государственных обязанностей и др. Дополнительная заработная плата учитывается коэффициентом  $k_{\text{д}}$ .

Таким образом, расчет величины основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих при выполнении работы производится по формуле

$$C_{\text{эл}} = (T_{\text{шт.-кл}} \cdot \text{ЧТС}_i / 60) k_{\text{пр}} k_{\text{д}}, \quad (5.1)$$

где  $C_{\text{эл}}$  – основная и дополнительная заработная плата на деталь, руб.;

$T_{\text{шт.-кл}}$  – штучно-калькуляционное время для серийного производства выполнения  $i$ -й операции, мин;

$\text{ЧТС}_i$  – часовая тарифная ставка разряда работы на  $i$ -й операции, руб. (см. табл. 5.4);

$k_{\text{пр}}$  – коэффициент, учитывающий выплаты поощрительного и компенсирующего характера. При проектировании принять равным 1,4;

$k_{\text{д}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату. При проектировании принять равным 1,3.

Таблица 5.4

**Часовые тарифные ставки рабочих на работах с нормальными условиями труда, руб.**

Тарифные разряды	1	2	3	4	5	6	7	8
Тарифные коэффициенты	1,0	1,16	1,35	1,57	1,73	1,90	2,03	2,17
Часовая тарифная ставка, руб.	2099,1	2434,9	2833,8	3295,4	3631,5	3988,3	4261,2	4555,0

**Примечание.** Величины часовых тарифных ставок рассчитаны исходя из следующих исходных данных:

1) бюджета прожиточного минимума для трудоспособного населения в размере 293880 руб., утвержденного Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1134, на период с 1 августа 2010 г. по 31 октября 2010 г.;

2) отраслевой коэффициент для машиностроения, равный 1,2;

3) средней нормы продолжительности рабочего времени в месяц 168,0 ч.

Месячная тарифная ставка первого разряда определена как размер бюджета прожиточного минимума для трудоспособного населения, умноженный на отраслевой коэффициент ( $293880 \cdot 1,2 = 352\,656$ ). Часовая тарифная ставка первого разряда определена делением месячной тарифной ставки первого разряда на среднюю норму продолжительности рабочего времени ( $352\,656 / 168 = 2099,1$ ).



Отчисления в бюджет и внебюджетные фонды от средств на оплату труда. В эту статью входят отчисления в фонд социальной защиты населения и на обязательное страхование от несчастных случаев. Расчет производится по формуле

$$C_{\text{нлг}} = C_{\text{зп}}(h_{\text{фсзн}} + h_{\text{стр}})/100, \quad (5.2)$$

где  $C_{\text{нлг}}$  – отчисления в бюджет и внебюджетные фонды от средств на оплату труда;

$C_{\text{зп}}$  – основная и дополнительная заработная плата;

$h_{\text{фсзн}}$  – ставка отчислений в фонд социальной защиты населения, 34 %;

$h_{\text{стр}}$  – ставка отчислений на обязательного страхования от несчастных случаев,  $h_{\text{стр}} = 1$  %.

**Расходы на применяемый инструмент и технологическую оснастку.** Эта статья затрат в данной работе не рассчитывается.

**Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования ( $C_{\text{рээо}}$ ).**

При выполнении задания производится расчет только следующих видов затрат:

- на амортизацию основного технологического оборудования;
- амортизацию производственной площади, занимаемой оборудованием;
- эксплуатацию оборудования – только в части затрат на электроэнергию.

Для расчета амортизационных отчислений вначале необходимо рассчитать количество единиц оборудования (число рабочих мест) для выполнения годового объема производства и величину производственной площади, необходимой для размещения оборудования.

Расчетное число рабочих мест для выполнения технологической операции определяется по формуле

$$m_{\text{pi}} = \frac{N_{\text{в}} T_{\text{шт.-кл}}}{60 \Phi_3}, \quad (5.3)$$

где  $N_{\text{в}}$  – годовая программа выпуска деталей, шт.;

$T_{шт-ki}$  – штучно-калькуляционное время выполнения  $i$ -й операции, мин;

$\Phi_3$  – эффективный (действительный) фонд времени работы оборудования в планируемом периоде, ч.

Эффективный (действительный) фонд времени работы оборудования определяется по формуле

$$\Phi_3 = \Phi_n (1 - (\alpha_p + \alpha_n)),$$

где  $\Phi_n$  — номинальный годовой фонд времени работы оборудования при двухсменной работе, при расчетах принять равным 4032 ч;

$\alpha_p$  — коэффициент, учитывающий потери времени, связанные с проведением плановых ремонтов и обслуживанием оборудования ( $\alpha = 0,05$ );

$\alpha_n$  — коэффициент, учитывающий потери времени на подналадку в массовом и переналадку оборудования в серийном производстве ( $\alpha_n = 0,04-0,07$ ).

Расчетное число рабочих мест  $m_{pi}$ , как правило, получается дробным. Принятое число рабочих мест  $m_{при}$  получают путем округления  $m_{pi}$  до ближайшего большего целого числа.

Первоначальная стоимость единицы оборудования рассчитывается по формуле

$$K_{j.об} = Ц_j \cdot \beta \cdot (1 + k_{тр} + k_m + k_\phi), \quad (5.5)$$

где  $Ц_j$  – цена приобретения единицы оборудования  $j$ -го вида, у.е.;

$\beta$  – обменный курс, у.е. / руб., на момент выполнения задания;

$k_{тр}$  – коэффициент, учитывающий транспортные расходы по доставке оборудования ( $k_{тр} = 0,05-0,08$ );

$k_m$  – коэффициент, учитывающий затраты предприятия на монтаж оборудования ( $k_m = 0,05$ );

$k_\phi$  – коэффициент, учитывающий затраты предприятия на устройство фундамента. Коэффициент  $k_\phi$  применяется только в случае использования уникального оборудования, требующего особых условий эксплуатации. При выполнении задания для большинства металлообрабатывающих станков этот коэффициент принимается равным нулю.

Величина производственной площади  $f$  для размещения единицы оборудования определяется его габаритными размерами ( $L \times B$ ) и коэффициентом  $k_d$ , учитывающим дополнительную площадь. Расчеты выполняются по формуле

$$f = (L \times B) \cdot k_d, \quad (5.6)$$

где  $L \times B$  – габариты станка в плане, значения принимать по данным табл. 5.3, значения  $L$  и  $B$  перевести в метры;

$k_d$  – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь. Этот коэффициент при площади станка в плане более  $20 \text{ м}^2$  равен 1,5; свыше 10 до  $20 \text{ м}^2$  – 2; свыше 6 до  $10 \text{ м}^2$  – 2,5; свыше 4 до  $6 \text{ м}^2$  – 3; свыше 2 до  $4 \text{ м}^2$  – 3,5; менее  $2 \text{ м}^2$  – 4. Если произведение  $f \cdot k_d$  меньше  $6 \text{ м}^2$ , его округляют до 6.

Стоимость производственной площади  $K_{зд}$  для размещения оборудования, необходимого для выполнения операции, рассчитывается с учетом цены одного квадратного метра площади по формуле

$$K_{зд} = \Pi_{зд} \cdot \beta \cdot m_{при} \cdot f, \quad (5.7)$$

где  $\Pi_{зд}$  – цена  $1 \text{ м}^2$  производственной площади (при выполнении работы цену  $1 \text{ м}^2$  производственной площади принимать равной 500 у.е., переводить в белорусские рубли по текущему курсу в период выполнения расчетов);

$\beta$  – обменный курс;

$m_{при}$  – принятое число рабочих мест на  $i$ -й операции;

$f$  – производственная площадь для размещения станка,  $\text{м}^2$ .

**Амортизация оборудования и производственной площади.** Величина годовых амортизационных отчислений определяется на основе норм амортизации  $H_{aj}$  и стоимости оборудования и производственной площади  $K_j$  в доли  $\gamma$ , приходящейся на годовой объем выпуска рассматриваемой детали.

Расчет амортизационных отчислений в общем виде производится по формуле

$$A_r = \sum_1^m \frac{H_{aj}}{100} \gamma \cdot K_j, \quad (5.8)$$

где  $H_{aj}$  – годовая норма амортизации соответствующего  $j$ -го объекта имущества, %;

$\gamma$  – доля капитальных вложений, приходящаяся на годовой объем выпуска рассматриваемой детали, в десятичном виде;

$K_j$  – первоначальная стоимость  $j$ -го объекта имущества, тыс. руб.;

$m$  – количество объектов имущества.

**Примечание.** Расчет доли капитальных вложений, приходящейся на годовой объем выпуска рассматриваемой детали, следует производить в серийном производстве на операциях, на которых производится обработка двух и более деталей. При расчете количества рабочих мест на операциях технологического процесса, у которых  $m_{pi} > 0,8$ , принимать величину  $\gamma$  равной 1. На операциях технологического процесса, у которых  $m_{pi} < 0,8$ , расчет величины доли производить по формуле

$$\gamma = m_{pi} / 0,8.$$

Соответственно и капитальные вложения в производственную площадь будут приниматься пропорционально доли капитальных вложений в оборудование.

Годовые нормы амортизационных отчислений в процентах рассчитываются по формуле

$$H_{aj} = 100 / T_{пшj},$$

где  $T_{пшj}$  – срок полезного использования соответствующего  $j$ -го объекта имущества, лет. Сроки полезного использования принять: для станков – от 8 до 15 лет, для зданий – от 20 до 50 лет.

Расчет амортизационных отчислений следует свести в табл. 5.5.

Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта	Срок полезного использования, лет	Годовая норма амортизационных отчислений, %, $N_{в}$	Капитальные вложения, млн руб., $K_j$	Доля капитальных вложений $\gamma$	Годовые амортизационные отчисления с учетом доли, млн руб.
Станок ...					
Произ. площадь, м <sup>2</sup>					
Итого капитальных вложений					-
Итого годовых амортизационных отчислений $A_r$ , млн руб.					
Амортизационные отчисления, приходящиеся на одну деталь, $A_r/N_{в}$ , руб.					

**Эксплуатация оборудования.** При выполнении работы следует ограничиться только расчетами затрат за потребленную электрическую энергию, как занимающую наибольший удельный вес в структуре затрат по эксплуатации. Затраты за потребленную в течение года электрическую энергию определяются по формуле

$$C_{\text{итр}} = W_{\text{уст}} \cdot [T_{\text{итр-ки}} \cdot N_{\text{в}}] / 60 \cdot T_{\text{эл}} \cdot (k_{\text{од}} \cdot k_{\text{м}} \cdot k_{\text{п}} / \eta), \quad (5.9)$$

где  $W_{\text{уст}}$  – суммарная установленная мощность станка, кВт;

$T_{\text{итр-ки}}$  – штучно-калькуляционное время выполнения  $i$ -й операции, мин;

$T_{\text{эл}}$  – тариф за 1 кВт·ч потребленной электроэнергии, руб. (при расчетах принять тариф равным 0,09 у.е., перевести по курсу в рубли);

$N_{\text{в}}$  – годовая программа выпуска, шт.;

$k_{\text{од}}$  – коэффициент одновременности работы электродвигателей оборудования:  $k_{\text{од}} = 1-0,7$ ;

$k_{\text{м}}$  – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования по мощности:  $k_{\text{м}} = 0,6-0,7$ ;

$k_{\text{п}}$  – коэффициент, учитывающий потери мощности в сети:  $k_{\text{п}} = 1,05$ ;

$\eta$  – КПД электродвигателей станков:  $\eta = 0,7-0,85$ .

Затраты в расчете на одну деталь рассчитываются по формуле

$$C_{эл} = C_{пр} / N_B.$$

Результаты расчета технологической себестоимости операции в расчете на одну деталь по вариантам представить в табл. 5.6.

Таблица 5.6

**Расчет величины технологической себестоимости механической обработки детали по вариантам**

Наименование статей затрат	Вариант	
	первый	второй
Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих		
Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды от средств на оплату труда		
Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования, в т. ч. – амортизационные отчисления – затраты на электроэнергию		
Итого		

Лучшим является вариант, имеющий меньшую технологическую себестоимость. Для наглядности следует построить диаграммы структуры технологической себестоимости обоих вариантов расчета. Пример диаграмм представлен в примере расчета себестоимости.

**Пример расчета технологической себестоимости для двух вариантов технологической операции**

Сравнить два варианта обработки цилиндрического отверстия втулки: материал втулки – сталь 40, твердость 136–187 НВ, производство крупносерийное, годовой объем выпуска 20 тыс. шт. Остальные исходные данные представлены в табл. 5.7.

**Исходные данные для расчета себестоимости  
механической обработки**

Показатели	Вариант	
	первый	второй
Наименование операции	Тонкое расточивание	Шлифование
Модель станка	16К04В	3К227В
Цена станка, у.е.	12500	15000
Габариты $L \times B$ , мм	2522 × 1166	2815 × 1900
Установленная мощность, кВт	10,0	8,4
Штучное время выполнения операции, мин	1,86	4,6
Разряд работы	3	3

*Расчет технологической себестоимости, первый вариант.*

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих определяется по формуле (5.1):

$$C_{\text{зн}} = T_{\text{шт.к}} \cdot \text{ЧТС} / 60 \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{д}} = (1,86 \cdot 2833,8 / 60) \cdot 1,4 \cdot 1,3 = 159,9 \text{ руб.}$$

Отчисления в бюджет и внебюджетные фонды от средств на оплату труда рассчитываются по формуле (5.2):

$$C_{\text{н}} = C_{\text{зн}} \cdot (h_{\text{фрн}} + h_{\text{стр}}) / 100 = 159,9 \cdot (34 + 1) / 100 = 56,0 \text{ руб.}$$

**Расходы на инструмент и приспособления.** Эта статья затрат в данном примере не рассчитывается.

**Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования (РСЭО).** Определяем эффективный фонд времени работы оборудования по формуле (5.4):

$$\Phi_{\text{э}} = \Phi_{\text{н}} (1 - (\alpha_{\text{р}} + \alpha_{\text{н}})) = 4032 (1 - (0,05 + 0,07)) = 3548 \text{ ч.}$$

Расчетное число рабочих мест определяем по формуле (5.3):

$$m_{pi} = \frac{N_B T_{шт.-ki}}{60 \Phi_3} = (20000 \cdot 1,86) / (60 \cdot 3548) = 0,17.$$

Первоначальная стоимость единицы оборудования рассчитывается по формуле (5.5):

$$\begin{aligned} K_{j,об} &= Ц_j \cdot \beta \cdot (1 + k_{тр} + k_m + k_{ф}) = \\ &= 12500 \cdot 3000 \cdot (1 + 0,05 + 0,05) = 41,25 \text{ млн руб.} \end{aligned}$$

Величина производственной площади определяется по формуле (5.6):

$$f = (L \times B) \cdot k_d = (2,522 \cdot 1,166) \cdot 3,5 = 2,94 \cdot 3,5 = 10,29 \text{ м}^2.$$

Стоимость производственной площади ( $K_{зд}$ ) рассчитывается по формуле (5.7):

$$K_{зд} = Ц_{зд} \cdot \beta \cdot m_{при} \cdot f = 500 \cdot 3000 \cdot 1 \cdot 10,29 = 15,44 \text{ млн руб.}$$

**Амортизационные отчисления.** Расчет производится по формуле (5.8):

$$A_r = \frac{H_{aj}}{100} \cdot \gamma \cdot K_j.$$

Определение доли капитальных вложений, приходящаяся на годовой объем выпуска рассматриваемой детали:

$$\gamma = m_{pi} / 0,8 = 0,17 / 0,8 = 0,21.$$

Остальные расчеты представлены в табл. 5.8.



## Расчет амортизационных отчислений, первый вариант

Наименование объекта	Срок полезного использования, лет	Годовая норма амортизационных отчислений, % $N_{\text{г}}$	Капитальные вложения, млн руб. $K_{\text{г}}$	Доля капитальных вложений $\gamma$	Годовые амортизационные отчисления с учетом доли, млн руб.
Станок 16К04В	10	10,0	41,25	0,21	0,866
Произ. площадь, м <sup>2</sup>	40	2,5	15,44	0,21	0,081
Итого капитальных вложений К			56,69		—
Итого величина годовых амортизационных отчислений $A_{\text{г}}$ , млн руб.					0,947
Амортизационные отчисления, приходящиеся на одну деталь: $A_{\text{г}}/N_{\text{в}}$ , руб.					47,4

**Эксплуатация оборудования.** Плата за потребленную электрическую энергию определяется по формуле (5.9):

$$C_{\text{стр}} = W_{\text{усг}} \cdot [(T_{\text{шт.-кл}} \cdot N_{\text{в}}) / 60] \cdot T_{\text{эл}} \cdot (k_{\text{од}} \cdot k_{\text{м}} \cdot k_{\text{п}} / \eta) =$$

$$= 10 \cdot [(1,86 \cdot 20000) / 60] \cdot 262 \cdot (0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,05 / 0,85) = 1,85 \text{ млн руб.}$$

Затраты на электрическую энергию в расчете на одну деталь

$$C_{\text{эл}} = C_{\text{стр}} / N_{\text{в}} = 1585000 / 20000 = 79,3 \text{ руб.}$$

*Расчет технологической себестоимости, второй вариант*

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих определяется по формуле (5.1):

$$C_{\text{зп}} = (T_{\text{шт.-кл}} \cdot \text{ЧТС} / 60) \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{д}} = (4,6 \cdot 2833,8 / 60) \cdot 1,4 \cdot 1,3 = 395,4 \text{ руб.}$$

Отчисления в бюджет и внебюджетные фонды от средств на оплату труда рассчитываются по формуле (5.2):

$$C_H = C_{\text{эл}} \cdot (h_{\text{фэи}} + h_{\text{стр}}) / 100 = 395,4 \cdot (34 + 1) / 100 = 138,4 \text{ руб.}$$

**Расходы на инструмент и приспособления.** Эта статья затрат не рассчитывается.

**Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования (РСЭО).** Определяем эффективный фонд времени работы оборудования по формуле (5.4):

$$\Phi_3 = \Phi_H (1 - (\alpha_p + \alpha_H)) = 4032(1 - (0,05 + 0,07)) = 3548 \text{ ч.}$$

Расчетное число рабочих мест определяем по формуле (5.3):

$$m_{\text{pi}} = \frac{N_{\text{в}} T_{\text{шт.-ки}}}{60 \Phi_3} = (20000 \cdot 4,6) / (60 \cdot 3548) = 0,43.$$

Первоначальная стоимость единицы оборудования рассчитывается по формуле (5.5):

$$\begin{aligned} K_{j.\text{об}} &= \Pi_j \cdot \beta \cdot (1 + k_{\text{тр}} + k_{\text{м}} + k_{\text{ф}}) = \\ &= 15000 \cdot 3000 \cdot (1 + 0,05 + 0,05) = 492,5 \text{ млн руб.} \end{aligned}$$

Величина производственной площади определяется по формуле

$$f = (B \times H) \cdot k_d = (2,815 \cdot 1,9) \cdot k_d = 5,35 \cdot 3 = 16,05 \text{ м}^2.$$

Стоимость производственной площади  $K_{\text{зд}}$  рассчитывается по формуле (5.6):

$$K_{\text{зд}} = \Pi_{\text{зд}} \cdot \beta \cdot m_{\text{pi}} \cdot f = 500 \cdot 3000 \cdot 1 \cdot 16,05 = 24,08 \text{ млн руб.}$$

**Амортизационные отчисления.** Определение доли капитальных вложений, приходящейся на годовой объем выпуска рассматриваемой детали:  $\gamma = m_{\text{pi}} / 0,8 = 0,43 / 0,8 = 0,54$ . Остальные расчеты представлены в табл. 5.9.

## Расчет амортизационных отчислений, второй вариант

Наименование объекта	Срок полезного использования, лет	Годовая норма амортизационных отчислений, %, $N_{aj}$	Капитальные вложения, млн.руб., $K_j$	Доля капитальных вложений $\gamma$	Годовые амортизационные отчисления с учетом доли, млн руб.
Станок 3К227В	10	10,0	49,50	0,54	2,673
Произ. площадь, м <sup>2</sup>	40	2,5	24,08	0,54	0,325
Итого капитальных вложений			73,58		—
Итого величина годовых амортизационных отчислений $A_r$ , млн руб.					2,998
Амортизационные отчисления, приходящиеся на одну деталь, $A_r/N_b$ руб.					149,9

**Эксплуатация оборудования.** Плата за потребленную электрическую энергию определяется по формуле (5.9):

$$C_{\text{тпр}} = W_{\text{уст}} \cdot [(T_{\text{шт.-кл}} \cdot N_b) / 60] \cdot T_{\text{эл}} \cdot (k_{\text{од}} \cdot k_{\text{м}} \cdot k_{\text{л}} / \eta) =$$

$$= 8,4 \cdot [(4,6 \cdot 20000 / 60)] \cdot 262 \cdot (0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,05 / 0,85) = 2,041 \text{ млн руб.}$$

Затраты на электрическую энергию в расчете на одну деталь

$$C_{\text{эл}} = C_{\text{тпр}} / N_b = 2065000 / 20000 = 102,0 \text{ руб.}$$

Результаты расчета технологической себестоимости операции в расчете на одну деталь по вариантам представлены в табл. 5.10.

Калькуляция технологической себестоимости механической обработки для двух вариантов выполнения операции, руб.

Наименование статей затрат	Варианты	
	первый	второй
Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих	159,9	395,4
Отчисления в бюджет и внебюджетные фонды от средств на оплату труда	56,0	138,4
Расходы на инструмент и приспособления	—	—
Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования, в т.ч.		
– амортизационные отчисления	47,4	149,9
– эксплуатация оборудования	79,3	164,4
Итого	342,6	683,7

По результатам расчета, представленного в табл. 5.10, при анализе себестоимости сравниваемых операций для наглядности рекомендуется построить в одинаковом масштабе диаграммы структуры технологической себестоимости (рис. 5.3).

Как можно видеть из табл. 5.10 и рис. 5.3, предпочтительным является первый вариант. Это преимущество обусловлено меньшими затратами на основную заработную плату производственных рабочих, отчислениями в бюджет и внебюджетные фонды от средств на оплату труда и амортизационными отчислениями.

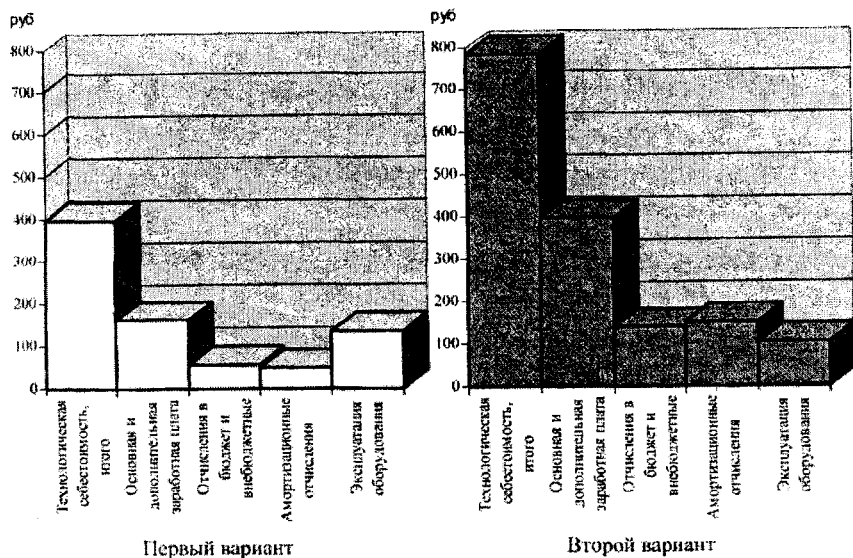


Рис. 5.3. Диаграммы, характеризующие структуры технологической себестоимости рассмотренных вариантов

### Порядок выполнения работы

1. Подготовить таблицу исходных данных по варианту, выданному преподавателем для выполнения задания.
2. Произвести расчеты элементов технологической себестоимости в последовательности, изложенной в методических указаниях.
3. Результаты расчетов свести в сводную таблицу.
4. Построить диаграммы технологической себестоимости сравниваемых вариантов.
5. Провести анализ полученных результатов.
6. Составить отчет.

### Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания, в том числе таблица исходных данных.

3. Эскиз анализируемой детали с обозначением рабочих поверхностей и указанием точности обработки и шероховатости поверхности.
4. Сводная таблица результатов расчета технологической себестоимости, ее структурных элементов.
5. Диаграммы себестоимости и ее структурных элементов.
6. Анализ результатов сравнения вариантов обработки и выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Из каких структурных элементов состоит технологическая себестоимость механической обработки детали?
2. Какие исходные данные используются для расчета основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих?
3. Какие налоги и отчисления учитываются при расчете элемента «Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды от средств на оплату труда»?
4. Как рассчитывается первоначальная стоимость станка, определяющая капитальные вложения в оборудование?
5. Как рассчитывается производственная площадь, занимаемая станком?
6. Как определяются капитальные вложения в оборудование и в производственную площадь?
7. Как производится расчет амортизационных отчислений?
8. Поясните, что выражает понятие «доля капитальных вложений, приходящаяся на годовой объем выпуска рассматриваемой детали в серийном производстве» и как эта доля рассчитывается?
9. Как определяются затраты за потребляемую электрическую энергию, требуемую для годового объема производства?

### **Литература**

Методические рекомендации по прогнозированию, учету и калькулированию себестоимости продукции (товаров, работ, услуг) на промышленных организациях Министерства промышленности Республики Беларусь. – Минск: РУП «Промпечать», 2004. – 340 с.

Учебное издание

## ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Сборник практических работ

В 4 частях

Часть 1

Составители:

БАРШАЙ Игорь Львович  
БАБУК Игорь Михайлович  
КАНЕ Марк Моисеевич и др.

Редактор Т.Н. Микулик  
Компьютерная верстка А.Г. Занкевич

---

Подписано в печать 09.09.2011.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 4,54. Уч.-изд. л. 3,54. Тираж 300. Заказ 44.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.