

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Управление эксплуатационной работой»

А. А. ЕРОФЕЕВ

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
(промышленные производства)

Лабораторный практикум

*Одобрено методической комиссией  
гуманитарно-экономического факультета*

Гомель 2006

УДК 658.51 (075.8)  
ББК 65.052.5  
Е78

Р е ц е н з е н т – зав. кафедрой «Экономика» профессор В. П. Бугаев (УО «БелГУТ»).

**Ерофеев, А. А.**

Е78            Производственные технологии (промышленные производства): лабораторный практикум/ А. А. Ерофеев; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2006. – 52 с.  
ISBN 985-468-149-1

Приведено описание выполняемых лабораторных работ, даны краткие сведения из теории, рассмотрены практические примеры расчета для каждого типа задач.

Предназначен для выполнения лабораторных работ студентами гуманитарно-экономического факультета по дисциплине «Производственные технологии». Может быть использован инженерно-техническими работниками промышленных и транспортных предприятий.

**УДК 658.51 (075.8)**  
**ББК 65.052.5**

**ISBN 985-468-149-1**

© Ерофеев А. А., 2006  
© Оформление. УО «БелГУТ», 2006

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
<i>Лабораторная работа № 1</i> Определение типа производства по коэффициенту закрепления операций.....	5
<i>Лабораторная работа № 2</i> Определение размера партии деталей в серийном производстве.....	11
<i>Лабораторная работа № 3</i> Технологичность изделия, ее показатели и пути обеспечения.....	16
<i>Лабораторная работа № 4</i> Оценка важности качественных свойств продукции	24
<i>Лабораторная работа № 5</i> Выбор варианта продукции на основании важности свойств.....	30
<i>Лабораторная работа № 6</i> Экономическое обоснование выбора способа изготовления деталей (на примере выбора способа получения отливка).....	32
<i>Лабораторная работа № 7</i> Выбор рационального варианта механической обработки детали по минимальной себестоимости.....	38
<i>Лабораторная работа № 8</i> Разработка мероприятий по экономии электроэнергии в промышленности.....	47
Список использованной и рекомендуемой литературы.....	52

## **ВВЕДЕНИЕ**

*Технология* – это современный способ развития общественного производства, поскольку данное понятие включает в себя производственное, интеллектуальное, информационное, образовательное и иное технологическое развитие. Проникновение технологий во все сферы жизнедеятельности человека является частью уровня развития современного общества.

Использование научных достижений в технологии промышленного производства помогает создавать наиболее рациональные производственные процессы и находить оптимальные условия для их осуществления.

Разнообразие производств обуславливает разнообразие видов технологии и, следовательно, требует от экономиста разносторонних технических знаний и умения быстро ориентироваться в сложных условиях современного производства.

Знание технологии позволяет экономистам выявлять пути рационального использования имеющихся резервов и роста производства, внедрения в производство научно-технических достижений; выбирать наиболее эффективные способы использования сырья, материалов, топлива и электроэнергии; правильно определять производственные мощности предприятий и др.

Цель данного практикума – ознакомить студентов с методикой решения основных задач, связанных с различными отраслями производства и помочь им в приобретении навыков инженерных расчетов.

## Лабораторная работа № 1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ

**Цель работы:** приобрести практические навыки определения типа производства по его характеристике – коэффициенту закрепления операций  $K_{з.о}$  – и изучить влияние величины  $K_{з.о}$  на элементы себестоимости выпускаемой продукции.

#### Сведения из теории

Выбор того или иного технологического процесса зависит от типа производства. В зависимости от производственной программы и характера изготавливаемой продукции различают три типа производства: единичное, серийное и массовое.

*Единичное* производство характеризуется малым объемом выпуска изделий, повторное изготовление или ремонт которых, как правило, не предусматриваются. Изготовление продукции либо не повторяется вовсе, либо повторяется через неопределенный промежуток времени (индивидуальные заказы). Сюда относятся производство особо крупных уникальных машин и оборудования, прокатных станов, тепловых и гидравлических турбин, прессов, станков специального назначения, космических станций, ремонт автомобилей, инструмента и оборудования.

*Серийное* производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. В зависимости от количества изделий в партии или серии различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство. Серийным производством выпускаются машины и изделия ограниченного применения: компрессоры, насосы, металлорежущие станки, тепловозы, электровозы, экскаваторы, летательные аппараты, подъемно-транспортные машины и др.

*Массовое* производство характеризуется большим объемом выпускаемых изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция. Массовым производством изготавливают широко используемые машины и изделия, такие как автомобили, тракторы, комбайны, электродвигатели, холодильники, приборы, часы, подшипники, велосипеды, мотоциклы, стиральные машины, электролампочки и т. п.

Согласно ГОСТ 3.1119-83, ГОСТ 14.004-83 ЕСТД и РД 50-174-80

ЕСТПП одной из характеристик типа производства, т.е. классификационной категории производства, выделяемой по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности, объема выпуска изделий является **коэффициент закрепления операций**  $K_{3.0}$ .

$K_{3.0}$  показывает отношение числа всех различных технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению подразделением в течение месяца, к числу рабочих в одной смене. Таким образом,  $K_{3.0}$  характеризует число различных технологических операций, приходящихся в среднем на одно рабочее место участка за месяц. Он также характеризует среднюю частоту смены технологических операций на производственном участке. Например, если  $K_{3.0} = 22$ , а количество рабочих дней в месяц 22, то ежедневно происходит смена операций на каждом рабочем месте участка. Таким образом,  $K_{3.0}$  характеризует и время непрерывной работы по выполнению операций на всех деталях производственной партии.

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

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

$$K_{3.0} = \frac{\sum \Pi_{o_i}}{\sum P_{я_i}} = \frac{K_B \Phi \sum \Pi_{o_i}}{\sum N_i T_i}, \quad (1)$$

где  $\sum \Pi_{o_i}$  – суммарное число различных операций;  $\sum P_{я_i}$  – явочное число рабочих подразделения, выполняющих различные операции;  $K_B$  – коэффициент выполнения норм;  $\Phi$  – месячный фонд времени рабочего при работе в одну смену;  $\sum N_i T_i$  – суммарная трудоемкость программы выпуска;  $N_i$  – программа выпуска каждой  $i$ -й позиции номенклатуры;  $T_i$  – трудоемкость  $i$ -й позиции.

### Методика решения

Необходимо рассчитать коэффициент закрепления операций и по его величине установить тип производства (формула (1)). Расчет выполняется в

следующем порядке.

При технологических расчетах условное число разнотипных операций  $\Pi_{o_i}$ , выполняемых на одном станке в течение месяца при работе в одну смену, определяется по формуле

$$\Pi_{o_i} = \frac{\eta_{\text{н}}}{\eta_3}, \quad (2)$$

где  $\eta_{\text{н}}$  – планируемый коэффициент загрузки станка (нормативный) всеми закрепленными за ним однотипными операциями. Его величину при расчетах принимают равной 0,8;  $\eta_3$  – коэффициент загрузки станка одной, заданной для проектирования операцией,

$$\eta_3 = \frac{T_{\text{шт}} \cdot N_{\text{м}}}{60 F_{\text{м}} K_{\text{в}}}, \quad (3)$$

где  $T_{\text{шт}}$  – штучно-калькуляционное время, необходимое для выполнения операций, мин;  $N_{\text{м}}$  – месячная программа выпуска данной детали при работе в одну смену, шт.;

$$N_{\text{м}} = \frac{N_{\text{г}}}{2 \cdot 12} = \frac{N_{\text{г}}}{24}, \quad (4)$$

где  $N_{\text{г}}$  – годовой объем выпуска заданной детали, шт./год; 2 – количество рабочих смен в сутках; 12 – число месяцев в году;

$F_{\text{м}}$  – месячный фонд времени работы оборудования в одну смену, ч,

$$F_{\text{м}} = \frac{4055}{2 \cdot 12} = 169 \text{ ч};$$

$K_{\text{в}}$  – коэффициент выполнения норм, равный 1,3.

Суммарное число различных операций за месяц по рабочему месту из расчета на одного сменного мастера

$$\sum \Pi_{o_i} = \Pi_{o_1} + \Pi_{o_2} + \Pi_{o_3} + \dots + \Pi_{o_n}, \quad (5)$$

где 1, 2, ...,  $n$  – номера рабочих мест.

Число рабочих на один станок, загруженный до  $\eta_{\text{н}} = 0,8$  при работе в одну смену, определяется по формуле

$$P_{\text{я}_i} = \frac{N_i T_i}{K_{\text{в}} \Phi \cdot 60} = \frac{\Pi_{o_i} N_{\text{м}} T_{\text{шт}}}{K_{\text{в}} \Phi \cdot 60}, \quad (6)$$

где  $N_i = \Pi_{o_i} N_M$  – приведенный объем выпуска деталей, шт./мес.;  $T_i = T_{шт}$  – штучно-калькуляционное время на выполнение заданной операции, мин;  $\Phi$  – месячный фонд времени рабочего при 22 рабочих днях в месяц, ч,

$$\Phi = 22 \cdot 8 = 176 \text{ ч.}$$

Явочное число рабочих участка при работе в одну смену определяется суммированием значений  $P_{o_i}$ :

$$\sum P_{o_i} = P_{o_1} + P_{o_2} + P_{o_3} + \dots + P_{o_n}. \quad (7)$$

На основании значений  $\sum \Pi_{o_i}$  и  $\sum P_{я_i}$  по формуле (1) определяется коэффициент закрепления операций и на его основании по таблице 1 определяется тип производства.

Т а б л и ц а 1 – **Определение типа производства в зависимости от  $K_{з.о}$**

Коэффициент закрепления операций $K_{з.о}$	Тип производства
До 1,0 (включительно)	Массовое
Св. 1,0 до 10,0	Крупносерийное
” 10,0 ” 20,0	Среднесерийное
” 20,0 ” 40,0	Мелкосерийное
Св. 40,0	Единичное

Коэффициент закрепления операций оказывает влияние и на себестоимость выпускаемых изделий.

Оплата затрат подготовительно-заключительного времени может быть подсчитана по формуле, руб.,

$$З_{п.з.г} = 12 T_{п.з} \sum P_{я_i} C_{ц} K_{з.о}, \quad (8)$$

где  $T_{п.з}$  – среднее подготовительно-заключительное время операции, ч;  $\sum P_{я_i}$  – явочное число рабочих участка, приходящихся на одного мастера, чел.;  $C_{ц}$  – оплата одного нормо-часа с учетом дополнительной зарплаты и отчислений на соцнужды, руб.

В данной работе  $T_{п.з}$  следует принимать равным 0,25 ч, а оплату одного нормо-часа  $C_{ц}$  – равной 598 руб. (часовая тарифная ставка станочника 3-го разряда).

Оборотные средства в незавершенном производстве рассчитываются по формуле, руб.,



$$H_o = \frac{E_n \cdot 3n \left( C_3 + \frac{C}{N_\Gamma} \cdot 0,5 \right)}{K_{3,0}}, \quad (9)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ( $E_n = 0,15$ ); 3 – число партий деталей, приходящееся в среднем на одно рабочее место, равное трем (одна партия в ожидании обработки, вторая – на станке в работе, третья – на транспортировке либо на контроле);  $n$  – размер партии деталей, обрабатываемых на одной наладке при 12 запусках партий в год, шт.,

$$n = \frac{N_\Gamma}{12}; \quad (10)$$

$C_3$  – стоимость заготовки, руб.;  $C$  – себестоимость механической обработки годового выпуска деталей одного наименования, руб.; 0,5 – коэффициент нарастания затрат.

Оплата затрат по планированию и учету движения продукции, руб.,

$$З_\Gamma = 12 \cdot \sum_{я_\Gamma} P_{я_\Gamma} K_{3,0} \left( C_n + \frac{C_p}{O_d} \right), \quad (11)$$

где  $C_n$  – оплата планирования и учета одной операции, руб.;  $C_p$  – оплата планирования и учета одной детали, руб.;  $O_d$  – среднее число операций в одной детали по участку. В данной работе можно принять  $C_n = 200$  руб., а  $C_p = 800$  руб.

### Пример расчета

Требуется определить тип производства по коэффициенту закрепления операций при следующих исходных данных (таблица 2), а также рассчитать связанные с типом производства и коэффициентом закрепления затраты.

Т а б л и ц а 2 – **Исходные данные**

Номер детали	Количество операций	$T_{шт}$ на операцию, мин						$N_\Gamma$	$C_3$ , тыс. руб.	$C$ , млн. руб.
		1	2	3	4	5	6			
1	5	6	5	8	7	9	-	3000	1,1	7,875

Величины остальных показателей, необходимых для выполнения расчетов, принимаются из вышеописанной методики решения.

1 Определяем коэффициент загрузки станка  $\eta_3$  одной, заданной для проектирования операцией (см. формулу (3)).

$$\text{Согласно формуле (4)} \quad N_M = \frac{3000}{24} = 125 \text{ шт.}$$

В соответствии с вышеописанной методикой решения

$$F_M = \frac{4055}{2 \cdot 12} = 169 \text{ ч, } K_B = 1,3.$$

$$\text{Тогда } \eta_{31} = \frac{6 \cdot 125}{60 \cdot 169 \cdot 1,3} = 0,057; \quad \eta_{32} = \frac{5 \cdot 125}{60 \cdot 169 \cdot 1,3} = 0,047;$$

$$\eta_{33} = \frac{8 \cdot 125}{60 \cdot 169 \cdot 1,3} = 0,076; \quad \eta_{34} = \frac{7 \cdot 125}{60 \cdot 169 \cdot 1,3} = 0,066; \quad \eta_{35} = \frac{9 \cdot 125}{60 \cdot 169 \cdot 1,3} = 0,085.$$

2 Определяем число операций  $\Pi_{o_i}$ , выполняемых на каждом рабочем месте, при нормативном коэффициенте загрузки станка  $\eta_H = 0,8$  (см. формулу (2)).

$$\Pi_{o_1} = \frac{0,8}{0,057} = 14; \quad \Pi_{o_2} = \frac{0,8}{0,047} = 17; \quad \Pi_{o_3} = \frac{0,8}{0,076} = 10,5; \quad \Pi_{o_4} = \frac{0,8}{0,066} = 12;$$

$$\Pi_{o_5} = \frac{0,8}{0,085} = 9,4.$$

$$\text{Согласно формуле (5)} \quad \sum \Pi_{o_i} = 14 + 17 + 10,5 + 12 + 9,4 = 62,9.$$

3 Определяем явочное число рабочих на участке по операциям на одну смену  $P_{я_i}$  (см. формулу (6))

$$P_{я_1} = \frac{14 \cdot 6 \cdot 125}{1,3 \cdot 176 \cdot 60} = 0,76; \quad P_{я_2} = \frac{17 \cdot 5 \cdot 125}{1,3 \cdot 176 \cdot 60} = 0,76; \quad P_{я_3} = \frac{10,5 \cdot 8 \cdot 125}{1,3 \cdot 176 \cdot 60} = 0,76;$$

$$P_{я_4} = \frac{12 \cdot 7 \cdot 125}{1,3 \cdot 176 \cdot 60} = 0,76; \quad P_{я_5} = \frac{9,4 \cdot 9 \cdot 125}{1,3 \cdot 176 \cdot 60} = 0,76.$$

$$\text{Согласно формуле (7)} \quad \sum P_{o_i} = 3,8.$$

4 Рассчитываем величину коэффициента закрепления операций  $K_{3,0}$  (см. формулу (1)) и на его основании определяем тип производства:

$$K_{3,0} = \frac{62,9}{3,8} = 16,5.$$

Тип производства может быть определен по таблице 1. В данном примере тип производства – среднесерийное.

5 Определяем годовую оплату затрат подготовительно-заключительного времени  $Z_{п.з.г}$  (см. формулу (8)):

$$Z_{п.з.г} = 12 \cdot 0,25 \cdot 3,8 \cdot 598 \cdot 16,5 = 112,484 \text{ тыс. руб.}$$

6 Определяем годовую стоимость запасов незавершенного производства  $H_o$  (см. формулу (9)):

Согласно формуле (10)  $n = \frac{3000}{12} = 250$  шт.,

$$H_o = \frac{0,15 \cdot 3 \cdot 250 \cdot \left(1,1 + \frac{7875}{3000} \cdot 0,5\right)}{16,5} = 16,42 \text{ тыс. руб.}$$

7 Определяем годовую оплату затрат по планированию и учету движения продукции  $Z_r$  (см. формулу (11))

$$Z_r = 12 \cdot 3,8 \cdot 16,5 \cdot \left(200 + \frac{800}{5}\right) = 270,864 \text{ тыс. руб.}$$

Вывод:

1) между величиной  $K_{3,0}$  и затратами подготовительно-заключительного времени, а также затратами по планированию и учету продукции существует прямо пропорциональная зависимость (с увеличением коэффициента указанные затраты также увеличиваются);

2) стоимость запасов незавершенного производства и величина  $K_{3,0}$  обратно пропорциональны друг другу.

### Контрольные вопросы

- 1 Какой период времени принимается в расчет при определении  $K_{3,0}$ ?
- 2 Для каких условий работы (в одну или две смены) рассчитывается  $K_{3,0}$ ?
- 3 Что вы понимаете под термином «нормативный коэффициент загрузки станка» и какова его величина в данной работе?
- 4 Как влияет величина  $K_{3,0}$  на затраты подготовительно-заключительного времени?
- 5 Каким образом влияет величина  $K_{3,0}$  на стоимость запасов незавершенного производства?
- 6 Как влияет величина  $K_{3,0}$  на затраты по планированию и учету движения продукции?
- 7 При каких значениях  $K_{3,0}$  производство считается крупносерийным, среднесерийным и мелкосерийным?

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ПАРТИИ ДЕТАЛЕЙ В СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

**Цель работы:** приобрести практические навыки определения размера производственной партии в серийном производстве дифференцированным методом.

### Сведения из теории

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

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

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

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

В практике машиностроения широкое применение получили методы поэтапного расчета и согласования размеров партии деталей. Эти расчеты, базирующиеся на использовании коэффициента закрепления операций  $K_{з,о}$ , являющегося определяющей характеристикой типа производства и его технико-организационного уровня, принято называть дифференцированными.

### Методика решения

В дифференцированном методе определения размера партии деталей одного наименования и типоразмера расчет производится в два этапа.

**Э т а п 1.** Производятся расчеты двух предельно допустимых параметров партии  $i$ -х деталей –  $n_1$  и  $n_2$ .

Первый параметр  $n_1$  определяется по формуле

$$n_1 = \frac{F_{\text{э.м}} K_0 K_B}{K_{3.0} \sum_{i=1}^{K_0} T_i}, \quad (1)$$

где  $F_{\text{э.м}}$  – эффективный месячный фонд времени участка, мин;  $K_0$  – число операций механической обработки по технологическому процессу;  $K_B$  – средний коэффициент выполнения норм по участку;  $K_{3.0}$  – коэффициент закрепления операций;  $\sum_{i=1}^{K_0} T_i$  – суммарная трудоемкость операций технологического процесса;  $T_i$  – средняя трудоемкость одной операции, нормо-мин.

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

Второй параметр  $n_2$  рассчитывается по формуле

$$n_2 = \frac{F_{\text{э.м}} K_{\text{сл}} K_B}{K_{\text{м.о}} \sum_{i=1}^{K_0} T_i}, \quad (2)$$

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

Параметр  $n_2$  учитывает и ограничивает допустимый объем незавершенного производства и связывания оборотных средств.

**Э т а п 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

$$N_{\text{м}} = \frac{N_{\text{г}}}{24}; \quad (3)$$

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

$$n = n_{\min}.$$

Кратность партии деталей ее размеру на сборочной стадии определяется по зависимости

$$n' = K_n n_{сб}; \quad (4)$$

б) кратность партии деталей месячной программе выпуска  $N_M$  обеспечивается установлением для нее нормальной периодичности повторения производства  $I_H$ .

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

Расчетная периодичность повторения  $i$ -х деталей

$$I_p = \frac{n' \cdot 22}{N_M}. \quad (5)$$

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

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

После этого выполняют вторую коррекцию принимаемого размера партии согласно условию

$$n'' = \frac{I_{пр} \cdot N_M}{22} < n_{\max}. \quad (6)$$

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

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

При выполнении расчетов используются следующие значения параметров:

- 1 Эффективный месячный фонд производственного участка  $F_{э.м} = 10560$  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  $1 \leq K_o \leq 3$ ;  $K_{м.о} = 1,5$ .

4 Ряд допустимых (нормативных) периодичностей запуска партии деталей  $I_n$  представлен в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Нормативные периодичности запуска деталей

Месяцы	1/22	1/8	1/4	1/2	1	[2]	3	[4]	6	[8]	12
Дни	1	2,5	5	11	22	[44]	66	[88]	132	[176]	264
<i>Примечание – Предпочтительные значения <math>I_n</math> даны без скобок.</i>											

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.

### Пример расчета

Требуется определить размер партии среднегабаритной сложной детали. Исходные данные:  $F_{э.м} = 10560$  мин,  $K_{з.о} = 6$ ,  $K_v = 1,3$ ,  $K_m = 600$  шт. Потребность на партию сборки  $n_{сб} = 5$  шт. В соответствии с технологическим процессом деталь обрабатывают за  $K_o = 10$  операций при

суммарной трудоемкости  $\sum_{i=1}^{K_o} T_i = 40$  мин.

1 Определяем параметр  $n_1$  (см. формулу (1)):

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

2 Определяем параметр  $n_2$  (см. формулу (2)). Для сложных деталей  $K_{сл} = 1$ ; при  $K_o = 10$  для среднегабаритных сложных деталей  $K_{м.о} = 1,5$ :

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

Сравниваем  $n_1$  и  $n_2$  и выбираем минимальное:  $n_2 = n_{\min}$ .

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

$$n' = 230 \text{ шт.}$$

4 Определяем расчетную периодичность повторения партий (ритм партий)  $I_p$  (см. формулу (5)):

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

5 По ряду предпочтительных периодичностей принимаем  $I_p = 11$  дней.

6 Определяем размер партии, (см. формулу (6)):

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

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

$$228 < 300 < 572.$$

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

### Контрольные вопросы

- 1 Что называется производственной партией?
- 2 Что понимается под размером партии?
- 3 Какие расчеты размера партии деталей называют дифференцированными и на чем они базируются?
- 4 Какие показатели отражает параметр партии  $n_1$ ?
- 5 Какие показатели отражает параметр партии деталей  $n_2$ ?
- 6 Что понимается под периодом повторения производства или ритмом партии?

## Лабораторная работа № 3

### ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ИЗДЕЛИЯ, ЕЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

**Цель работы:** изучить основные показатели технологичности изделий, научиться рассчитывать показатели технологичности конструкций изделий.

### Сведения из теории

Под **технологичностью конструкции изделия** (ГОСТ 14.205-83) понимается совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и



ремонте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения при обеспечении установленных значений показателей качества и принятых условий изготовления, эксплуатации и ремонта. К условиям изготовления или ремонта изделия относятся: тип производства, его специализация и организация, годовая программа и повторяемость выпуска, а также применяемые технологические процессы.

Стандарты ЕСТПП предусматривают обязательную отработку изделия на технологичность на всех стадиях ее создания с целью повышения производительности труда, снижения затрат и времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт при обеспечении необходимого качества изделий.

Количественная оценка технологичности изделия строится на системе показателей, которая включает базовые показатели технологичности, достигнутые при разработке изделия и внесенные в стандарты или ТУ.

Различают производственную и эксплуатационную технологичность. Первая проявляется в сокращении затрат при подготовке и изготовлении изделий, вторая – в сокращении затрат на обслуживание и ремонт. При отработке изделия на технологичность для условий производства необходимо учитывать: объемы выпуска и уровень специализации рабочих мест; виды заготовок и методы их получения; виды и методы обработки, виды и методы сборки, монтажа, настройки, контроля и испытаний; возможность использования типовых технологических процессов, имеющегося технологического оборудования и оснастки; возможность механизации и автоматизации процессов изготовления и технологической подготовки производства; условия материально-технического обеспечения; квалификационный уровень рабочих.

При рассмотрении изделия как объекта эксплуатации анализируются условия работы с аппаратурой, удобства обслуживания, ремонта, требования техники безопасности, возможности хранения и транспортировки.

## **Методика решения**

### **Показатели технологичности конструкции изделий**

Показатели технологичности конструкции характеризуют степень использования в конкретном изделии стандартизированных сборочных единиц, блоков и других составных элементов, а также уровень унификации составных частей изделия (стандартизированные, унифицированные, оригинальные). Эти показатели позволяют определить степень конструктивного единообразия изделия. Они свидетельствуют о

возможности применения минимально необходимого количества типоразмеров составных частей изделия в целях повышения качества продукции и эффективности производства.

К *стандартизированным* относятся составные части изделия, выпускаемые по международным, государственным и отраслевым стандартам.

К *унифицированным* относятся составные части изделия, которые:

- изготавливаются по стандартам предприятия, являющегося головным в отрасли и используются не менее чем в двух типоразмерах или видах изделия, которые выпускаются данным или смежным предприятием;

- предприятие получает в готовом виде как комплектующие составные части, находящиеся в серийном производстве;

- ранее спроектированы как оригинальные для конкретного вида изделия и применены не менее чем в двух типоразмерах или видах изделий.

К *оригинальным* относятся составные части, разработанные только для данного изделия.

К основным параметрам технологичности конструкции изделия относятся следующие:

1 *Коэффициент унификации конструкции изделия* – показывает долю унифицированных частей, используемых в конструкции конкретного изделия,

$$K_y = \frac{E_y - D_y}{E - D}, \quad (1)$$

где  $E_y$  – количество унифицированных сборочных единиц в изделии;  $D_y$  – количество унифицированных деталей, являющихся составными частями изделия и не вошедших в  $E_y$  (стандартные крепежные детали не учитываются);  $E$  – количество сборочных единиц в изделии;  $D$  – общее количество деталей в изделии без учета стандартного крепежа.

Отдельно рассчитываются коэффициенты унификации для сборочных единиц и деталей.

2 *Коэффициент унификации сборочных единиц*

$$K_{ye} = \frac{E_y}{E}. \quad (2)$$

3 *Коэффициент унификации деталей*

$$K_{yd} = \frac{D_y}{D}. \quad (3)$$

4 Коэффициент стандартизации изделия – показывает долю стандартных частей, используемых в конструкции конкретного изделия,

$$K_{ст} = \frac{E_{ст} - D_{ст}}{E - D}, \quad (4)$$

где  $E_{ст}$  – количество стандартных сборочных единиц в изделии;  $D_{ст}$  – количество стандартных деталей, являющихся составными частями изделия и не входящих в  $E_{ст}$  (стандартные крепежные детали не учитываются).

Отдельно рассчитываются коэффициенты стандартизации для сборочных единиц и деталей.

5 Коэффициент стандартизации сборочных единиц

$$K_{сте} = \frac{E_{ст}}{E}. \quad (5)$$

6 Коэффициент стандартизации деталей

$$K_{стд} = \frac{D_{ст}}{D}. \quad (6)$$

7 Коэффициент контролепригодности изделия – показывает, для какой доли от составных частей конкретного изделия может быть выполнен контроль качества

$$K_k = \frac{H_{кп} + H_{тк} - 1}{H_{кп} H_{тк}}, \quad (7)$$

где  $H_{кп}$  – количество контролируемых параметров в изделии;  $H_{тк}$  – количество точек контроля в изделии.

### **Показатели технологичности изготовления изделий**

Показатели технологичности изготовления изделий характеризуют эффективность конструктивно-технологических решений для обеспечения высокой производительности труда при изготовлении и ремонте изделий. Различные вопросы технологичности изготовления отражены в действующих государственных стандартах и других нормативно-методических документах.

К основным показателям технологичности изготовления относят следующие:

1 *Трудоемкость изготовления изделия* определяется суммарной трудоемкостью технологических процессов изготовления продукции (для промышленной продукции выражается в нормо-часах)

$$T = \sum_{i=1}^n T_i, \quad (8)$$

где  $T_i$  – трудоемкость изготовления, сборки, монтажа, настройки, контроля и испытаний  $i$ -й составной части изделия, нормо-ч.

2 *Технологическая себестоимость изделия* определяется суммой затрат на изготовление единицы продукции (без учета покупных изделий)

$$C_T = C_M + C_3 + C_{ин} + C_0, \quad (9)$$

где  $C_M$  – расходы на сырье и материалы (без стоимости отходов), руб.;  $C_3$  – основная заработная плата производственных рабочих с начислениями, руб.;  $C_{ин}$  – расходы на износ инструмента и приспособлений целевого назначения, руб.,  $C_0$  – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.

3 *Коэффициент применения типовых технологических процессов* показывает долю типовых операций в технологическом процессе изготовления изделия:

$$K_{ТП} = \frac{T_{ТП}}{T}, \quad (10)$$

где  $T_{ТП}$  – трудоемкость операций, выполняемых по типовым технологическим процессам.

4 *Коэффициент автоматизации и механизации технологических процессов* показывает долю операций в технологическом процессе, которые выполняются с помощью средств механизации и автоматизации,

$$K_{ам} = \frac{T_{ам}}{T}, \quad (11)$$

где  $T_{ам}$  – трудоемкость операций, выполняемых с помощью средств механизации и автоматизации.

5 *Коэффициент автоматизации и механизации технологических процессов контроля* показывает долю измерительных операций в общем процессе, которые выполняются автоматизированным либо механизированным путем,

$$K_{мак} = \frac{T_{мак}}{T_K}, \quad (12)$$

где  $T_{\text{мак}}$  – трудоемкость операций контроля, выполняемых с помощью средств автоматизации и механизации;  $T_{\text{к}}$  – общая трудоемкость контроля изделий.

6 *Относительная трудоемкость сборочно-монтажных работ при изготовлении изделия* показывает долю трудозатрат в производственном процессе, приходящуюся на сборочно-монтажные работы,

$$T_{\text{осми}} = \frac{T_{\text{сми}}}{T}, \quad (13)$$

где  $T_{\text{сми}}$  – трудоемкость операций сборочно-монтажных работ.

7 *Относительная трудоемкость настроечно-регулирующих работ при изготовлении изделия* показывает долю трудозатрат в производственном процессе, приходящуюся на настройку и регулировку готового изделия,

$$T_{\text{онри}} = \frac{T_{\text{нри}}}{T}, \quad (14)$$

где  $T_{\text{нри}}$  – трудоемкость настроечно-регулирующих работ.

8 *Коэффициент использования материала* отражает степень использования материала заготовки:

$$K_{\text{имд}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{зд}}}, \quad (15)$$

где  $M_{\text{д}}$  – масса детали;  $M_{\text{зд}}$  – масса заготовки детали.

### Пример расчета

Требуется рассчитать показатели технологичности изделия, характеризующие конструкцию изделия и технологию изготовления. Требуемые для расчетов характеристики изделия приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – **Параметры изделия**

Показатель	Величина
Количество унифицированных сборных единиц $E_{\text{у}}$	27
Количество унифицированных деталей, являющихся составными частями изделия $D_{\text{у}}$	5
Количество сборочных единиц в изделии $E$	72
Общее количество сборочных единиц в изделии без учета стандартного крепежа $D$	45
Количество стандартных сборочных единиц $E_{\text{ст}}$	22
Число стандартных изделий, являющихся составными частями	3

изделия $D_{ст}$	
Количество контролируемых параметров в изделии $N_{кп}$	7
Количество точек контроля в изделии $N_{тк}$	3
Расходы на сырье и материалы $C_m$ , у.д.е.	8000
Основная заработная плата рабочих $C_з$ , у.д.е.	152
Расходы на износ инструмента и приспособлений $C_{ин}$ , у.д.е.	120
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования $C_o$ , у.д.е.	20
Трудоемкость изготовления составной части изделия $T_i$ , нормо-ч	25
Количество составных частей изделия $N$	10

*Продолжение таблицы 1*

Показатель	Величина
Трудоёмкость операций, выполняемых по типовым технологическим нормам, $T_{тн}$ , мин	50
Трудоёмкость операций, выполняемых с помощью средств автоматизации, $T_{ам}$ , мин	20
Трудоёмкость операций контроля, выполняемых с помощью средств автоматизации, $T_{мак}$ , мин	32
Общая трудоёмкость контроля параметров изделия $T_{к}$ , мин	40
Трудоёмкость операций сборочно-монтажных работ $T_{сми}$ , мин	12
Общая трудоёмкость изготовления $T_{и}$ , мин	20
Трудоёмкость настроечно-регулирующих работ $T_{при}$ , мин	2
Масса заготовки детали $M_{зд}$ , кг	0,5
Масса детали $M_{д}$ , кг	0,4

Произведем расчет.

*Показатели технологичности конструкции изделий*

1 Коэффициент унификации конструкции изделия по формуле (1)

$$K_y = \frac{27 - 5}{72 - 45} = 0,815 .$$

2 Коэффициент унификации сборочных единиц по формуле (2)

$$K_{ye} = \frac{27}{72} = 0,375 .$$

3 Коэффициент унификации деталей по формуле (3)

$$K_{уд} = \frac{5}{45} = 0,11 .$$

4 Коэффициент стандартизации изделия по формуле (4)

$$K_{ст} = \frac{22 - 3}{72 - 45} = 0,7 .$$

5 Коэффициент стандартизации сборочных единиц по формуле (5)

$$K_{сте} = \frac{22}{72} = 0,306 .$$

6 Коэффициент стандартизации деталей по формуле (6)

$$K_{стд} = \frac{3}{45} = 0,067 .$$

7 Коэффициент контролепригодности изделия по формуле (7)

$$K_k = \frac{7+3-1}{7 \cdot 3} = 0,429 .$$

*Показатели технологичности изготовления изделий*

1 Трудоемкость изготовления изделия по формуле (8)

$$T = 25 \cdot 10 = 250 \text{ нормо-ч.}$$

2 Технологическая себестоимость изделия по формуле (9)

$$C_T = 8000 + 152 + 120 + 20 = 8192 \text{ у.д.е.}$$

3 Коэффициент применения типовых технологических процессов по формуле (10)

$$K_{\text{ТП}} = \frac{50}{250} = 0,2 .$$

4 Коэффициент автоматизации и механизации технологических процессов по формуле (11)

$$K_{\text{ам}} = \frac{20}{250} = 0,08 .$$

5 Коэффициент автоматизации и механизации технологических процессов контроля по формуле (12)

$$K_{\text{мак}} = \frac{32}{40} = 0,8 .$$

6 Относительная трудоемкость сборочно-монтажных работ при изготовлении изделия по формуле (13)

$$T_{\text{осми}} = \frac{12}{20} = 0,6 .$$

7 Относительная трудоемкость настроечно-регулирующих работ при изготовлении изделия по формуле (14)

$$T_{\text{онри}} = \frac{2}{20} = 0,1 .$$

8 Коэффициент использования материала детали по формуле (15)

$$K_{\text{имд}} = \frac{0,4}{0,5} = 0,8 .$$



### Контрольные вопросы

- 1 Что понимается под термином «технологичность конструкции»?
- 2 Какие виды показателей технологичности вы знаете?
- 3 Какие части изделия называются стандартизированными, унифицированными, оригинальными? Приведите примеры.
- 4 Назовите основные параметры технологичности конструкции изделия.
- 5 Назовите основные параметры технологичности изготовления изделия.

### Лабораторная работа № 4

#### ОЦЕНКА ВАЖНОСТИ КАЧЕСТВЕННЫХ СВОЙСТВ ПРОДУКЦИИ

**Цель работы:** ознакомиться с методикой составления полного перечня характеристик. Научиться определять важность качественных характеристик вариантов сопоставляемой продукции методом экспертного оценивания.

#### Сведения из теории

Одним из возможных способов составления перечня характеристик является сбор и обработка мнений экспертов. При этом каждому эксперту предлагается составить список характеристик (свойств, показателей), по которым следует осуществлять выбор наиболее приемлемого варианта продукции (технологии и т. п.). Списки, представленные разными экспертами, объединяются. Объединенный список подвергается анализу, при котором выявляются отношения между каждой парой элементов списка:

*тождественность* – обладание первым свойством означает обладание и вторым, и наоборот. Например, свойства «дизайн изделия» и «эстетичность» являются тождественными;

*подчиненность* – второе свойство подчинено первому, если обладание первым свойством означает и обладание вторым, но не наоборот. Например, свойство «ремонтпригодность» подчинено свойству «надежность», так как «ремонтпригодность» является одной из составляющих понятия «надежность»;

*независимость* – обладание одним свойством никак не отражается на степени обладания другим. Например, независимы свойства «транспортабельность» и «технологичность» и т. д.

Окончательный перечень характеристик определяется исключением одного из каждой пары тождественных свойств; при наличии множества свойств, подчиненных одному (первому), из списка удаляются первое

свойство либо множество подчиненных ему свойств. В результате реализации этой процедуры в списке характеристик остаётся только множество независимых свойств вариантов выбора.

### Методика решения

Для оценки важности характеристик в данной работе используется метод *экспертного оценивания*. При этом группе, состоящей из  $m$  экспертов, предлагается проранжировать по степени важности  $n$  характеристик (свойств, показателей) сопоставляемых объектов (технологий). Каждый эксперт, действуя независимо от других, должен приписать ранг 1 наиболее важному свойству, ранг 2 – следующему и т. д. Допускается приписывание двум или более свойствам одного и того же ранга (*совпадающие* ранги).

По результатам экспертного опроса составляется итоговая таблица. Ее вид представлен в таблице 1. Через  $x_{ij}$  обозначен ранг (целое число от 1 до  $n$ ), присвоенный  $i$ -м экспертом  $j$ -му свойству.

Т а б л и ц а 1 – Результаты экспертного опроса

Эксперты	Характеристики и ранги, присваиваемые свойствам			
	1	2	...	$n$
1	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1n}$
2	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2n}$
...	...	...	...	...
$m$	$x_{m1}$	$x_{m2}$	...	$x_{mn}$
$x_j = \sum_{i=1}^m x_{ij}$	$x_1$	$x_2$	...	$x_n$
$d_j^2 = (x_j - \frac{m(n+1)}{2})^2$	$d_1^2$	$d_2^2$	...	$d_n^2$

Дальнейшая обработка результатов опроса с целью получения оценок коэффициентов важности свойств включает в себя:

– *приведение ранжировок экспертов к нормализованному виду* (в случае совпадающих рангов). При этом свойствам, имеющим в ранжировке какого-либо эксперта одинаковые ранги, приписывается ранг, равный среднему значению номеров мест, занимаемых этими свойствами в ранжировке. Например, ранжировка: 2; 1; 2; 3; 4 ( $n = 5$ ) преобразуется в 2,3; 1; 2,3; 4; 5. Сумма рангов  $j$ -го свойства после нормализации ранжировки

$$\sum_{j=1}^n j = \frac{1}{2} n(n+1); \quad (1)$$

– вычисление суммарных рангов (после нормализации):

$$x_j = \sum_{i=1}^m x_{ij}; \quad (2)$$

– вычисление коэффициента согласия  $k_0$  (конкордации), характеризующего степень согласованности экспертов:

$$k_0 = \frac{S}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - \frac{1}{12} m \sum_{i=1}^m T_i}. \quad (3)$$

В выражении (3)

$$S = \sum_{j=1}^n d_j^2 = \sum_{j=1}^n \left( x_j - \frac{m(n+1)}{2} \right)^2. \quad (4)$$

$S$  приобретает наибольшее значение, когда ранжировки всех экспертов одинаковы, и значение, близкое к нулю, когда одинаковы суммарные ранги свойств (т. е. эксперты ставят ранги случайно). Знаменатель выражения (3) – это максимальное значение  $S$ , имеющее место при совпадении ранжировок. Таким образом, коэффициент  $k_0$  принимает значение от 0 до 1.

В знаменателе выражения (3) вычитаемое – это поправка к максимальному значению  $S$ , введение которой необходимо при наличии совпадающих рангов:

$$T_i = \sum_{\mu=1}^n (t_{\mu i}^3 - t_{\mu i}), \quad (5)$$

где  $t_{\mu i}$  – число повторений  $\mu$ -го ранга ранжировки  $i$ -го эксперта;

– проверка значимости коэффициента конкордации, т. е. гипотезы о том, что эксперты проставляют свои ранги случайным образом и, следовательно, нет никакой согласованности в их мнениях, состоит в том, что при случайном присвоении рангов коэффициент конкордации

принимает случайные значения, причем закон распределения ( $S$  или какой-либо иной, связанной с этими величинами статистики) может быть найден при всяких  $n$  и  $m$  в результате перебора всех возможных и равновероятных результатов ранжирования (если не допускать совпадения рангов в ранжировках каждого эксперта, то число равновероятных вариантов результатов опроса составит  $(n!)^m$ ).

При различных сочетаниях  $m$  и  $n$  существуют способы проверки значимости согласия. В частности, при больших  $n$  и  $m$  ( $n > 20$  и  $m \geq 13$ ) статистика

$$X = m(n-1)k_0 \quad (6)$$

имеет распределение, близкое к  $\chi^2$  с числом степеней свободы  $\nu = n - 1$ .

Для проверки значимости коэффициента конкордации необходимо:

– рассчитать значение статистики  $X$ ;

– задаться уровнем значимости  $\alpha$ ;

– в таблице  $\chi^2$ -распределения найти квантиль  $\chi^2_{1-\alpha;\nu}$  порядка  $1-\alpha$  при  $\nu = n - 1$  степенях свободы;

– сопоставить полученное значение статистики  $X$  и  $\chi^2_{1-\alpha;\nu}$ ; если  $X > \chi^2_{1-\alpha;\nu}$ , то гипотеза о случайной простановке рангов отклоняется, и коэффициент конкордации считается значимым. Если же коэффициент конкордации оказывается незначимым, то следует вернуться к организации опроса экспертов: изменить их состав, использовать процедуру с заочным обменом мнений (метод ДЕЛЬФЫ) и т. д.

*Коэффициенты важности* свойств можно вычислить различными способами. Наиболее простые из них основаны на том, что о важности свойств содержится информация в суммарных рангах  $x_i$ . Чем выше важность свойства, тем большее число экспертов будут ставить его на первые места в ранжировках, влияя тем самым на суммарный ранг.

Коэффициент важности

$$\beta_j = \frac{m(n+1) - x_j}{0,5mn(n+1)}, \quad (7)$$

где  $j = 1, 2, \dots, n$ ;  $x_i$  – суммарный ранг  $j$ -го свойства (см. формулу (2)); знаменатель – сумма суммарных рангов (сумма всех элементов таблицы ранжировок).

Коэффициент  $\beta_j$  меняется от 0 до 1, большие значения свидетельствуют о большей важности свойства.

## Пример расчета

Для вагоноремонтного депо необходимо приобрести сверлильный станок. Сверлильный станок характеризуется следующими шестью свойствами: производительностью, ремонтопригодностью, эргономичностью, технологичностью, габаритными размерами, затратами на приобретение и эксплуатацию.

Для определения коэффициентов важности перечисленных шести свойств ( $n = 6$ ) экспертам было предложено проранжировать свойства по их важности при выборе сверлильного станка. Ранжировки экспертов  $m = 13$  приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Таблица ранжировок свойств аппаратуры

Эксперты $i$	Свойства аппаратуры $j$					
	1	2	3	4	5	6
1	1	4	3	2	6	5
2	1	4	3	2	6	5
3	2	1	3	4	5	6
4	2	4	5	1	6	3
5	4	3	5	2	6	1
6	4	2	3	1	6	5
7	5	4	6	1	3	2
8	6	5	3	1	4	2
9	6	5	4	2	3	1
10	1	3	4	2	6	5
11	1	4	3	2	5	6
12	4	1	3	2	6	5
13	4	3	5	1	6	2
$x_j = \sum_{i=1}^m x_{ij}$	41	43	50	23	68	48
$d_j^2 = (x_j - 45,5)^2$	20,25	6,25	20,25	506,25	506,25	6,25

Приведение ранжировок к нормализованному виду в данном случае не требуется, так как совпадающих рангов ни в одной ранжировке нет.

Суммарные ранги (см. формулу (2)) приведены в таблице 2.

На основании данных таблицы 2

$$S = \sum_{j=1}^n d_j^2 = 1065,5.$$

Коэффициент конкордации (все  $T_i = 0$  ввиду отсутствия совпадающих рангов)

$$k_0 = \frac{S}{\frac{1}{12}m^2(n^3 - n)} = \frac{1065,5}{\frac{1}{12} \cdot 169 \cdot (6^3 - 6)} \approx 0,36.$$

Значимость коэффициента конкордации проверяют приближенно, пользуясь статистикой  $X$  (см. выражение (6)):

$$X = m(n-1)k_0 = 13 \cdot 5 \cdot 0,36 = 23,4.$$

Примем  $\alpha = 1$ . Из таблицы  $\chi^2$ -распределения [6] определяют при  $\nu = n-1 = 5$ :

$$\chi_{1-\alpha; \nu}^2 = \chi_{0,95; 5}^2 = 11,07.$$

Так как  $X = 23,4 > \chi_{0,95; 5}^2 = 11,07$ , то коэффициент конкордации следует считать значимым.

Коэффициенты важности определяются по формуле (7):

$$\beta_1 = \frac{m(n+1) - x_1}{0,5mn(n+1)} = \frac{13 \cdot 7 - 41}{0,5 \cdot 13 \cdot 6 \cdot 7} = 0,184;$$

$$\beta_2 = \frac{m(n+1) - x_2}{0,5mn(n+1)} = \frac{13 \cdot 7 - 43}{0,5 \cdot 13 \cdot 6 \cdot 7} = 0,176;$$

$$\beta_3 = \frac{m(n+1) - x_3}{0,5mn(n+1)} = \frac{13 \cdot 7 - 50}{0,5 \cdot 13 \cdot 6 \cdot 7} = 0,15;$$

$$\beta_4 = \frac{m(n+1) - x_4}{0,5mn(n+1)} = \frac{13 \cdot 7 - 23}{0,5 \cdot 13 \cdot 6 \cdot 7} = 0,25;$$

$$\beta_5 = \frac{m(n+1) - x_5}{0,5mn(n+1)} = \frac{13 \cdot 7 - 68}{0,5 \cdot 13 \cdot 6 \cdot 7} = 0,08;$$

$$\beta_6 = \frac{m(n+1) - x_1}{0,5mn(n+1)} = \frac{13 \cdot 7 - 48}{0,5 \cdot 13 \cdot 6 \cdot 7} = 0,16.$$

На основании полученных коэффициентов можно сделать вывод, что наиболее значимым является четвертое свойство (технологичность) сверлильного станка. За ним в порядке убывания важности следуют первое, второе, шестое, третье и пятое свойства. Методика выбора варианта продукции на основании полученных коэффициентов важности приведена во второй работе.

### Контрольные вопросы

1 Дайте определение понятиям тождественности, подчиненности и независимости.

2 В чем заключается метод экспертного оценивания?

3 В чем заключается смысл коэффициента конкордации? Каким образом осуществляется проверка значимости коэффициента конкордации?

4 Приведите в общем виде таблицу ранжировок.

## Лабораторная работа № 5

### ВЫБОР ВАРИАНТА ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВАНИИ ВАЖНОСТИ СВОЙСТВ

**Цель работы:** изучить методику выбора вариантов продукции. При помощи коэффициентов предпочтительности научиться выбирать оптимальное решение.

#### Сведения из теории

*Выбор* – это почти всегда компромисс между противоречивыми требованиями, стремлением к высоким качественным свойствам продукции и низкой стоимостью.

Классически задача выбора лучшего варианта закупаемой продукции (технологии) формулируется следующим образом. Имеется  $N$  вариантов решения, каждый из которых может быть оценен по  $k$  различным характеристикам. Все варианты приемлемы, т. е. среди них отсутствуют такие, которые могли бы быть исключены из рассмотрения по ограничениям, жестко накладываемым на какие-либо показатели. Например, если имеются ограничения на стоимость, не соответствующие этому условию варианты исключаются из дальнейшего рассмотрения. Из  $N$  вариантов надо выбрать лучший по совокупности характеристик.

Для обоснования выбора лучшего варианта может быть использована процедура, основанная на экспертных оценках и включающая следующие действия:

*составление полного перечня характеристик (свойств, показателей), по которым следует производить выбор;*

*оценку важности каждой характеристики на основе процедур экспертного оценивания;*

*оценку степени обладания каждым вариантом продукции, представленным для выбора, каждым из рассматриваемых свойств;*

*оценку коэффициентов важности (предпочтительности) каждого варианта и выявления варианта с наибольшим значением коэффициента важности.*

## Методика решения

Эта задача может быть решена таким же способом, как и оценка важности свойств (работа № 4) с применением ранжирования вариантов решения по каждой характеристике, обработки ранжировок экспертов, вычисления коэффициентов важности вариантов. При этом коэффициенты важности находятся по каждой характеристике, т. е. процедура осуществляется столько раз, сколько свойств выбрано для принятого решения.

Иногда для оценки вариантов технологий по каждой характеристике используется следующая шкала оценок: *отлично, очень хорошо, хорошо, приемлемо, слабо, неприемлемо*. Наименованиям этой шкалы для использования в процедуре выбора необходимо ставить в соответствие некоторые значения, например, оценке «отлично» может соответствовать 1, «очень хорошо» – 0,75, «хорошо» – 0,625, «приемлемо» – 0,5, «слабо» – 0,25, «неприемлемо» – 0. Пусть имеется  $n$  свойств (характеристик) вариантов и значения  $\beta_j, j = 1, 2, \dots, n$  коэффициентов важности свойств.

Выбор осуществляется из  $N$  вариантов, для каждого  $\mu$ -го из которых имеется оценка степени обладания  $j$ -м свойством (важности  $\mu$ -го варианта по  $j$ -му свойству). Тогда можно рассчитать коэффициент предпочтительности  $\gamma_{\mu}$  (важности)  $\mu$ -го варианта по формуле

$$\gamma_{\mu} = \sum_{j=1}^n \beta_j \gamma_{j\mu}; \mu = 1, \dots, N. \quad (1)$$

Наиболее предпочтителен вариант с наибольшим значением  $\gamma_{\mu}$ .

### Пример расчета

Рассмотрим пример выбора сверлильного станка для вагоноремонтного депо по совокупности 6 характеристик, выбранных в предыдущей работе. Выбор наилучшего варианта представлен в виде таблицы 1. В ней указаны коэффициенты важности характеристик  $\beta_j, j = 1, 2, \dots, 6$  и оценки трех ( $N = 3$ ) станков по каждой характеристике (отлично – 1, очень хорошо – 0,75, хорошо – 0,625, приемлемо – 0,5, слабо – 0,25). Сумма коэффициентов важности по всем выбранным характеристикам должна составлять 1.

Т а б л и ц а 1 – Выбор сверлильного станка

Характеристика сверлильного станка	Коэффициент важности характеристик	Вариант		
		1	2	3
Производительность	0,184	0,625	0,625	1,000
Ремонтопригодность	0,176	0,625	0,500	0,500
Эргономичность	0,150	0,250	0,625	1,000



Технологичность	0,250	1,000	0,750	1,000
Габаритные размеры	0,080	0,625	0,750	0,750
Стоимостные параметры	0,160	0,750	0,625	1,000
Коэффициент предпочтительности (важности)	$\gamma_{\mu}$	0,6825	0,6443	0,892

Проводя расчеты  $\gamma_{\mu}$ ,  $\mu = 1, 2, 3$ , по формуле (1), получим:

$$\gamma_1 = 0,184 \cdot 0,625 + 0,176 \cdot 0,625 + 0,15 \cdot 0,25 + 0,25 \cdot 1 + 0,08 \cdot 0,625 + 0,16 \cdot 0,75 = 0,6825;$$

$$\gamma_2 = 0,184 \cdot 0,625 + 0,176 \cdot 0,5 + 0,15 \cdot 0,625 + 0,25 \cdot 0,75 + 0,08 \cdot 0,75 + 0,16 \cdot 0,625 = 0,6443;$$

$$\gamma_3 = 0,184 \cdot 1 + 0,176 \cdot 0,5 + 0,15 \cdot 1 + 0,25 \cdot 1 + 0,08 \cdot 0,75 + 0,16 \cdot 1 = 0,892.$$

Таким образом, лучший вариант в данном случае – сверлильный станок под номером 3.

### Контрольные вопросы

1 В чем заключается задача выбора и какие ограничения при этом накладываются на возможные варианты?

2 Какие действия включает в себя обоснование выбора лучшего варианта?

3 Приведите в общем виде формулу расчета коэффициента предпочтительности.

## Лабораторная работа № 6

### ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ (НА ПРИМЕРЕ ВЫБОРА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК)

**Цель работы:** освоение методики сравнения вариантов получения отливок и выбора способа, обеспечивающего минимальную себестоимость изготовленных из них деталей.

### Сведения из теории

Литейное производство изготавливает достаточно большой ассортимент различных заготовок из черных и цветных металлов и сплавов. Характерной особенностью способа получения заготовок литьем является техническая и экономическая целесообразность его применения при индивидуальном, серийном и массовом производстве, причем масса отливок может лежать в широком диапазоне.

Сущность способа литья заготовок заключается в том, что приготовленный по специальной технологии расплав металла

определенного состава разливают в литейные формы, где он, застывая, приобретает соответствующие размеры и форму. В зависимости от вида литейной формы разливают литье в разовые и постоянные (многоразовые) формы. Наибольшее количество отливок (до 80 %) получают литьем в песчаные (земляно-песчаные) формы, так как этот метод является универсальным применительно к литейным материалам, типу производства, к массе и габаритам отливок. Этим способом отливают: станины и корпуса машин, шкивы, диски, кольца, секции отопительных радиаторов, головки и блоки цилиндров двигателей, люки и плиты, зубчатые колеса и т. д.

Многоразовые формы изготавливают из металлических сплавов (чугун, сталь, алюминиевые сплавы и т. д.), гипса, глины, графита, керамических и металлокерамических материалов, бетона. Метод литья в многоразовые формы не может быть применен в индивидуальном и мелкосерийном производстве, поскольку изготовление постоянной литейной формы – дорогостоящий процесс по сравнению с производством песчаной формы. Литье в металлические формы получило название *литье в кокиль*. Распространен метод литья в металлические формы под давлением, который позволяет получить отливки с более плотной структурой при минимальном количестве внутренних пустот.

При разработке и реализации технологического процесса литья важно получить плавку сплава нужного химического состава и качественное литье без внутренних и внешних дефектов. Вторая задача решается выбором соответствующей литейной формы и конструированием литниковой системы, которая обеспечивает качественное заполнение всех элементов формы и получение плотной структуры металла отливки.

При изготовлении литейной песчаной формы применяют металлические опоки, а также деревянные или металлические модели. Формовку осуществляют на специальных формовочных вибрационных машинах, которые уплотняют формовочную смесь вокруг модели и позволяют получить достаточную прочность ее сцепления со стенками опоки, представляющей собой ящик без дна. После уплотнения смеси опоку поднимают над плитой и моделью и совмещают со второй соответствующей опокой, оформляющей вторую половину отливки. В одной из опок формируют литник и литниковую систему, по которой расплавленный металл поступает в полость формы. При наличии в отливке внутренних полостей, например, в секции отопительного радиатора, в одну из опок устанавливают так называемые стержни, выполненные из специальной смеси, которая должна после затвердевания металла легко удаляться механическим разрушением.

Для массовой отливки мелких и средних заготовок применяют метод литья в оболочковые формы (литье по выплавляемым, растворяемым, замораживаемым моделям и т. п.), суть которого заключается в том, что модель изготавливается из легкоплавкого (технический воск) или

растворяемого материала. Эту модель путем погружения, например, в жидкостекольный раствор, покрывают топким слоем твердеющего при повышенной температуре специального состава. При затвердевании оболочки сама модель расплавляется и удаляется. Оболочки объединяются литниковой системой. Этот способ позволяет получить высококачественное и точное литье с низкой шероховатостью поверхности. Таким образом получают лопатки турбин, шестерни, детали машин и приборов.

Наиболее универсальным методом получения отливок является литье в земляные формы. Однако изготовление форм требует больших затрат времени и средств, кроме того, отливки в землю имеют сравнительно большие припуски на обработку и характеризуются низким коэффициентом качества.

Более производительным, точным и ресурсосберегающим методом является литье в облицованные и необлицованные кокили. Отливки из цветных металлов и сплавов изготавливают в необлицованных, а из черных металлов – предпочтительно в облицованных кокилях.

Выбор оптимального способа получения отливок, как и других видов заготовок, основывается на сравнении себестоимости изготовленных из них деталей. Предпочтение отдают способу, обеспечивающему минимальную себестоимость детали, а при равенстве себестоимостей – менее материалоемкому. Отливки из черных металлов, полученные литьем в кокили, требуют последующего отжига для ликвидации отбеленного слоя, что несколько повышает их стоимость. Однако более высокая точность, уменьшенные величины припусков, производительность процесса компенсируют указанный недостаток и обеспечивают их экономичность.

Технологическая себестоимость деталей

$$C_T = S_{\text{заг}} C_{\text{доп}}, \quad (1)$$

где  $S_{\text{заг}}$  – стоимость отливки, руб.;  $C_{\text{доп}}$  – коэффициент, учитывающий стоимость дополнительной механической обработки заготовки до уровня готовой детали.

Стоимость заготовки определяется по формуле

$$S_{\text{заг}} = (C_i Q K_T K_c K_B K_M K_P) - (Q - q) S_{\text{отх}}, \quad (2)$$

где  $C_i$  – базовая стоимость 1 кг заготовок, руб.;  $K_T, K_c, K_B, K_M, K_P$  – коэффициенты, зависящие соответственно от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок;  $Q$  – масса заготовки, кг;  $q$  – масса готовой детали, кг;  $S_{\text{отх}}$  – цена 1 кг отходов, руб.

Масса заготовки определяется по формуле:

$$Q = \frac{q}{K_{\text{и.м.}}}, \quad (3)$$

где  $K_{\text{и.м.}}$  – коэффициент использования материала.

Экономический эффект от применения выбранного метода получения отливки рассчитывается:

$$\mathcal{E}_Г = (C'_Г - C''_Г) N_Г, \quad (4)$$

где  $C'_Г, C''_Г$  – технологические себестоимости деталей по вариантам;  $N_Г$  – объем выпуска деталей, шт./год.

### Методика решения

Для определения стоимости заготовки рекомендуется использовать данные, приведенные ниже.

Базовая стоимость 1 кг отливок, полученных литьем в обычных земляных формах:  $C_i = 360$  руб. (отливки из серого чугуна марок СЧ10, СЧ15 и СЧ18 массой 1–3 кг, 11–13-го классов точности по ГОСТ 26645-85, 3-й группы сложности и 3-й группы серийности).

Коэффициент  $K_Г$  для отливок 6 – 8, 9Г – 11Г, 11–13-го классов точности принимается соответственно равным 1,1; 1,05 и 1,0. Для отливок из цветных металлов и сплавов  $K_Г = 1,0$ .

Коэффициент  $K_М$ , учитывающий марку материала отливки, для отливок из серого чугуна марок СЧ10, СЧ15 и СЧ18 равен 1,0, а для отливок из алюминиевых сплавов – 5,94.

В настоящей работе рассматривается литье в земляные формы 3-й группы сложности и 3-й группы серийности, для которых  $K_с = 1$  и  $K_п = 1,0$ . Значение коэффициента  $K_в$  определяется по таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициента массы заготовки  $K_в$

Масса $Q$ , кг	Литье в земляные формы		Литье в необлицованный кокиль		Литье в облицованный кокиль	
	чугунное	алюминиевое	чугунное	алюминиевое	чугунное	алюминиевое
0,4–1,0	1,1	1,05	1,08	1,02	1,07	–
1,0–4,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	–
4,0–10,0	0,91	0,96	0,9	0,99	0,93	–

10,0–25,0	0,84	0,92	0,84	0,98	0,88	–
-----------	------	------	------	------	------	---

Для отливок, полученных в необлицованном кокиле, за базу принята стоимость 1 кг  $C_i = 318$  руб. (отливки из чугуна марок СЧ10, СЧ15 и СЧ18 массой 1–4 кг 3-й группы сложности и 2-й группы серийности).

Коэффициент  $K_T$  в этом случае принимается равным 1,0. Для чугуна марок СЧ10, СЧ15, СЧ18  $K_M = 1,0$ , а для алюминиевых сплавов  $K_M = 4,23$ . В связи с тем, что в работе рассматриваются отливки 3-й группы сложности,  $K_C = 1,0$ .

Значение коэффициента  $K_{II}$  для отливок, полученных в необлицованных кокилях, определяется в два приема. Сначала по таблице 2 устанавливается группа серийности отливок и затем в зависимости от группы серийности определяется значение коэффициента  $K_{II}$ .

**Т а б л и ц а 2 – Группа серийности для отливок, получаемых в необлицованных и облицованных кокилях**

Масса отливок $Q$ , кг	Группа серийности		
	1	2	3
Количество отливок, тыс. шт.			
0,25–0,63	Св. 70,0	15–70	До 15,0
0,63–1,0	Св. 40,0	10–40	До 10,0
1,0–2,5	Св. 20	6–20	До 6,0
2,5–10,0	Св. 12	3–12	До 3,0
10,0–25,0	Св. 8,0	1,5–8	До 1,5

Для 1, 2 и 3-й групп серийности отливок, полученных в необлицованных кокилях, значения коэффициента соответственно принимаются 0,95; 0,1; 1,15.

Для отливок в облицованный кокиль за базу принята стоимость 1 кг  $C_i = 456$  руб. (отливки из чугуна марок СЧ10, СЧ15, СЧ18 массой 1–4 кг, 3-й группы сложности, 2-й группы серийности).

Для отливок из чугуна, рассматриваемых в данной работе, значения коэффициентов  $K_T, K_C, K_M$  принимаются равными 1,0.

Значение коэффициента  $K_B$  определяется по таблице 1, а группа серийности – по таблице 2.

Для 1, 2, 3-й групп серийности отливок, полученных в облицованный кокиль, коэффициент  $K_{II}$  соответственно равен 0,97; 1,0; 1,1.

Значение коэффициента  $C_{доп}$ , учитывающего стоимость дополнительной механической обработки заготовки до уровня готовой детали, для отливок, полученных в земляных формах, колеблется в пределах 1,5–1,8, а для отливок

в кокили – от 1,3 до 1,6 .

Оптовые заготовительные цены стружки  $S_{отх}$  : чугуной – принимается 24,8 рублей за 1 кг, алюминиевой – 270 рублей за 1 кг.

### Пример расчета

Требуется по сравниваемым вариантам получения заготовок рассчитать стоимость заготовок и технологическую себестоимость деталей по различным методам литья. На основании полученных данных рассчитать годовой экономический эффект от применения более экономичного технологического процесса. Исходные данные для проведения расчетов приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Исходные данные

Материал отливки	Масса детали $Q$ , кг	$N_r$	Метод литья	$K_{им}$	Точность отливки	$C_{доп}$
СЧ18	10,0	7600	З	0,65	11 кл.	1,69
			К.О	0,85	IT 15	1,48
<i>Примечание</i> – $N_r$ – объем выпуска, шт./год; ; З, К, К.О – литье соответственно в земляные формы, необлицованные и облицованные кокили; $K_{им}$ – коэффициент использования материала; $C_{доп}$ – коэффициент, учитывающий стоимость дополнительной механической обработки заготовки до уровня готовой детали.						

1 Согласно формуле (3) определим массу заготовки по каждому из вариантов:

$$Q^3 = \frac{10}{0,65} = 15,38; \quad Q^{к.о} = \frac{10}{0,85} = 11,76.$$

2 Определяем стоимость заготовки (формула (2)):

$$S_{заг}^3 = (360 \cdot 15,38 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1) - (15,38 - 10) \cdot 24,8 = 4982,6 \text{ руб.}$$

$$S_{заг}^{к.о} = (456 \cdot 11,76 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 1 \cdot 1) - (11,76 - 10) \cdot 24,8 = 4675,4 \text{ руб.}$$

3 Рассчитываем технологическую стоимость деталей (формула (1)):

$$C_T^3 = 4982,6 \cdot 1,69 = 8420,6 \text{ руб.}$$

$$C_T^{к.о} = 4675,4 \cdot 1,48 = 6919,6 \text{ руб.}$$

На основании расчетов можно сделать вывод, что при данной годовой программе выпуска деталей более эффективным будет получение отливок с использованием облицованного кокиля.

Годовой экономический эффект от применения данного способа

получения отливок (формула (4)):

$$\mathcal{E}_r = (8420,6 - 6919,6) \cdot 7600 = 11407600 \text{ руб.}$$

### Контрольные вопросы

- 1 Перечислите достоинства и недостатки литья в земляные формы и в кокили.
- 2 Напишите расчетную формулу для определения стоимости заготовки.
- 3 Напишите расчетную зависимость для определения технологической себестоимости детали в настоящей работе.
- 4 Как определить массу заготовки, если известна масса детали?
- 5 Что вы понимаете под коэффициентом использования материала?
- 6 Как определяется годовой экономический эффект от применения более экономичного технологического процесса?
- 7 Что понимают под термином "коэффициент, учитывающий дополнительную механическую обработку заготовки"?
- 8 Какой способ получения заготовки обеспечивает меньшую технологическую себестоимость детали?

### Лабораторная работа № 7

## ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ПО МИНИМАЛЬНОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ

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

### Сведения из теории

Процесс обработки материалов резанием получил большое распространение во всех отраслях производства для формоизменения и придания соответствующих размеров заготовкам из различных материалов: дерева, природного камня, металлов и сплавов, пластмасс, стекла, керамических материалов. Сущность процесса заключается в том, что с помощью режущего инструмента с заготовки удаляют в определенных местах так называемый припуск, последовательно приближая ее форму и размеры к требуемым, превращая ее в готовое изделие. Обработку резанием можно производить вручную и с помощью станков. При ручной обработке в качестве инструмента используют зубчатую пилу (ножовку), стамеску и долото, топор, рубанок и фуганок, резец, сверло, рашпиль и напильник, зубило, надфиль, метчик и плашку, абразивный брусок или наждачную

бумагу; при станочной обработке – резец, фрезу, ножовку, ленточную или дисковую зубчатую пилу, сверло, протяжку и долбяк, метчик и плашку, абразивный круг и др.

Преимуществом обработки материалов резанием является возможность получения геометрической формы точных размеров с низкой шероховатостью поверхности при различном типе производства. Резанием обрабатывают различные материалы, свойства которых лежат в широком диапазоне: это пластичные и хрупкие материалы, металлические и неметаллические, природные и искусственные, твердые и мягкие. В подавляющем большинстве случаев, чтобы обеспечить требуемую точность размеров и формы, расположения поверхностей детали, необходимо на заключительной стадии изготовления деталей применять обработку резанием. Выполненные при обработке размеры, форма и расположение поверхностей и их шероховатость определяют фактические зазоры и натяги в соединениях деталей машин и механизмов, влияющие на их качество, технические и экономические показатели продукции.

Для нормирования точности изготовления изделий установлены степени точности – квалитеты. **Квалитет** – это совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для номинальных размеров.

**Номинальный размер** – размер, который служит началом отсчета отклонения и относительно определяет предельные допустимые размеры (наибольший и наименьший). **Допуск** – это разница между наибольшим и наименьшим предельными размерами. На чертеже детали указывают номинальный размер и отклонения (верхнее и нижнее).

Для измерения и контроля размеров применяют мерительный инструмент и приборы. Простейшими и наиболее часто применяемыми инструментами являются: линейка, угломер, штангенциркуль, микрометр, глубиномер, нутромер, предназначенный для измерения внутренних размеров.

**Шероховатость поверхности** – это совокупность неровностей, образующих рельеф поверхности детали или заготовки, рассматриваемый в пределах базовой длины. Для численного определения величины шероховатости поверхности используют базовую линию, которая представляет собой среднюю линию профиля неровностей, относительно которой рассматривают и измеряют высоту выступов и глубину впадин. Для характеристики шероховатости часто используют параметр  $R_a$  – среднее арифметическое отклонение профиля в пределах базовой длины. Величина  $R_a$  может быть в пределах от 0,008 до 100 мкм; наименьшее значение шероховатости можно получить при полировке, наибольшее – при строгании. При измерении шероховатости грубо обработанных поверхностей применяют параметр  $R_z$  – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти



наибольших впадин профиля в пределах базовой длины. Величина Rz может лежать в пределах от 0,025 до 1600 мкм.

Параметры шероховатости поверхности измеряют контактными методами с помощью шуповых приборов (профилографы, профилометры), приборов светового сечения, теневого сечения, растровых микроскопов, микроинтерферометров.

Наибольшее распространение получили следующие способы обработки материалов резанием: точение и растачивание, фрезерование, сверление, строгание, шлифование, протягивание, нарезка внутренней и внешней резьбы, полирование. Для выполнения рабочих операций обработки резанием применяют универсальное (токарный, фрезерный или сверлильный станок), специализированное (долбежный станок) и специальное (резьбошлифовальный или зубофрезерный станок) оборудование.

Для изготовления металлоизделий резанием чаще всего используются штучные заготовки, которые получают в заготовительных цехах (литейных, кузнечных, штамповочных), или разделением сортовых профилей. На автоматах используют многоштучные заготовки в виде прутков, труб, бухты проволоки, которые подаются на рабочее место в состоянии поставки из металлургического предприятия. Часто обработка резанием деталей машин протекает в два этапа: обработка до операций металлоупрочнения (закалка, улучшение, хромирование) и абразивная обработка, с помощью которой достигают требуемой точности размеров и шероховатости поверхности.

Качество и производительность обработки материалов резанием во многом зависят от применяемого инструмента, материала конструкции режущей кромки резца, фрезы, сверла. Известно, что наивысшее качество обработки поверхностей обеспечивают твердосплавные, керамические и алмазные инструменты.

### **Методика расчета**

При организации процесса обработки деталей с заданными параметрами точности часто встает вопрос выбора наиболее выгодного варианта обработки. Наиболее выгодным признается тот вариант обработки, у которого величина приведенных затрат на единицу продукции будет минимальной. Для выявления его необходимо определить приведенные часовые затраты на рассматриваемых рабочих местах.

Часовые приведенные затраты  $C_{п.з}$  включают: текущие затраты по наиболее часто изменяющимся статьям (заработную плату операторам и наладчикам, расходы по содержанию и эксплуатации машин, а также приведенные к текущим затратам и часу работы капитальные вложения,

относящиеся к данному рабочему месту, в оборудование и здание):

$$C_{п.з} = \frac{C_3}{M} + C_{ч.з} + E_n(K_c + K_3), \quad (1)$$

где  $C_3$  – основная и дополнительная заработная плата с начислениями на социальное страхование и приработок, руб./ч;  $M$  – количество обслуживаемых одним рабочим станков, шт.;  $C_{ч.з}$  – практические часовые затраты по эксплуатации рабочего места, руб./ч;  $E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений ( $E_n = 0,15$ );  $K_c$  – удельные капитальные вложения в станок, руб./ч;  $K_3$  – удельные капитальные вложения в здание, руб./ч.

Основная и дополнительная заработная плата с начислениями и приработком определяется по формуле

$$C_3 = 2,66C_{т.ф}K, \quad (2)$$

где 2,66 – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, начисления на социальное страхование и приработок;  $C_{т.ф}$  – часовая тарифная ставка сдельщика-станочника соответствующего разряда, руб./ч;  $K$  – коэффициент, учитывающий зарплату наладчика.

Практические часовые затраты по эксплуатации рабочего места можно рассчитать по формуле

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^{б.м} K_m, \quad (3)$$

где  $C_{ч.з}^{б.м}$  – практические часовые затраты на базовом рабочем месте, руб./ч;  $K_m$  – коэффициент, показывающий, во сколько раз затраты, связанные с работой данного станка, больше затрат на базовом рабочем месте.

Удельные часовые капитальные вложения в станок и здание для серийного производства соответственно определяются:

$$K_c = \frac{\Pi}{\Phi_d \eta_3}; \quad (4)$$

$$K_3 = \frac{F \cdot 250000}{\Phi_d \eta_3}; \quad (5)$$

где  $\Pi$  – первоначальная балансовая стоимость станка, руб.;  $\Phi_d$  – действительный фонд времени работы станка, ч;  $\eta_3$  – коэффициент загрузки станка;  $F$  – производственная площадь, занимаемая станком с учетом проходов, м<sup>2</sup>; 250000 – средняя стоимость здания, приходящаяся на

1 м<sup>2</sup> производственной площади, руб.

Первоначальная балансовая стоимость станка

$$Ц = P \cdot 1,1, \quad (6)$$

где  $P$  – оптовая цена станка по прейскуранту, руб.; 1,1 – коэффициент, учитывающий затраты на транспортирование станка и его монтаж.

Производственная площадь с учетом проходов

$$F = fK_f, \quad (7)$$

где  $f$  – площадь станка в плане, м<sup>2</sup>;  $K_f$  – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь на проходы, проезды.

Технологическая себестоимость операции механической обработки по приведенным затратам рассчитывается по формуле

$$C_0 = \frac{C_{п.з} T_{шт.(шт-к)}}{60}, \quad (8)$$

где  $T_{шт.(шт-к)}$  – штучное или штучно-калькуляционное время на выполнение операции, мин; 60 – коэффициент для перевода стоимости станко-часа в станко-минуты.

Величина приведенной годовой экономии от применения более экономичного варианта обработки определяется, руб.:

$$\mathcal{E}_r = (C'_0 - C''_0)N, \quad (9)$$

где  $C'_0, C''_0$  – технологические себестоимости сравниваемых вариантов операций, руб.;  $N$  – годовая программа, шт.

Часовые тарифные ставки рабочих-станочников в рублях приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Часовые тарифные ставки рабочих

Тарифные разряды	1	2	3	4	5	6
Тарифные коэффициенты	1,0	1,6	2,0	2,15	2,49	2,89
Часовая тарифная ставка $C_{т.ф}$	299	478	598	658	747	867

В серийном производстве наладка станка осуществляется самим оператором и коэффициент, учитывающий зарплату наладчика, принимается  $K = 1$ . Количество станков, обслуживаемых одним рабочим, в данной лабораторной работе  $M = 1$ .

Практические часовые затраты на базовом рабочем месте для

крупносерийного производства равны 44,6 руб./ч.

Основные сведения о металлорежущих станках и значения коэффициентов  $K_m$  приведены в таблице 2.

Коэффициент загрузки станков рекомендуется принимать для крупносерийного производства равным 0,8, а действительный годовой фонд времени  $F_d = 4015$  ч.

Производственная площадь, занимаемая станком, с учетом проходов не может быть меньше 6 м<sup>2</sup>. Поэтому если произведение  $F = fK_f$  окажется меньше этого значения, то производственную площадь принимают равной 6 м<sup>2</sup>.

Площадь станка в плане определяется умножением габаритных размеров станка  $B \times H$ , м<sup>2</sup>. Значения коэффициента  $K_f$  в зависимости от величины площади станка в плане принимаются по таблице 3.

Т а б л и ц а 2 – Оптовые цены, габариты и значения коэффициента  $K_m$  металлорежущих станков

Наименование станка	Модель	Оптовая цена $P$ , тыс. руб.	Габариты, $B \times H$ , мм	$K_m$
Вертикально-сверлильный	2Н135	1500	1240 × 810	0,9
Бесцентрово-шлифовальный	3М184	11000	3500 × 2200	3,3
Горизонтально-протяжной	7Б55	11150	6000 × 1430	3,0
Внутришлифовальный	3К227В	15950	2300 × 1280	2,2
Вертикально-фрезерный	6Р10	2800	1720 × 1750	1,2
Вертикально-фрезерный	6Р11	2600	2100 × 1780	0,9
Вертикально-протяжной	7Б74	9000	2210 × 1435	2,5
Поперечно-строгальный	7Е35	3100	2470 × 1260	0,9
Плоскошлифовальный	3Г71М	2250	2500 × 1590	1,6
Плоскошлифовальный с круглым столом	3Д756	15000	2770 × 2305	2,3
Круглошлифовальный	3М151	13000	3100 × 2100	2,7
Токарно-винторезный высокой точности	16К04В	4000	2522 × 1166	1,2

Т а б л и ц а 3 – Значения коэффициента  $K_f$

Площадь станка в плане, м <sup>2</sup>	До 2	2–4	4–6	6–10	10–20	Св.20
$K_f$	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5

При анализе себестоимости сравниваемых операций для наглядности, рекомендуется построить в одинаковом масштабе соответствующие диаграммы.

Структурные элементы технологической себестоимости для каждого

варианта определяются по формулам:

1 Доля зарплаты в технологической себестоимости операции, руб.,

$$C_{з_д} = \frac{C_з T_{шт-к}}{M \cdot 60} . \quad (10)$$

2 Доля затрат по эксплуатации рабочего места, руб.,

$$C_{ч.з_д} = \frac{C_{ч.з} T_{шт-к}}{60} . \quad (11)$$

3 Доля удельных капитальных вложений в станки, руб.,

$$K_{C_д} = \frac{E_n K_c T_{шт-к}}{60} . \quad (12)$$

4 Доля удельных капитальных вложений в здание, руб.,

$$K_{з_д} = \frac{E_n K_з T_{шт-к}}{60} . \quad (13)$$

По результатам расчетов делаются выводы о рациональности применения того или иного способа обработки детали.

### Пример расчета

Требуется выбрать наиболее рациональный вариант механической обработки цилиндрической поверхности втулки (рисунок 1).

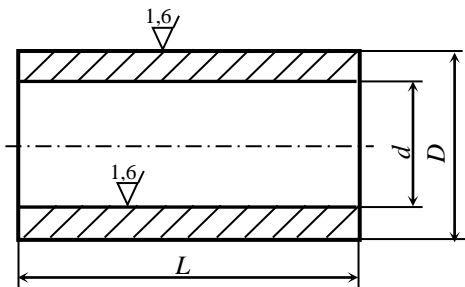


Рисунок 1 – Эскиз втулки

Варианты обработки поверхности приведены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4 – Варианты обработки цилиндрической поверхности втулки

Размеры		Вариант	Метод обработки и модель станка	Разряд	$T_{шт.(шт-к)}$ , мин
$d(D)$	$L$				
$50^{+0,039}$	40	1	Тонкое растачивание на станке 16К04В	3	1,86

	2	Шлифование на станке 3К227В	3	4,6
--	---	-----------------------------	---	-----

В качестве исходных данных принимается: материал втулки – сталь 40, 250 НВ, производство крупносерийное, объем выпуска – 20000 шт./год.

Произведем выбор варианта обработки в следующем порядке:

1 По формуле (2) определяется заработная плата по сравниваемым вариантам операций. Часовые тарифные ставки для расчетов принимаются на основании таблицы 1:

$$C_3^{\text{раст}} = 598 \cdot 2,66 \cdot 1 = 1590,7 \text{ руб./ч.},$$

$$C_3^{\text{шлиф}} = 598 \cdot 2,66 \cdot 1 = 1590,7 \text{ руб./ч.}$$

2 По формуле (3) определяем часовые затраты по эксплуатации рабочих мест. Значения коэффициента  $K_m$  принимаются на основании таблицы 2:

$$C_{\text{ч.з}}^{\text{раст}} = 44,6 \cdot 1,2 = 53,5 \text{ руб./ч.},$$

$$C_{\text{ч.з}}^{\text{шлиф}} = 44,6 \cdot 2,2 = 98,1 \text{ руб./ч.}$$

3 По формулам (6) и (4) определяем удельные капитальные вложения в станки. Стоимость станков принимается на основании таблицы 2:

$$Ц^{\text{раст}} = 4000 \cdot 1,1 = 4400 \text{ тыс. руб.},$$

$$Ц^{\text{шлиф}} = 15950 \cdot 1,1 = 17545 \text{ тыс. руб.}$$

$$K_c^{\text{раст}} = \frac{4400}{4015 \cdot 0,8} = 1,37 \text{ тыс. руб./ч.},$$

$$K_c^{\text{шлиф}} = \frac{17545}{4015 \cdot 0,8} = 5,462 \text{ тыс. руб./ч.}$$

4 Удельные капитальные вложения в здание определяются по формулам (5) и (7). Габаритные размеры станков принимаются на основании таблицы 2. Значения коэффициента, учитывающего дополнительную площадь на проходы и проезды приведены в таблице 3:

$$F^{\text{раст}} = 2,522 \cdot 1,166 \cdot 3,5 = 10,3 \text{ м}^2,$$

$$F^{\text{шлиф}} = 2,300 \cdot 1,280 \cdot 3,5 = 10,3 \text{ м}^2.$$

$$K_3^{\text{раст}} = \frac{10,3 \cdot 250000}{4015 \cdot 0,8} = 801,8 \text{ руб./ч.},$$

$$K_3^{\text{шлиф}} = \frac{10,3 \cdot 250000}{4015 \cdot 0,8} = 801,8 \text{ руб./ч.},$$

5 По формуле (1) определяем часовые приведенные затраты по вариантам операций:

$$C_{п.з}^{\text{раст}} = \frac{1590,7}{1} + 53,5 + 0,15 \cdot (1370 + 801,8) = 1970 \text{ руб./ч.}$$

$$C_{п.з}^{\text{шлиф}} = \frac{1590,7}{1} + 98,1 + 0,15 \cdot (5462 + 801,8) = 2628 \text{ руб./ч.}$$

6 Определяем технологическую себестоимость вариантов операций (формула (8)):

$$C_o^{\text{раст}} = \frac{1970 \cdot 1,86}{60} = 61,07 \text{ руб.},$$

$$C_o^{\text{шлиф}} = \frac{2628 \cdot 4,6}{60} = 201,48 \text{ руб.}$$

На основании выполненных расчетов можно сделать вывод, что более рациональным вариантом обработки цилиндрической поверхности втулки является тонкое растачивание.

7 Определим годовой экономический эффект от применения более экономичного варианта операции (формула (9)):

$$\mathcal{E}_r = (201,48 - 61,07) \cdot 20000 = 2808200 \text{ руб.}$$

8 Для наглядности по формулам (10)–(13) определим величины структурных элементов технологической себестоимости сравниваемых операций.

Доля зарплаты в технологической себестоимости операции, руб.:

$$C_{з.д}^{\text{раст}} = \frac{1590,7 \cdot 1,86}{1 \cdot 60} = 49,29 ;$$

$$C_{з.д}^{\text{шлиф}} = \frac{1590,7 \cdot 4,6}{1 \cdot 60} = 121,95 .$$

Доля затрат по эксплуатации рабочего места, руб.:

$$C_{ч.з.д}^{\text{раст}} = \frac{53,5 \cdot 1,86}{60} = 1,66 ;$$

$$C_{ч.з.д}^{\text{шлиф}} = \frac{98,1 \cdot 4,6}{60} = 7,52 .$$

Доля удельных капитальных вложений в станки, руб.:

$$K_{C.д}^{\text{раст}} = \frac{0,15 \cdot 1370 \cdot 1,86}{60} = 6,37 ;$$

$$K_{C_{д}}^{\text{шлиф}} = \frac{0,15 \cdot 5462 \cdot 4,6}{60} = 62,81 .$$

Доля удельных капитальных вложений в здание, руб.:

$$K_{з_{д}} = \frac{0,15 \cdot 801,8 \cdot 1,86}{60} = 3,72 ;$$

$$K_{з_{д}} = \frac{0,15 \cdot 801,8 \cdot 4,6}{60} = 9,21 .$$

Построим диаграммы себестоимости и структурных элементов (рисунок 2). Анализ диаграммы показывает, что по всем структурным элементам себестоимости обработка цилиндрической поверхности втулки методом растачивания более рациональна. При этом наибольшая доля затрат в себестоимости обработки приходится на заработную плату рабочих.

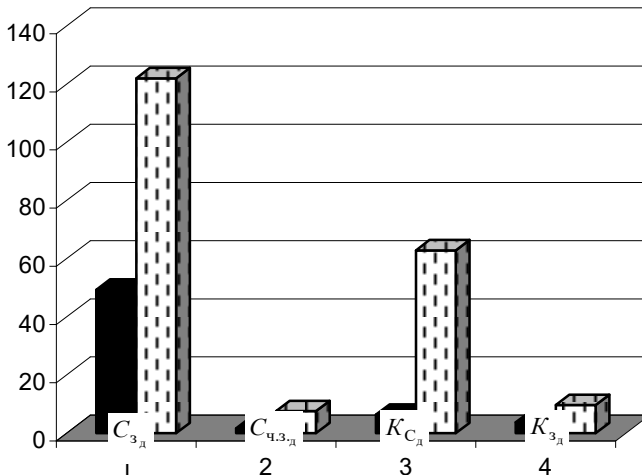


Рисунок 2 – Диаграмма структурных элементов себестоимости обработки детали

### Контрольные вопросы

- 1 Из каких структурных элементов состоят приведенные часовые затраты?
- 2 Как определяется зарплата с начислениями?
- 3 Как определяются часовые затраты по эксплуатации рабочего места?
- 4 Как определяются удельные капитальные вложения в станки?
- 5 Как определяются удельные капитальные вложения в здание?
- 6 Как определяется технологическая себестоимость операции?



- 7 Как определяется годовой экономический эффект?
- 8 Как определяется производственная площадь, занимаемая станком?
- 9 Как определяется балансовая стоимость станка?

## Лабораторная работа № 8

### РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Цель работы:** изучить методы снижения расхода электроэнергии при обработке деталей на станках и методику выполнения соответствующих расчетов.

#### Сведения из теории

Экономический эффект от оптимальных технологических режимов, повышения загрузки оборудования, повышения его производительности может измеряться десятками процентов экономии электроэнергии.

Внедрение скоростных методов обработки (скоростного фрезерования, сверления, шлифования) снижает расходы электроэнергии на 25–30 %. Замена строгания фрезерованием снижает расход электроэнергии на 40 %.

Уменьшение припусков на заготовках (точное литье, литье по выплавляемым моделям и т.д.) снижает расход электроэнергии на 50 %.

Высадка и электровысадка деталей вместо их обработки на металлорежущих станках дают до 50 % экономии электроэнергии при одновременном сокращении отходов металла до 40 % и повышении производительности труда.

Замена подшипников скольжения на подшипники качения сокращает расход электроэнергии до 12 %.

Своевременная смазка оборудования и замена смазывающей жидкости дают экономию электроэнергии до 10 %.

Своевременная замена инструментов дает экономию электроэнергии до 30 %.

Увеличение средней загрузки оборудования снижает удельные расходы электроэнергии. При уменьшении загрузки снижается КПД электродвигателя и оборудования.

Для определения экономии энергии при увеличении загрузки машины вводится понятие удельного расхода энергии на данной машине. Этот расход равен количеству энергии, потребляемому двигателем из сети  $\mathcal{E}_c$ , отнесенному к киловатт-часу полезной работы при данном технологическом

режиме.

Применение ограничителей холостого хода на станках, имеющих межоперационное время (время холостого хода) 10 с и более, также приводит к экономии электроэнергии.

Когда межоперационное время менее 10 с, вопрос об эффективности ограничителей холостого хода необходимо решать путем расчета.

Если средняя нагрузка электродвигателя составляет менее 45 % номинальной мощности, то замена его менее мощным электродвигателем всегда целесообразна и проверка расчетами не требуется.

При нагрузке электродвигателя более 70 % номинальной мощности можно считать, что замена его нецелесообразна.

### Методика расчета

При нагрузке электродвигателя в пределах 45–70 % номинальной мощности целесообразность его замены должна быть подтверждена уменьшением суммарных потерь активной мощности в электрической системе и электродвигателе.

Эти суммарные потери активной мощности могут быть определены по формуле

$$\Delta P_{\text{сумм}} = [Q_x(1 - K_n) + K_n Q_n] K_\rho + \Delta P_x + K_n \Delta P_{\text{а.н}}, \quad (1)$$

где  $Q_x$  – реактивная мощность, потребляемая электродвигателем из сети при холостом ходе, квар,

$$Q_x = \sqrt{3} U_n I_x, \quad (2)$$

$I_x$  – ток холостого хода электродвигателя, А;  $U_n$  – номинальное напряжение электродвигателя, В;

$K_n$  – коэффициент нагрузки электродвигателя;

$$K_n = \frac{P}{P_n}, \quad (3)$$

$P$  – средняя нагрузка электродвигателя, кВт;  $P_n$  – номинальная мощность электродвигателя, кВт.

$Q_n$  – реактивная мощность электродвигателя при номинальной нагрузке, квар;

$$Q_n = \frac{P_n}{\eta_d} \operatorname{tg} \varphi_n, \quad (4)$$

$\eta_d$  – КПД электродвигателя при полной нагрузке;  $\operatorname{tg} \varphi_n$  – производная от

номинального коэффициента мощности электродвигателя;

$K_3$  – коэффициент повышения потерь;  $\Delta P_x$  – потери активной мощности при холостом ходе электродвигателя, кВт,

$$\Delta P_x = P_n \left( \frac{1 - \eta_d}{\eta_d} \right) \cdot \left( \frac{\gamma}{1 + \gamma} \right); \quad (5)$$

$\Delta P_{ан}$  – прирост потерь активной мощности в электродвигателе при нагрузке 100 %, кВт,

$$\Delta P_{ан} = P_n \left( \frac{1 - \eta_d}{\eta_d} \right) \cdot \left( \frac{1}{1 + \gamma} \right), \quad (6)$$

$\gamma$  – коэффициент, зависящий от конструкции электродвигателя и определяемый из выражения,

$$\gamma = \frac{\Delta P_x}{(1 - \eta_n) - \Delta P_x}, \quad (7)$$

$\Delta P_x$  – потери холостого хода в процентах активной мощности, потребляемой двигателем при 100%-ной нагрузке.

Мероприятия по замене электродвигателя оправданы при недостаточном использовании оборудования, однако в перспективе могут служить препятствием для полного использования оборудования при совершенствовании технологии.

### Пример расчета

Электродвигатель А92-2 пресса мощностью  $P_n = 125$  кВт работает с нагрузкой 70 кВт. Необходимо проверить эффективность его замены электродвигателем  $P_n = 75$  кВт. Коэффициент повышения потерь принимаем  $K_3 = 0,1$  кВт/квар.

Произведем расчет.

Параметры электродвигателя А92-2:  $P_n = 125$  кВт;  $U_n = 380$  В;  $\eta_d = 0,92$ ;  $\cos \phi_n = 0,92$ ;  $I_x = 71$  А;  $\Delta P_x = 4,4$  кВт.

По формуле (2) определяем реактивную мощность, потребляемую электродвигателем из сети при холостом ходе:

$$Q_x = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 71 \cdot 10^{-3} = 46,6 \text{ квар.}$$

По формуле (4) определим реактивную мощность электродвигателя при

номинальной нагрузке:

$$Q_n = \frac{125}{0,92} \cdot 0,426 = 58 \text{ квар.}$$

Рассчитаем коэффициент нагрузки электродвигателя (формула (3)):

$$K_n = \frac{70}{125} = 0,56.$$

Определим коэффициент, зависящий от конструкции (формула (7))

$$\gamma = \frac{4,4}{(100 - 92) - 4,4} = 1,22.$$

Прирост потерь активной мощности в электродвигателе при нагрузке 100 % определяется по формуле (6):

$$\Delta P_{a.n} = 125 \cdot \left( \frac{1-0,92}{0,92} \right) \cdot \left( \frac{1}{1+1,22} \right) = 4,9 \text{ кВт.}$$

Согласно формуле (1) суммарные потери активной мощности

$$\Delta P'_{\text{сумм}} = [46,6 \cdot (1-0,56) + 0,72 \cdot 58] \cdot 0,1 + 4,4 + 0,56 \cdot 4,9 = 13,36 \text{ кВт.}$$

Параметры электродвигателя А82-2:  $P_n = 75 \text{ кВт}$ ;  $U_n = 380 \text{ В}$ ;  $\eta_d = 0,91$ ;  $\cos\varphi_n = 0,92$ ;  $I_x = 42,6 \text{ А}$ ;  $\Delta P_x = 3,2 \text{ кВт}$ .

Порядок расчетов аналогичен приведенному выше:

$$Q_x = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 42,6 \cdot 10^{-3} = 27,9 \text{ квар;}$$

$$Q_n = \frac{75}{0,91} \cdot 0,426 = 35 \text{ квар;}$$

$$K_n = \frac{70}{75} = 0,93;$$

$$\gamma = \frac{3,2}{(100 - 91) - 3,2} = 0,57;$$

$$\Delta P_{a.n} = 75 \cdot \left( \frac{1-0,91}{0,91} \right) \cdot \left( \frac{1}{1+0,57} \right) = 4,36 \text{ кВт.}$$

$$\Delta P''_{\text{сумм}} = [27,9 \cdot (1-0,93) + 0,93 \cdot 35] \cdot 0,1 + 3,2 + 0,93 \cdot 4,36 = 10,4 \text{ кВт.}$$

В результате замены незагруженного электродвигателя получим снижение потерь активной мощности в двигателе и электрических сетях:

$$\Delta P = 13,36 - 10,4 = 2,96 \text{ кВт.}$$

На основании выполненных расчетов можно сделать вывод, что мероприятия по замене электрооборудования оправданы.

### Контрольные вопросы

- 1 Целесообразна ли замена электродвигателя при его нагрузке 70 % и более?
- 2 Как рассчитывается коэффициент нагрузки электродвигателя?
- 3 Что такое реактивная мощность?
- 4 В каких единицах измеряется реактивная мощность?
- 5 Как определить реактивную мощность электродвигателя при номинальной нагрузке?
- 6 Как определить потери активной мощности при холостом ходе электродвигателя?
- 7 Как определить приrost потерь активной мощности в электродвигателе при нагрузке 100 %?

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Геллер, Ю. А. *Материаловедение* / Ю. А. Геллер, А. Г. Рахштадт. – М.: Металлургия, 1984. – 383 с.
- 2 Ерофеев, А. А. *Информационные технологии на железнодорожном транспорте: пособие по выполнению практических работ.* / А. А. Ерофеев, В. Г. Кузнецов. – Гомель, 2003. – 83 с.
- 3 Зеньков, В. С. *Технология производства* / В. С. Зеньков. – Мн., 1996. – 126 с.
- 4 Кипарисов, С. С. *Порошковая металлургия* / С. С. Кипарисов, Г. А. Либенсон. – М.: Металлургия, 1980 г. – 496 с.
- 5 Комар, А. Г. *Строительные материалы и изделия* / А. Г. Комар. – М.: Высш. шк., 1985. – 345 с.
- 6 *Математическая статистика: лабораторный практикум* / Г. Ю. Мишин [и др.]; под ред. В. С. Серегиной. – Гомель, 2001. – 55 с.
- 7 *Основы технологии важнейших отраслей промышленности: учеб. пособие для вузов.* В 2 ч. / И. В. Ченцов [и др.]; под ред. И. В. Ченцова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Высш. шк., 1989. – 523 с.
- 8 *Основы химической технологии* / И. П. Мухленов [и др.]. – М.: Высш. шк., 1983. – 420 с.
- 9 *Производственные технологии (общие основы): учеб.-практ. пособие.* В 2 ч. / М. В. Самойлов. [и др.]. – Мн.: БГЭУ, 2003. – 96 с.
- 10 *Промышленная логистика* / под ред А. А. Колобова. – М.: МГТУ им. Баумана, 1997. – 204 с.
- 11 Сычев, Н. Г. *Производственные технологии: учеб. пособие* / Н. Г. Сычев. – Мн.: Равноденствие, 2004. – 153 с.
- 12 *Сборник практических работ по технологии машиностроения: учеб. пособие* / А. И. Медведев [и др.]; под ред. И.П. Филонова. – Мн.: БНТУ, 2003. – 486 с.

Учебное издание

*ЕРОФЕЕВ Александр Александрович*

**Производственные технологии (промышленные производства)**  
Лабораторный практикум

Редактор *М. П. Дежко*  
Технический редактор *В. Н. Кучерова*  
Корректор *Т. М. Ризевская*  
Компьютерный набор и верстка – *А. А. Ерофеев*

Подписано в печать 28.06.2006 г. Формат 60 × 84 1/16.  
Бумага газетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 3,02. Тираж 300 экз.  
Зак. № Изд. №.4243

Издатель и полиграфическое исполнение  
Белорусский государственный университет транспорта:  
ЛИ № 02330/0133394 от 19.07.2004 г.  
ЛП № 02330/0148780 от 30.04.2004 г.  
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.