

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Н. К. Толочко, Л. Е. Сергеев, А. В. Миранович

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по образованию в области сельского хозяйства в качестве
практикума для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности 1-74 06 07 Управление охраной
труда в сельском хозяйстве*

Под редакцией доктора физико-математических наук,
профессора Н. К. Толочко

Минск
БГАТУ
2011

УДК 631.3:621(07)
ББК 34я7
Т52

Рецензенты:
кафедра «Технология машиностроения» Белорусского национального
технического университета;
заместитель директора Физико-технического института НАН Беларуси,
доктор технических наук, профессор *А. П. Ласковнев*

Толочко, Н. К.
Т52 Основы технологии сельскохозяйственного машиностроения :
практикум / Н. К. Толочко, Л. Е. Сергеев, А. В. Миранович; под
ред. Н. К. Толочко. – Минск : БГАТУ, 2011. – 196 с.
ISBN 978-985-519-443-0.

Содержит методики выполнения лабораторных и практических работ по разде-
лам курса лекций «Основы технологии сельскохозяйственного машиностроения». Приведены варианты заданий, контрольные вопросы и формы отчетности, а также примеры выполнения заданий. Целью издания является практическое закрепление теоретического материала по основным темам и разделам курса. Практические знания, полученные студентами, будут предназначены для использования при выполнении инженерных работ разного уровня сложности.

УДК 631.3:621(07)
ББК 34я7

ISBN 978-985-519-443-0

© БГАТУ, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
Часть 1. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	5
Лабораторная работа 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.....	6
Лабораторная работа 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК.....	14
Лабораторная работа 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	21
Лабораторная работа 4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.....	31
Лабораторная работа 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ	99
Лабораторная работа 6. ДОСТИЖЕНИЕ ТОЧНОСТИ СБОРКИ МЕТОДАМИ ПОЛНОЙ И НЕПОЛНОЙ ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТИ.....	115
Лабораторная работа 7. СБОРКА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.....	128
Лабораторная работа 8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНЫХ АВТОМАТОВ	137
Часть 2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ	149
Практическая работа 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	150
Практическая работа 2. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО ПАРАМЕТРАМ ТОЧНОСТИ.....	166
Практическая работа 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ТРЕБУЕМОЕ КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ.....	177
ЛИТЕРАТУРА.....	191

ПРЕДИСЛОВИЕ

Технология сельскохозяйственного машиностроения является одним из направлений технологии машиностроения, изучающей закономерности процессов изготовления различных типов машин на конечных этапах их производства, т.е. при механической обработке и сборке.

Сельскохозяйственные машины работают в условиях значительных механических нагрузок и воздействий окружающей среды, что обуславливает особенности технологии сельскохозяйственного машиностроения, связанные с необходимостью обеспечения высоких эксплуатационных характеристик этих машин.

Широкое использование современных сельскохозяйственных машин, повышение эффективности их эксплуатации, технического обслуживания и ремонта требуют от инженеров АПК владения основами технологии сельскохозяйственного машиностроения как теоретическими, так и практическими.

Практикум по основам технологии сельскохозяйственного машиностроения охватывает основные тематические разделы одноименного лекционного курса, преподаваемого для студентов агроинженерных специальностей.

Практикум содержит методики выполнения лабораторных работ, а также практических работ, предназначенных для управляемой самостоятельной работы студентов.

Типовыми структурными составляющими представленных в практикуме описаний работ являются: основные положения (теоретические и технологические сведения, знание которых необходимо для выполнения работы), методические указания, порядок выполнения работы, содержание отчета, контрольные вопросы. Кроме того, приводятся необходимые для выполнения работ справочные данные.

Практические знания, полученные студентами при выполнении данных работ, могут быть использованы ими при курсовом и дипломном проектировании.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы – практическое освоение методики определения жесткости и податливости токарного станка путем обработки на нем деталей типа колец различного диаметра.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Студент должен знать:

- понятие точности механической обработки;
- виды погрешностей, входящих в состав суммарной погрешности механической обработки;
- понятие жесткости и податливости технологической системы и методы их определения;
- сущность статических и динамических методов определения жесткости и податливости токарного станка.

Студент должен уметь определять жесткость станка динамическим методом.

Необходимое оборудование и принадлежности:

- токарно-винторезный станок модели 16К20;
- оправка центровая $\varnothing 70$ мм, $l = 300$ мм;
- резец проходной 2100-0423 Т15К6 ГОСТ 18878-73;
- микрометры МК-50, МК-75, МК-100, МК-125, МК-150;
- комплект колец $\varnothing 160$ мм (5 шт.);
- микрокалькулятор.

1.1. Основные положения

Качество деталей машин, обеспечиваемое при механической обработке, определяется показателями точности и качества поверхностей. Точность деталей характеризуется точностью размеров, формы и взаимного расположения поверхностей; качество поверхностей – параметрами шероховатости и физико-механическими свойствами поверхностного слоя.

Часть 1

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Точность механической обработки зависит от большого числа факторов, так называемых первичных погрешностей. Характер и степень влияния этих факторов определяются методом обеспечения точности и видом обработки.

При механической обработке на предварительно настроенном станке суммарная погрешность в общем случае складывается из следующих основных первичных погрешностей:

$$\Delta = \Delta_y + \Delta_z + \Delta_n + \Delta_{и} + \Delta_r + \sum \Delta_{\phi}, \quad (1.1)$$

где Δ_y – погрешность размера, возникающая в результате упругого отжатия звеньев технологической системы вследствие неустойчивости сил резания;

Δ_z – погрешность размера, возникающая при установке заготовки;

Δ_n – погрешность размера, возникающая при настройке станка;

$\Delta_{и}$ – погрешность размера, вызываемая размерным износом режущего инструмента;

Δ_r – погрешность размера, вызываемая тепловыми деформациями технологической системы;

$\sum \Delta_{\phi}$ – суммарная погрешность формы обработанной поверхности.

Погрешность Δ_y представляет разность предельных значений упругого отжатия частей технологической системы **СПИД** (станок – приспособление – инструмент – деталь), что вызывается неустойчивостью факторов, влияющих на усилие резания. На точность обработки оказывают воздействие преимущественно те деформации технологической системы, которые изменяют расстояние между режущей кромкой инструмента и обрабатываемой поверхностью, т.е. деформации, направленные нормально к обрабатываемой поверхности.

Способность системы противостоять действию силы, вызывающей деформации, определяет ее **жесткость**.

Жесткостью технологической системы называется отношение радиальной силы резания P_y , направленной перпендикулярно обрабатываемой поверхности, к смещению y режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности заготовки в том же направлении.

$$j = P_y/y. \quad (1.2)$$

Для облегчения расчетов жесткости технологической системы введено понятие **податливости** W , т.е. величины обратной жесткости.

$$W = 1/j. \quad (1.3)$$

Жесткость имеет размерность Н/мм или Н/мкм, податливость – мм/Н, мкм/Н.

Жесткость станка можно определить **статическим методом** – нагружением узлов неработающего станка, и **динамическим (производственным) методом** – испытанием на жесткость работающего станка.

Статический метод заключается в постепенном нагружении узлов станка силами, соответствующими тем, которые возникают в процессе работы станка, с выполнением замеров деформации.

При применении производственного метода испытания на жесткость проводят в процессе обработки заготовки с разной глубиной резания и неизменными остальными параметрами режима резания. Обработку ведут на коротких участках, после чего измеряют высоту уступа на обработанной поверхности. Разница размеров уступов является следствием различного отжатия заготовки, обусловленного глубиной резания. Чем меньше отжатие детали, тем меньше погрешность и тем выше жесткость станка или жесткость технологической системы (деформацией заготовки при испытании пренебрегают).

Статическая податливость узлов и суммарная податливость станков приводятся в справочной литературе. Жесткость новых станков составляет 20–100 кН/мм, что соответствует податливости 0,05–0,01 мм/кН.

1.2. Методические указания

При определении податливости системы шпиндель – задняя бабка – суппорт токарного станка производственным методом производится точение комплекта колец различного диаметра, установленных на жесткой центральной оправке (рис. 1.1).

В работе используются кольца диаметром 80–160 мм и шириной 10–15 мм. Разница в диаметрах колец при выполнении одного опыта составляет 4–6 мм. Материал колец – стали марок Ст3, Ст4, Ст5 и стали 35, 40, 45. Кольца закрепляются на оправке с посадочным диаметром 60 мм и длиной 300 мм. Кольцо, обрабатываемое первым, должно иметь наименьший диаметр. Рекомендуется многократное использование одного комплекта колец путем их последовательной переточки на меньшие диаметры.

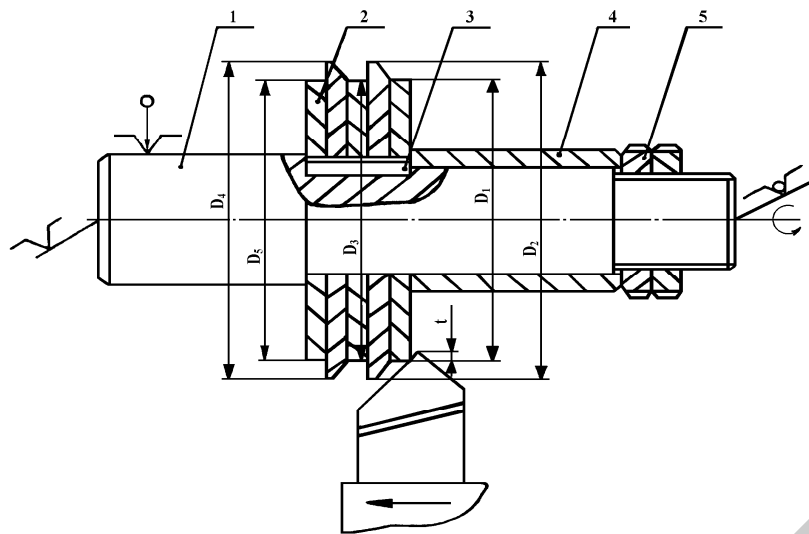


Рис. 1.1. Схема обработки при определении жесткости станка.
1 – оправка; 2 – комплект колец; 3 – шпонка; 4 – втулка; 5 – гайка

В задании указываются числовые значения исходных диаметров колец, например, $D_1 = 154,0$ мм; $D_2 = 159,0$ мм; $D_3 = 154,5$ мм; $D_4 = 160,0$ мм; $D_5 = 154,0$ мм.

Обработка комплекта колец производится за один проход установленной на размер инструмента. Глубина при обработке каждого кольца различна, поэтому изменяется усилие резания, а следовательно, и упругое отжатие при переходе от каждого обработанного кольца к следующему. Таким образом, диаметры колец после обработки несколько отличаются друг от друга. Производя измерения

диаметров колец до и после обработки, можно определить уточнение для каждой пары колец

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta_i}{\delta_i}, \quad (1.4)$$

где $\Delta_i = D_i - D_{i+1}$ – разность диаметров соседних колец;

$\delta_i = d_i - d_{i+1}$ – разность диаметров соседних колец после обточки;

i – порядковый номер кольца.

Затем определяется среднее значение уточнения

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad (1.5)$$

где n – число пар колец, используемых в опыте.

В случае обработки комплекта из пяти колец (рис. 1.1) $n = 4$.

Измерения диаметров колец до и после обработки производится микрометром. Результаты измерений заносятся в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Вычисление уточнения ε

Номер кольца	Диаметр кольца, мм				ε_i
	D_i	$\Delta_i = D_i - D_{i+1}$	d_i	$\delta_i = d_i - d_{i+1}$	
1					
2					
3					
4					
5					
Среднее значение уточнения ε					

Жесткость системы шпиндель – задняя бабка – суппорт токарного станка определяется по формуле

$$j = 10\lambda' \cdot C_p \cdot s^{0,75} \cdot \varepsilon \quad [\text{Н/мм}], \quad (1.6)$$

где λ' – коэффициент, характеризующий отношение P_y/P_z и зависящий от геометрии резца, состояния режущей кромки, режимов ре-

зания, механических свойств обрабатываемого материала и других факторов;

C_p – коэффициент, зависящий от механических свойств обрабатываемого материала и угла резания;

s – продольная подача, мм/об.

Податливость системы СПИД определяется по формуле

$$W = 1000/j \text{ [мкм/Н]}. \quad (1.7)$$

Чтобы определить коэффициент λ' , необходимо рассчитать P_y и P_z для принятых режимов резания, используя для этой цели эмпирические формулы. Некоторые значения коэффициента, рассчитанные таким путем, приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Значение коэффициента λ'

Скорость резания V , м/мин	Глубина резания t , мм	Подача s , мм/об			
		0,15	0,21	0,26	0,34
60	0,25	0,78	0,74	0,72	0,69
	0,50	0,73	0,69	0,67	0,64
	1,0	0,68	0,65	0,63	0,60
	1,5	0,65	0,62	0,60	0,58
	2,0	0,63	0,60	0,58	0,56
	3,0	0,61	0,58	0,56	0,54
80	4,0	0,59	0,56	0,54	0,52
	0,25	0,75	0,71	0,69	0,66
	0,50	0,75	0,71	0,69	0,61
	1,0	0,65	0,62	0,60	0,57
	1,5	0,62	0,59	0,57	0,55
	2,0	0,60	0,57	0,55	0,53
100	3,0	0,58	0,56	0,54	0,52
	4,0	0,57	0,54	0,52	0,50
	0,25	0,72	0,69	0,67	0,64
	0,50	0,68	0,64	0,62	0,59
	1,0	0,63	0,60	0,58	0,56
	1,5	0,60	0,57	0,56	0,54
	2,0	0,58	0,56	0,54	0,52
	3,0	0,57	0,54	0,52	0,50
	4,0	0,55	0,52	0,50	0,48

Значение коэффициента C_p с достаточной для практики точностью можно определить по таблице 1.3 в зависимости от предела прочности или твердости обрабатываемого материала.

Режимы резания выбираются с таким расчетом, чтобы после точения колец достигалась шероховатость поверхности Ra не более 8 мкм. Это необходимо для обеспечения точного измерения диаметров колец после обработки.

Таблица 1.3

Коэффициент C_p при обработке конструкционной стали

Предел прочности σ_B , МПа	Твердость		C_p
	HB	HRC	
350	103	–	144
450	133	–	155
550	163	–	165
650	190	–	180
750	220	–	193
850	250	–	205

Рекомендуемые режимы резания: $t = 0,2-0,3$ мм (на кольца с наименьшим диаметром); $s = 0,15-0,35$ мм/об; $V = 60-80$ м/мин.

1.3. Порядок выполнения работы

1. Осуществить наладку станка по заданной схеме: установить оправку с комплектом колец, проходной резец; установить режим резания.
2. Измерить диаметры колец микрометром. Данные измерений занести в табл. 1.1.
3. Проточить комплект колец за один проход с заданным режимом.
4. Измерить диаметры колец после проточки. Данные измерений занести в табл. 1.1.
5. Вычислить уточнение для каждой пары колец ϵ_i и среднее уточнение ϵ .
6. Вычислить жесткость и податливость станка.
7. Проанализировать полученные результаты.
8. Составить отчет.

1.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Основные положения.
3. Эскиз обработки.
4. Режимы обработки и исходные данные для расчета.
5. Результаты измерений и вычисление уточнения.
6. Расчет жесткости и податливости станка.
7. Выводы.

1.5. Контрольные вопросы

1. Что такое жесткость и податливость технологической системы?
2. В каких единицах измеряются жесткость и податливость?
3. В чем сущность динамического метода определения жесткости станка?
4. Что называется уточнением?
5. Как определить жесткость станка, зная уточнение?

Рекомендуемая литература [1–7].

Лабораторная работа 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК

Цель работы – практическое освоение методики определения влияния погрешности заготовки угла призмы на точность базирования при установке цилиндрической детали в призме и анализ путей уменьшения погрешностей.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Студент должен знать:

- виды баз и погрешностей заготовки;
- порядок выбора баз;
- факторы, влияющие на точность механической обработки;
- пути повышения точности механической обработки.

Студент должен уметь:

- рассчитывать погрешность базирования заготовок при их механической обработке;
- определять показания рассеяния;
- построить графики зависимости погрешности базирования от угла призмы по расчетным и экспериментальным данным.

Необходимое оборудование и принадлежности:

- контрольное индикаторное приспособление;
- базирующие элементы к приспособлениям (угольник, призма с углом 60° , призма с углом 90° , призма с углом 120°);
- индикатор с ценой деления $0,01$ мм ИЧ-2;
- микрометры МК-25, МК-50;
- эталон для настройки контрольного приспособления;
- комплект деталей для измерений (25 шт.);
- микрокалькулятор.

2.1. Основные положения

Базирование – придание заготовке, детали или сборочной единице требуемого положения относительно выбранной системы координат.

База – поверхность или сочетание поверхностей, линия (ось) или точка, принадлежащие изделию и используемые для базирования (рис. 2.2.1).

В процессе изготовления деталей необходимо учитывать различные технологические факторы погрешностей механической обработки. К ним, в частности, относятся **погрешности установки заготовок**, которые включают погрешности базирования и закрепления заготовок (т.е. отклонения положения изделия, фактически достигнутого при базировании и закреплении, от требуемого положения), а также погрешности, вызываемые неточностями приспособлений. Вследствие погрешностей базирования и закрепления заготовки ее положение изменяется, что вызывает отклонение величины выполняемого размера и взаимного положения обрабатываемых поверхностей.

Погрешности базирования обусловлены неточностями определения баз. Погрешности закрепления связаны с деформациями заготовки под действием усилия закрепления. Например, тонкостенное кольцо при закреплении в трехкулачковом патроне деформируется и утрачивает первоначальную круглую форму.

При установке цилиндрической детали в призме (рис. 2.1, 2.2) погрешность базирования при обработке партии деталей в размере h на настроенном станке определяется по следующей формуле:

$$\varepsilon_{\delta h} = \delta_D / \{2[1/\sin(\alpha/2)] - 1\}, \quad (2.1)$$

где δ_D – допуск на диаметр вала;

α – угол призмы.

Поле рассеяния выдерживаемого размера определяется суммой первичных погрешностей, присущих данному методу и условиям обработки при установке на плоскости (а) и (б)

$$\omega = \sum_{i=1}^n \Delta_i, \quad (2.2)$$

где Δ_i – первичные погрешности.

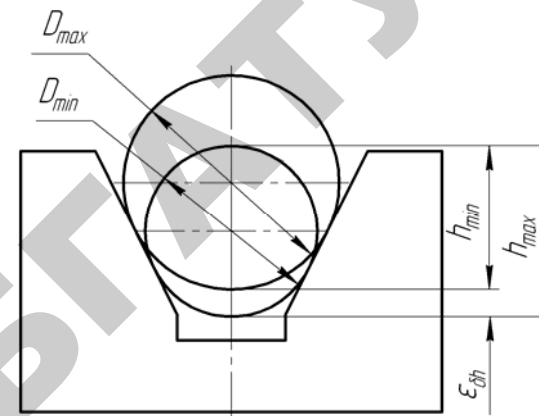


Рис. 2.1. Схема образования погрешности базирования

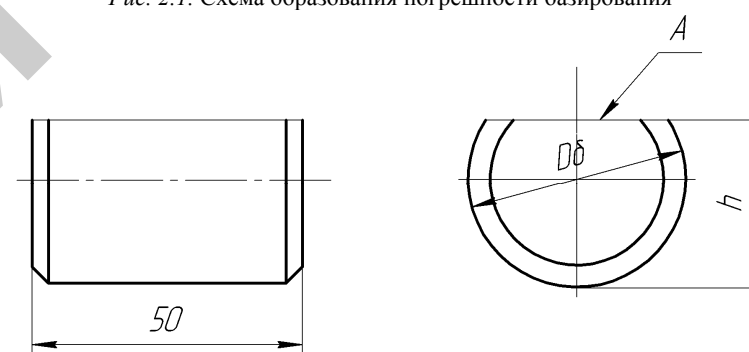


Рис. 2.2. Эскиз детали

Выделим из этой суммы погрешность базирования $\varepsilon_{\delta h}$ и запишем выражение поля рассеяния для нескольких партий деталей, обработанных на одном и том же станке при постоянных условиях обработки, но различных схемах базирования. Допуская, что сумма всех первичных погрешностей (за исключением погрешности базирования) для различных партий обработанных деталей одинакова, получим

$$\begin{aligned} \omega &= \sum_{i=1}^n \Delta_i + \varepsilon_{\delta 1}; \\ \omega &= \sum_{i=1}^n \Delta_i + \varepsilon_{\delta j}, \end{aligned} \quad (2.3)$$

где ω_1 и ω_j – поля рассеяния для первой и j -й схем базирования;

$\varepsilon_{\delta 1}$ и $\varepsilon_{\delta j}$ – погрешности базирования для первой и j -й схем базирования.

После почленного вычитания приведенных уравнений получим

$$\omega_j - \omega_1 = \varepsilon_{\delta j} - \varepsilon_{\delta 1}. \quad (2.4)$$

Если при установке по первой схеме совместить измерительную и технологическую базы, то погрешность базирования обратится в нуль, а полученное уравнение примет удобный для определения погрешности базирования вид

$$\varepsilon_{\delta j} = \omega_j - \omega_1. \quad (2.5)$$

2.2. Методические указания

Для проведения лабораторной работы используется заранее подготовленная партия цилиндрических деталей в количестве 25 штук (рис. 2.2). Рекомендуемые размеры деталей $D = 30 \dots 40$ мм с допуском $\delta_D = 0,17 \dots 0,34$ мм; $h = 25 \dots 35$ мм.

Обработка поверхности A в размер h (рис. 2.2) у данной партии деталей должна быть выполнена при постоянной настройке режущего инструмента. Необходимо, чтобы установка деталей для обработки производилась цилиндрической поверхностью на плоскость, что обеспечивает совмещение измерительной и технологической баз. Погрешность базирования при этом равна нулю.

Если у данной партии деталей произвести измерение отклонений положения поверхности A от некоторого номинального значения (определяемого настройкой индикатора по эталону) при установке на плоскость и в призму, то можно определить поля рассеяния ω_1 и ω_j , а затем по формуле (2.5) – погрешность базирования $\varepsilon_{\delta j}$ при установке деталей в призму. Измерение отклонений положения поверхности A производится при помощи индикаторных приспособлений. Схемы измерения приведены на рис. 2.3.

Настройка индикаторов на нулевые значения производится по эталону. Измерение диаметра деталей выполняется микрометром. Все измерения производятся с точностью до 0,01 мм. Результаты измерений заносятся в табл. 2.1.

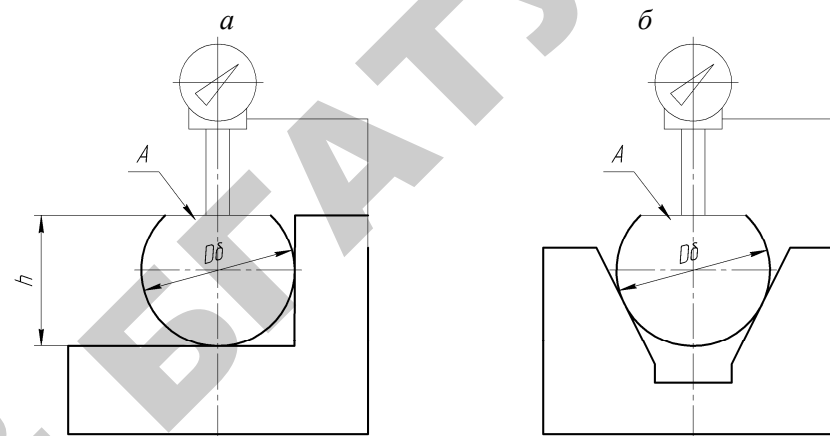


Рис. 2.3. Схема измерения отклонений положения поверхности A

Поля рассеяния определяются на основании результатов измерения параметров

$$\omega_j = X_{\max} - X_{\min}, \quad (2.6)$$

где X_{\max} , X_{\min} – наибольшее и наименьшее значения измеряемых параметров (D ; h).

Показатель рассеяния диаметра детали определяется по формуле

$$k_p = \omega_D / \delta_D, \quad (2.7)$$

где ω_D – поле рассеяния диаметра детали;

δ_D – допуск на диаметр детали.

Погрешность базирования расчетным путем определяется по формуле (2.1) на основании заданного допуска на диаметр детали и угла призмы.

Таблица 2.1

Результаты измерений размеров деталей

Номер детали	Отклонение диаметра от нормального значения	Отклонения положения поверхности A (мм) при базировании			
		на плоскость $\alpha = 180^\circ$	в призме $\alpha = 60^\circ$	в призме $\alpha = 90^\circ$	в призме $\alpha = 120^\circ$
1					
2					
...					
25					

2.3. Порядок выполнения работы

1. Определить погрешность базирования по размеру h при установке цилиндрической детали в призмах с углами 60° , 90° и 120° .

2. Произвести следующие измерения у 25-и пронумерованных деталей:

а) диаметр D ;

б) размер h при установке детали цилиндрической поверхностью на плоскость;

в) размер h при установке детали цилиндрической поверхностью в призмы с углами 60° , 90° и 120° . Результаты измерений занести в табл. 2.1.

3. Определить поля рассеяния размеров D и h для всех случаев измерений.

4. Определить показатель рассеяния диаметра детали.

5. На основе проведенных измерений определить погрешности базирования при установке деталей в призмы с углами 60° , 90° и 120° .

6. Построить графики зависимости погрешности базирования от угла призмы (60° , 90° , 120° и 180°) по расчетным и экспериментальным данным.

7. Составить отчет.

2.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Основные положения.
3. Эскиз детали с указанием заданных размеров.
4. Расчет погрешностей базирования при установке деталей в призму.
5. Схемы измерения отклонений положения поверхностей A при установке на плоскость и в призму.
6. Результаты измерений (табл. 2.1).
7. Расчет показателей рассеяния.
8. Определение погрешностей базирования по результатам измерений.
9. Графики зависимости потребностей базировании от угла призмы по расчетным и экспериментальным данным.
10. Выводы.

2.5. Контрольные вопросы

1. Из каких первичных погрешностей складывается погрешность установки?
2. В каких случаях погрешность базирования имеет численное значение, и когда она равна нулю?
3. От каких параметров зависит погрешность базирования при установке цилиндрической детали в призму?
4. Как определить показатель рассеяния?
5. Какие пути уменьшения погрешностей базирования известны?

Рекомендуемая литература [1; 2; 7–9].

ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Цель работы – приобретение практического опыта по техническому нормированию технологических операций обработки заготовок изделий на металлорежущих станках.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Студент должен знать:

- структуру технологической операции;
- типы машиностроительного производства;
- структуру нормы времени на обработку;
- последовательность расчета режимов резания;
- назначение, устройство, настройку основных типов металлорежущих станков.

Студент должен уметь:

- оформлять операционный эскиз на механическую обработку;
- определять режим резания и выбирать металлорежущий станок;
- определять расчетную длину обработки;
- определять норму времени на технологическую операцию;
- настраивать станок на режим обработки;
- хронометрировать технологическую операцию.

Необходимое оборудование и принадлежности:

- токарно-винторезный станок модели 16К20;
- вертикально-сверлильный станок модели 2Н135;
- горизонтально-фрезерный станок модели 6М83;
- резец проходной 2100-0423 Т15К6 ГОСТ 18878-93;
- сверло Ø 11 мм ГОСТ 2092-64;
- фреза цилиндрическая 2200-0193 Р9 Ø63 мм ГОСТ 3752-91;
- штангенциркуль;
- микрометр МК-50, нутромер, секундомер;
- микрокалькулятор.

3.1. Основные положения

3.1.1. Методы технического нормирования

Техническое нормирование – установление технически обоснованных норм (технических норм) расхода производственных ресурсов (энергии, сырья, материалов, инструмента, труда и т.д.).

Нормы затрат труда могут быть установлены двумя методами:

- 1) на основе детального анализа, осуществляемого на предприятии, и проектирования оптимального трудового процесса – аналитический метод;
- 2) суммарно без детального анализа и проектирования оптимального трудового процесса, исходя из статистических данных о выработке, затратах времени на выполнение работы за предшествующий период или экспертных оценок – суммарный (опытно-статистический) метод.

Суммарный метод только фиксирует фактические затраты труда и не способствует решению задачи повышения эффективности производства. Поэтому его применение допустимо лишь в исключительных случаях (например, при нормировании аварийных и опытных работ).

При использовании аналитического метода вводятся обоснованные нормы, применение которых способствует повышению производительности труда и эффективности производства в целом

Существуют две разновидности аналитического метода нормирования:

- аналитически-исследовательский, при котором норму труда устанавливают на основе изучения затрат рабочего времени при помощи хронометражных наблюдений непосредственно на рабочих местах;
- аналитически-расчетный метод предусматривает расчет затрат времени по заранее установленным нормативам времени, режимам работы оборудования, а также формулам зависимости времени от факторов, влияющих на продолжительность выполнения операции.

Правильное нормирование затрат рабочего времени на обработку детали, сборку и изготовление всей машины имеет большое значение для производства. Затраты времени на изготовление той или иной продукции при необходимом ее качестве являются одним из основных критериев оценки эффективности технологического процесса.

3.1.2. Техническая норма времени

При проектировании технологических процессов практически важно установить технические нормы времени для каждой технологической операции.

Техническая норма времени – регламентированное время, необходимое для выполнения определенной операции рабочими соответствующей квалификации, которое устанавливается расчетным путем для наиболее благоприятных для данного производства условий (при рациональном использовании труда рабочих и технологического оборудования с учетом передового производственного опыта).

Техническая норма времени служит основой для оплаты работы и составления калькуляции себестоимости детали и изделия. На основе технических норм ведется расчет длительности производственного цикла, необходимого количества оборудования (станков), инструмента, приспособлений, определяется производственная мощность цехов, участков и осуществляется планирование производства.

Техническая норма времени на выполнение операции, связанной с изготовлением одного изделия T (обработкой одной заготовки или сборкой одной сборочной единицы), определяется как **норма штучного времени** или **штучное время** $T_{шт}$ ($T \equiv T_{шт}$), которое рассчитывается по формуле

$$T_{шт} = T_o + T_b + T_{об} + T_{от}, \quad (3.1)$$

где T_o – **основное (технологическое) время**, затрачиваемое рабочим непосредственно на изготовление изделия (изменение формы, размеров и качества поверхности заготовки в случае механической обработки или изменение взаимного положения деталей и их соединение в случае сборки);

T_b – **вспомогательное время**, затрачиваемое на различные вспомогательные действия рабочего, непосредственно связанные с основной работой (установка, закрепление и снятие обрабатываемой заготовки, подвод инструмента и установка его на размер, пуск и остановка станка, измерения в процессе обработки, изменение режимов работы и т.п.);

$T_{об}$ – **время обслуживания рабочего места**, которое рабочий затрачивает на поддержание рабочего места в состоянии, обеспечивающем производительную работу; подразделяется на **время организационного обслуживания рабочего места**, затрачиваемое на уход за рабочим местом в течение смены (раскладка инструмента в начале смены и его уборка в конце смены; осмотр, очистка и смазка оборудования и т.п.) и **время технического обслуживания рабочего места**, затрачиваемое на уход за рабочим местом в процессе выполнения работы (подналадка станка; смена, правка, заточка инструмента; удаление стружки во время работы и т.п.);

$T_{от}$ – **время перерывов** на отдых (если он предусмотрен условиями работы) и личные физиологические потребности.

Основное время рассчитывается по формуле

$$T_o = \frac{l_i}{ns} = \frac{l_o + l_{вр} + l_n}{ns} i, \quad (3.2)$$

где l_i – расчетная длина обработки в направлении подачи, мм;

l_o – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{вр}$ – длина врезания инструмента, мм;

l_n – длина пробега инструмента, мм;

n – число оборотов шпинделя в минуту для станков с вращательным движением или число двойных ходов в минуту для станков с прямолинейным движением;

s – подача на один оборот, мм/об или на один двойной ход главного движения, мм/ход;

i – число ходов.

Основное и вспомогательное время в сумме составляют **оперативное время**: $T_{оп} = T_o + T_b$. С учетом оперативного времени формулу (3.1) можно переписать в следующем виде:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_n. \quad (3.3)$$

3.1.3. Хронометрирование

Хронометраж – метод изучения затрат рабочего времени на выполнение элементов (переходов) операций технологического процесса путем замеров их продолжительности и анализа условий их выполнения.

Основной его целью являются выявление наиболее оптимальных методов работы и определение соответствующих им норм времени. Хронометраж позволяет оценить организацию рабочего места, изучить структуру отдельной операции и условия ее выполнения.

Процесс хронометрирования включает три этапа.

На первом (подготовительном) этапе проводится расчленение операции на отдельные элементы.

На втором этапе осуществляется наблюдение и фиксация времени выполнения элементов операции. Замеры времени проводятся с помощью секундомера. Наблюдатель должен засекают время начала и окончания выполнения элементов операции, рассчитывать продолжительность выполнения элементов операции и заносить полученные значения в хронометражную карту (табл. 3.1). Замеры и соответствующие расчеты повторяются несколько раз для каждого элемента операции.

На третьем этапе проводится определение средней продолжительности выполнения элемента операции, анализ результатов наблюдений, отбор наиболее рациональных элементов операции.

Таблица 3.1

Хронометражная карта (с примером наименований переходов)

	1	2	3	4	5	Средняя продолжительность выполнения перехода
1. Установить, выверить и закрепить заготовку						
2. Подвести резец, включить скорость резания и подачу						
3. Точить поверхность, выдерживая размеры 1, 2 и т.д.						

3.2. Методические указания

Задание на выполнение работы приводится в приложении ЛР3-1, где для каждого варианта задания даются эскизы заготовок, подлежащих различным видам обработки (токарной, сверлильной или фрезерной), а также расчетные формулы для определения основного времени обработки заготовок. Кроме того, в рамках каждого варианта задания даются дополнительно варианты значений параметров обработки (в общем случае режимы обработки определяются с использованием нормативно-справочной литературы).

Техническая норма времени на технологическую операцию рассчитывается по формуле (3.1), основное время – по формуле (3.2). Вспомогательное время, время обслуживания рабочего места и время перерывов зависят от типа производства (единичного, серийного, массового), а также от типа оборудования и устанавливаются на основании нормативных данных или же расчетным путем. Для приблизительного определения технической нормы времени можно принять, что вспомогательное время составляет 6–8 % основного времени, время обслуживания рабочего места – 3–6 % оперативного времени, время перерывов – 2–5 % оперативного времени.

Техническая норма времени также определяется хронометражем. Для этого разрабатывается хронометражная карта. Хронометрирование операции проводится не менее пяти раз.

3.3. Порядок выполнения работы

1. Начертить операционный эскиз на технологическую операцию указанного в выполняемом варианте задания (приложение ЛР3-1) метода механической обработки.
2. Определить техническую норму времени на технологическую операцию с учетом заданного режима резания.
3. Выполнить на станке последовательно все переходы соответствующей технологической операции, определяя время выполнения каждого из них. Хронометрирование операции проделать несколько раз. Данные наблюдения записать в хронометражную карту.
4. Обработать данные в хронометражной карте. Сравнить результаты по техническому нормированию, полученные расчетом и хронометражем.

3.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Основные положения.
3. Операционный эскиз на механическую обработку.
4. Расчет технических норм времени.
5. Результаты хронометрирования технологической операции.
6. Заключение о норме времени на технологическую операцию, полученную расчетным путем и хронометражем.
7. Выводы.

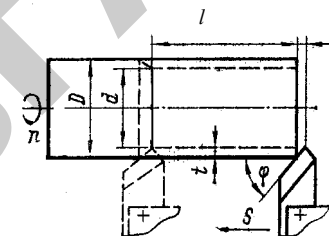
3.5. Контрольные вопросы

1. В чем состоит значение технического нормирования труда для производства и какими методами оно осуществляется?
2. Что такое техническая норма времени и каково ее назначение?
3. Какова структура нормы времени на механическую обработку?
4. Как определяется основное и вспомогательное время на выполнение технологической операции?
5. Как определяется время организационного и технического обслуживания рабочего места?
6. Как проводится хронометрирование выполнения технологической операции?

Рекомендуемая литература [1; 2; 8; 9].

Варианты заданий по техническому нормированию станочных операций

1. Обтачивание до уступа



Расчетные формулы:

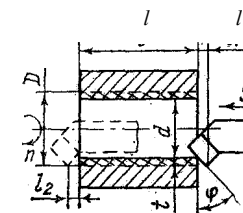
$$v = \pi Dn/100; t = (D - d)/2; \alpha = s \sin \varphi; b = t/\sin \varphi; T_0 = (l + l_1 + l_2)/sn;$$

$$l_1 = t/\operatorname{tg} \varphi + (0,5 \dots 2); l_2 = 0.$$

Параметры обработки:

- 1.1. $D = 50$ мм, $t = 1$ мм, $n = 630$ об/мин, $\varphi = 45^\circ$, $s = 0,1$ мм/об.
- 1.2. $D = 75$ мм, $t = 0,5$ мм, $n = 125$ об/мин, $\varphi = 45^\circ$, $s = 0,2$ мм/об.

2. Растачивание на проход



Расчетные формулы:

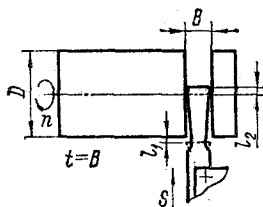
$$v = \pi Dn/100; t = (D - d)/2; \alpha = s \sin \varphi; b = t/\sin \varphi; T_0 = (l + l_1 + l_2)/sn;$$

$$l_1 = t/\operatorname{tg} \varphi + (0,5 \dots 2); l_2 = 1 \dots 5.$$

Параметры обработки:

- 2.1. $D = 60$ мм, $t = 1$ мм, $v = 30$ м/мин, $\varphi = 45^\circ$, $s = 0,5$ мм/об.
- 2.1. $D = 80$ мм, $t = 0,5$ мм, $v = 45$ м/мин, $\varphi = 60^\circ$, $s = 0,1$ мм/об.

3. Отрезка детали сплошного сечения



Расчетные формулы:

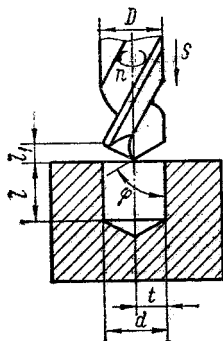
$$v = \pi Dn/100; t = B; T_0 = (l + l_1 + l_2)/sn; l_1 = l_2 = 0,5 \dots 2; t = D/2.$$

Параметры обработки:

3.1. $D = 20$ мм, $B = 5$ мм, $n = 125$ об/мин, $s = 0,12$ мм/об.

3.2. $D = 35$ мм, $B = 5$ мм, $n = 630$ об/мин, $s = 0,1$ мм/об.

4. Сверление глухого отверстия



Расчетные формулы:

$$v = \pi Dn/100; a = s_z \sin \varphi; b = t/\sin \varphi; T_0 = (l + l_1)/sn;$$

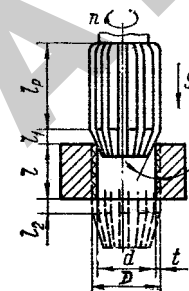
подача на каждую кромку сверла $s_z = s/z$, где $z = 2$ – число зубьев; $t = D/2$; $l_1 = (D/2) \operatorname{ctg} \varphi + (0,5 \dots 2)$; $l_2 = 3-5$ мм.

Параметры обработки:

4.1. $D = 60$ мм, $t = 0,5$ мм, $\varphi = 45^\circ$, $n = 125$ об/мин, $s = 1,2$ мм/об.

4.2. $D = 75$ мм, $t = 0,2$ мм, $\varphi = 45^\circ$, $n = 630$ об/мин, $s = 1,0$ мм/об.

5. Развертывание на проход



Расчетные формулы:

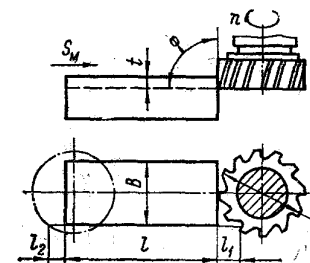
$$v = \pi Dn/100; \alpha = s_z \sin \varphi; b = t/\sin \varphi; T_0 = (l + l_1 + l_2)/sn; \text{подача на каждую кромку развертки } s_z = s/z, \text{ где } z = 8 - \text{число зубьев}; t = D/2; l_1 = [(D - d)/2] \operatorname{ctg} \varphi + (0,5 \dots 2); l_2 = (0,3 \dots 0,5) l_p; l_1 = 23 \text{ мм}; l_p = 35 \text{ мм}$$

Параметры обработки:

5.1. $v = 50$ м/мин, $t = 0,1$ мм, $\varphi = 30^\circ$, $s = 0,05$ мм/об.

5.2. $v = 60$ м/мин, $t = 0,05$ мм, $\varphi = 45^\circ$, $s = 0,02$ мм/об.

6. Фрезерование плоскости торцевой фрезой с углом $\varphi = 90^\circ$



Расчетные формулы:

$$v = \pi Dn/100; s_m = s_z z n; \sin(\psi/2) = B/D; z' = \psi z / 360; \alpha_{cp} = s_z \cos(\psi/4); T_0 = (l + l_1 + l_2)/s_m; l_1 = 0,5[D - (D^2 - B^2)^{1/2}] + (0,5 \dots 3); l_2 = 2 \dots 6.$$

z – число зубьев фрезы; ψ – центральный угол, соответствующий дуге контакта фрезы с заготовкой; z' – число зубьев, одновременно участвующих в работе; α_{cp} – средняя толщина среза.

Параметры обработки:

6.1. $t = 2$ мм, $\varphi = 90^\circ$, $n = 630$ об/мин, $s_z = 0,1$ мм/об, $z = 21$.

6.2. $t = 1,5$ мм, $\varphi = 90^\circ$, $n = 125$ об/мин, $s_z = 0,05$ мм/об, $z = 27$.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ И ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН (ВАЛ, ЗУБЧАТОЕ КОЛЕСО, КОРПУС)

Работа имеет комплексный характер, она состоит из трех тематически взаимосвязанных работ, каждая из которых рассчитана на четыре академических часа:

Работа 4.1. Разработка технологических маршрутов и операций механической обработки заготовки вала;

Работа 4.2. Разработка технологических маршрутов и операций механической обработки заготовки зубчатого колеса;

Работа 4.3. Разработка технологических маршрутов и операций механической обработки заготовки корпусной детали.

Цель работы – приобретение практических навыков разработки маршрутных и операционных карт технологических процессов механической обработки заготовок деталей машин.

Студент должен знать:

- типы машиностроительного производства;
- порядок маршрутного и операционного описания технологических процессов механической обработки;
- структуру технологической операции;
- назначение, устройство и технологические возможности основных типов металлорежущих станков;
- прогрессивные технологические процессы металлообработки.

Студент должен уметь:

- заполнять маршрутную и операционную карты технологических процессов механической обработки;
- определять режим резания и подбирать металлорежущий станок и технологическую оснастку;
- определять норму времени на технологическую операцию.

Необходимое оборудование и принадлежности:

- металлообрабатывающий станок (токарный, фрезерный, сверлильный или др.);
- измерительный инструмент для контроля линейных размеров обрабатываемых заготовок;
- образцы заготовок деталей (вал, зубчатое колесо, корпусная деталь).

4.1. Основные положения

4.1.1. Технологический процесс

Совокупность отдельных процессов, связанных с изготовлением изделий на предприятии, называется **производственным процессом**. Часть производственного процесса, связанная с целенаправленным изменением размеров, формы и свойств предметов труда и с их контролем, называется **технологическим процессом**.

В машиностроении наиболее распространенными являются технологические процессы механической обработки, прежде всего, процессы обработки резанием.

Технологический процесс выполняется на рабочих местах.

Рабочее место – участок производственной площади, оборудованный в соответствии с выполняемой на нем работой.

Технологический процесс реализуется с помощью **средств технологического оснащения**, к которым относятся технологическое оборудование и технологическая оснастка.

Технологическое оборудование – средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются материалы, полуфабрикаты или заготовки, а также средства воздействия на них (станки, гальванические ванны, сборочные и испытательные стенды и т.п.).

Технологическая оснастка – средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса. К технологической оснастке относятся приспособления и инструмент.

Приспособление – вспомогательное устройство, используемое для изготовления заготовок, деталей и сборочных единиц.

Инструмент – орудие труда или исполнительный орган машины, используемые для изготовления заготовок, деталей и сборочных единиц.

Технологический процесс состоит из технологических операций.

Технологическая операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте одним рабочим или бригадой непрерывно.

Основными структурными элементами операций являются переходы и установовы.

Переход – часть операции, выполняемая одним и тем же инструментом (с одним и тем же приспособлением) без изменения технологического оборудования и технологического режима.

При обработке резанием переход характеризуется съемом слоя металла, который осуществляется одним и тем же режущим инструментом при неизменной его установке и неизменном режиме обработки.

Переходы состоят из рабочих и вспомогательных ходов (проходов).

Рабочий ход (проход) – часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки.

Переход делят на несколько рабочих ходов в тех случаях, когда за один ход нельзя снять весь слой металла, подлежащий удалению в данном переходе.

Вспомогательный ход (проход) – часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для подготовки рабочего хода.

Установ – часть операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой сборочной единицы.

Фиксированное положение, занимаемое закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции, называется *позицией*.

Рабочий во время реализации технологического процесса использует определенные **приемы** – действия, необходимые для выполне-

ния части операции (например, установка или снятия детали, пуск или остановка станка, изменение режима работы станка и т.п.).

Последовательность технологических операций, обеспечивающая получение заданного изделия, называется *технологическим маршрутом*.

4.1.2. Технологическая документация

Технологическая документация включает комплект текстовых и графических документов, содержащих сведения о технологическом процессе. Составление технологической документации является завершающей стадией проектирования технологического процесса. Технологическая документация обеспечивает производственный персонал исчерпывающей информацией, необходимой для выполнения технологического процесса. Типы и формы технологических документов устанавливаются стандартами (в машиностроении стандартами установлена единая система технологической документации – ЕСТД).

При разработке текстовых документов в зависимости от типа и характера производства применяются маршрутные и операционные описания технологических процессов. Соответственно, основными видами текстовых технологических документов являются:

- **маршрутные карты** (МК), содержащие описание технологических процессов по всем операциям в их технологической последовательности с указанием данных о средствах технологического оснащения и норм времени на выполнение операций;

- **операционные карты** (ОК), содержащие описание технологических операций с указанием составляющих их переходов, технологических режимов, данных о средствах технологического оснащения и норм времени на выполнение переходов.

Маршрутные карты составляются в тех случаях, когда технологические процессы не разрабатываются подробно, а ограничиваются установлением перечня и порядка выполнения операций. Операционные карты составляются на каждую операцию, они служат для более подробной разработки технологических процессов в дополнение к маршрутным картам.

К числу основных видов графических технологических документов относится **карты эскизов** (КЭ), содержащие эскизы, схемы

и таблицы, необходимые для выполнения технологического процесса, операции или перехода, графически иллюстрирующие положение и крепление детали при обработке, положение, крепление и тип инструмента, применяемое приспособление и обрабатываемую поверхность.

К графической технологической документации также относятся: рабочие чертежи деталей и сборочные чертежи изделий с простановкой технологических размеров, допусков, посадок и значений шероховатости обработки; чертежи приспособлений, инструмента и т.д.

4.1.3. Разработка технологических маршрутов механической обработки заготовок деталей машин

В общем случае разработка технологического маршрута механической обработки заготовок деталей машин включает следующие стадии:

- анализ технических условий на изготовление;
- определение типа производства;
- выбор заготовки;
- выбор способов обработки;
- выбор технологических баз;
- определение последовательности и содержания операций обработки отдельных поверхностей заготовки;
- выбор средств технологического оснащения;
- определение последовательности и содержания операций обработки заготовки в целом;
- техническое нормирование операций обработки;
- оформление маршрутной карты.

Анализ технических условий на изготовление предполагает изучение рабочего чертежа детали, на основании которого устанавливаются особенности конструкции детали в соответствии с ее функциональным (служебным) назначением. В частности, анализируются такие конструктивные характеристики детали, как форма, размеры, точность размеров, шероховатость поверхностей. В результате изучения рабочего чертежа вносятся предложения по повышению технологичности конструкции; уточняется правильность простановки размеров; устанавливается перечень основных технологических операций, при осуществлении которых достигается требуемое качество обработки,

твердость и другие заданные параметры; определяются дополнительные технологические особенности: термообработка, нанесение покрытия и др.

Определение типа производства осуществляется с учетом программы выпуска деталей и массы детали. В зависимости от этих параметров различают следующие типы производства: единичное, серийное и массовое (табл. 4.1). Серийное производство разделяют на мелко-, средне- и крупносерийное. Серийность производства может быть определена по величине производственной партии деталей с учетом их массы (табл. 4.2). Если масса детали не указана на рабочем чертеже, ее следует определить, исходя из объема изделия и удельного веса материала. При определении объема деталь рассматривается как совокупность отдельных элементов с простейшей геометрической формой (цилиндр, призма, конус и т.п.).

Таблица 4.1

Зависимость типа производства от программы выпуска деталей массой M (кг)

Тип производства	Годовой объем выпуска деталей N (шт.)		
	Крупных ($M > 50$)	Средних ($1 < M \leq 50$)	Мелких ($M < 1$)
Единичное	$N < 5$	$N < 10$	$10 \leq N < 100$
Серийное	$N = 5-1000$	$N = 10-5000$	$N = 100-50000$
Массовое	$N > 1000$	$N > 5000$	$N > 50000$

Таблица 4.2

Зависимость серийности производства от величины партии деталей массой M (кг)

Серийность производства	Величина партии деталей P (шт.)		
	Крупных ($M > 50$)	Средних ($1 < M \leq 50$)	Мелких ($M < 1$)
Мелкосерийное	$P = 2-5$	$P = 5-25$	$P = 10-50$
Среднесерийное	$P = 6-25$	$P = 26-200$	$P = 51-300$
Крупносерийное	$P > 25$	$P > 200$	$P > 300$

Выбор заготовки предполагает определение способа ее получения, припусков на механическую обработку каждой поверхности, размеров и допусков на размеры. Способ получения заготовки устанавливается

на основе анализа технических условий на изготовление и с учетом программы выпуска. Выбирая заготовку, следует стремиться, по возможности, максимально приблизить ее форму и размеры к соответствующим параметрам готовой детали, что существенно уменьшает объем последующей механической обработки и, как следствие, снижает себестоимость детали. В первую очередь необходимо ознакомиться с технологическими свойствами материала, из которого изготовлена заданная деталь (литейные свойства, обрабатываемость давлением и т.д.). Анализ этих данных позволяет исключить ряд методов получения заготовок из-за несоответствия их технологических характеристик свойствам материала данной детали.

Выбор способов обработки заготовки проводится с учетом конфигурации, габаритных размеров, массы и материала изготавливаемой детали; установленного типа производства; имеющегося технологического оборудования и оснастки; требований к точности обработки и шероховатости поверхности, производительности, себестоимости и др. В принципе для обработки одной и той же поверхности заготовки могут быть использованы разные способы, поэтому, выбирая тот или иной способ обработки, необходимо учитывать его преимущества и недостатки.

Выбор технологических баз проводится с учетом общего плана обработки, поэтому базирование осуществляют одновременно с разработкой маршрутов обработки отдельных поверхностей детали. Прежде всего, производится выбор технологической базы первой операции – черновой технологической базы. После выбора черновой технологической базы выбираются чистовые технологические базы для всех последующих операций.

Выполняя базирование, рекомендуется руководствоваться следующими положениями:

- использовать принципы совмещения и постоянства баз;
- применять правила «6 точек», т.е. полного базирования заготовки;
- в качестве черновой базы использовать поверхность, которая остается необработанной в готовом изделии или имеет наименьший припуск на обработку;
- черновую базу использовать однократно на первом установе (для заготовок, полученных точными методами литья или штамповки, это правило необязательно);

- основные базовые поверхности (чистовые базы) или искусственные базы обрабатывать на первых переходах;
- чистовые установочные базы должны быть базами конструкторскими, иметь наибольшую точность размеров и формы, минимальную шероховатость;
- в первую очередь обрабатывать те поверхности, при удалении припуска с которых снижение жесткости заготовки является наименьшим;
- поверхности, связанные точным относительным положением, обрабатывать за один установ или в одной позиции;
- использовать типовые схемы установки заготовок.

Правильно выбранные технологические базы должны обеспечить неизменное положение заготовки в пространстве, минимальную погрешность и стабильную точность получения размеров при механической обработке. Они также должны допускать использование простых и надежных конструкций приспособлений. При отсутствии у заготовки надежных технологических баз, можно предусмотреть создание искусственных баз, например, в виде бобышек, приливов, технологических отверстий, изменив при необходимости конструкцию заготовки.

Определение последовательности и содержания операций обработки отдельных поверхностей заготовки проводятся для поверхностей, требующих многостадийной обработки. Необходимое качество поверхностей в машиностроении достигается преимущественно обработкой резанием (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Технологические операции обработки резанием

1	2
01. Автоматно-линейная группа	
01. Автоматно-линейная	
02. Агрегатная группа	
02. Агрегатная	
03. Долбежная группа	
03. Долбежная	
04. Зубообрабатывающая группа	
04. Зубодолбежная	05. Зубозакругляющая
06. Зубонакатная	07. Зубообкатывающая

1	2
08. Зубоприрабатывающая	09. Зубопритирочная
10. Зубопротяжная	11. Зубострогальная
12. Зуботокарная	13. Зубофрезерная
14. Зубохонинговальная	15. Зубошвеннговальная
16. Зубошлифовальная	17. Специальная зубообрабатывающая
18. Шлиценакатная	19. Шлицестрогальная
20. Шлицефрезерная	
05. Комбинированная группа	
21. Комбинированная	
06. Отделочная группа	
22. Виброабразивная	23. Галтовка
24. Доводочная	25. Опиловочная
26. Полировальная	27. Притирочная
28. Суперфинишная	29. Хонинговальная
07. Отрезная группа	
30. Абразивно-отрезная	31. Ленточно-отрезная
32. Ножовочно-отрезная	33. Пило-отрезная
34. Токарно-отрезная	35. Фрезерно-отрезная
08. Программная	
36. Расточная с ЧПУ	37. Сверлильная с ЧПУ
38. Токарная с ЧПУ	39. Фрезерная с ЧПУ
40. Шлифовальная с ЧПУ	
09. Протяжная	
41. Вертикально-протяжная	42. Горизонтально-протяжная
10. Расточная	
43. Алмазно-расточная	44. Вертикально-расточная
45. Горизонтально-расточная	46. Координатно-расточная
11. Резьбонарезная	
47. Болтонарезная	48. Гайконарезная
49. Резьбонакатная	
12. Сверлильная	
50. Вертикально-сверлильная	51. Горизонтально-сверлильная
52. Координатно-сверлильная	53. Радиально-сверлильная
54. Сверлильно-центровальная	

1	2
13. Строгальная	
55. Поперечно-строгальная	56. Продольно-строгальная
14. Токарная	
57. Автоматная токарная	58. Вальцетокарная
59. Лоботокарная	60. Резьботокарная
61. Специальная токарная	62. Токарно-бесцентровая
63. Токарно-винторезная	64. Токарно-затыловочная
65. Токарно-карусельная	66. Токарно-копировальная
67. Токарно-револьверная	68. Торцеподрезная-центровальная
15. Фрезерная	
69. Барабанно-фрезерная	70. Вертикально-фрезерная
71. Горизонтально-фрезерная	72. Гравировально-фрезерная
73. Карусельно-фрезерная	74. Копировально-фрезерная
75. Продольно-фрезерная	76. Резьбофрезерная
77. Специальная фрезерная	78. Универсально-фрезерная
79. Фрезерно-центровальная	80. Шпоночно-фрезерная
16. Шлифовальная	
81. Бесцентрово-шлифовальная	82. Вальцешлифовальная
83. Внутришлифовальная	84. Заточная
85. Карусельно-шлифовальная	86. Координатно-шлифовальная
87. Круглошлифовальная	88. Ленточно-шлифовальная
89. Обдирочно-шлифовальная	90. Плоскошлифовальная
91. Резьбошлифовальная	92. Торцешлифовальная
93. Центрошлифовальная	94. Шлифовальная специальная
95. Шлифовально-затыловочная	96. Шлицешлифовальная

Число вариантов маршрута обработки отдельных поверхностей может быть достаточно большим, что обусловлено, соответственно, большим числом вариантов способов обработки, каждый из которых обеспечивает определенные значения точности обработки и шероховатости поверхности (табл. 4.4–4.6).

Таблица 4.4

Методы обработки поверхностей валов

Методы обработки		Шероховатость <i>Ra</i> , мкм	Квалитет точности
Обтачивание с продольной подачей	Обдирочное	25-30	15-17
	Получистовое	6,3-12,5	12-14
	Чистовое	1,6*-3,2 (0,8)	7-9
	Тонкое	0,4*-0,8 (0,2)	6
Обтачивание с поперечной подачей	Обдирочное	25-100	16-17
	Получистовое	6,3-12,5	14-15
	Чистовое	3,2*	11-13
	Тонкое	(0,8)-1,6	8-11
Обтачивание скоростное	Чистовое	(0,4)-1,6	11
Шлифование круглое	Получистовое	3,2 ...6,3	8-11
	Чистовое	0,8*-1,6	6-8
	Тонкое	0,2*-0,4 (0,1)	5
Полирование	Обычное	0,2-1,6	6
	Тонкое	0,05-0,1	5
Хонингование		0,05-0,2*	6; 7
Суперфиниширование		0,5*-0,4 (0,05)	5 и точнее
Нарезание резьб	Плашкой, метчиком	3,2-12,5*	6-8
	Резцом, гребенкой	3,2*-6,3 (1,6)	6-8
	Фрезой	3,2*-6,3 (1,6)	8
Шлифование резьб	Чистовое	1,6*-3,2 (0,4)	4-6
Накатывание резьб роликами		0,4-0,8	6-8
Вихревое нарезание резьб		0,8-6,3	6-8
Шлицефрезерование	Черновое	4-10	9-11
	Чистовое	1,25-4	8-9
Шлицестрогание	Чистовое	1-2,5	8-9
Шлицепротягивание	Чистовое	0,8-1,6	6-7
Шлифование шлицов	Черновое	1,6-3,2	6-7
	Чистовое	0,4-1,25	5-6
Накатывание шлицов		0,8-1	8-9
Фрезерование шпоночных канавок	Чистовое	4-6,3	9-10

Примечания. 1. В круглых скобках приведены предельно допустимые значения *Ra*. 2. Звездочкой отмечены оптимальные значения *Ra*.

Таблица 4.5

Методы обработки поверхностей зубчатых колес

Методы обработки	Шероховатость <i>Ra</i> , мкм	Квалитет точности
Обработка отверстий		
Сверление	12,5-25	12-14
Расверливание	12,5-25	12-14
Зенкерование черновое	12,5-25	12-14
Зенкерование однократное литого отверстия	12,5-6,3	12-14
Зенкерование прошитого отверстия	12,5-6,3	11-12
Зенкерование чистовое	3,2-6,3	10-11
Развертывание получистовое	6,3-12,5	9-10
Развертывание чистовое	1,6-3,2	7-8
Развертывание тонкое	0,4-0,8	7
Протягивание черновое литого или прошитого отверстия	2,5-1,6	8-9
Протягивание чистовое после чернового или после сверления	0,8-3,2	7-8
Растачивание черновое	40-80	11-12
Растачивание чистовое	2,5-5	8-9
Растачивание тонкое	0,1-0,63	7-6
Шлифование предварительное	2,5-1,6	8-9
Шлифование чистовое	1,25-0,63	7-8
Шлифование тонкое	0,63-0,1	5-6
Притирка, хонингование	0,32-0,04	6-7
Раскатывание, калибрование, алмазное выглаживание	0,63-0,05	8-7
Обработка зубьев		
Зубофрезерование модульной фрезой	12,5-6,3	10; 9
Зубофрезерование червячной фрезой	6,3-3,2	10-8
Зубодолбление	3,2-1,6	8; 7
Зубострогание	3,2...0,8	17-5
Зуботочение	3,2... 1,6	8; 7
Зубопротягивание	3,2...0,8	7; 6
Зубошевингование	1,25...0,63	7; 6
Хонингование зубьев	0,5...0,1	6; 5
Шлифование зубьев	1,25...0,5	6; 5
Обкатывание зубьев	1,0...3,2	7-5
Накатывание зубьев	2,0...0,8	9; 8

Таблица 4.6

Окончание табл. 4.6

Методы обработки поверхностей корпусных деталей

Метод обработки		Шероховатость <i>Ra</i> , мкм	Квалитеты точности
1	2	3	4
Обработка плоских поверхностей			
Строгание	Черновое	12,5*-25	12-14
	Чистовое	3,2*-6,3	I 1-13(10)**
	Тонкое	(0,8)-1,6	8-10
Фрезерование цилиндрической фрезой	Черновое	25-50	12-14(11)**
	Чистовое	3,2*-6,3	11(10)**
	Тонкое	1,6	8; 9
Фрезерование торцовой фрезой	Черновое	6,3-12,5	12-14(11)**
	Чистовое	3,2*-6,3 (1,6)	11
	Тонкое	(0,8)-1,6	8; 9
Фрезерование скоростное	Черновое	3,2	12-14
	Чистовое	0,8-1,6*	11-13
Протягивание	Получистовое	6,3	8; 9
	Чистовое	0,8-3,2*	7; 8
	Отделочное	0,2-0,4	7
Шлифование плоское	Получистовое	3,2	8-11
	Чистовое	0,8*-1,6	6-8
	Тонкое	0,2*-0,4(0,1)	6-7
Точение торцовое	Черновое	6,3-12,5	14-15
	Чистовое	3,2-5	11-13
	Тонкое	0,8-1,6	8-10
Обработка отверстий			
Сверление	До 15 мм	6,3-12,5*	12-14
	Свыше 15 мм	12,5-25*	12-14
Рассверливание	Свыше 20 мм	12,5-25* (6,3)	12-14
Зенкерование	Черновое (по корке)	12,5-25	12-15
	Чистовое	3,2*-6,3	10-11
Растачивание	Черновое	50-100	15-17
	Получистовое	12,5-25	12-14
	Чистовое	1,6*-3,2 (0,8)	8; 9
	Тонкое	0,4*-0,8 (0,2)	7

1	2	3	4
Растачивание скоростное	Свыше 40 мм	0,4-1,6	8
Развертывание	Получистовое	6,3-12,5*	9; 10
	Чистовое	1,6*-3,2	7; 8 (8)**
	Тонкое	(0,4)-0,8	7
Протягивание	Черновое	6,3	8; 9
	Чистовое	0,8*-3,2	7
	Отделочное	0,2-0,4	6-8
Шлифование	Получистовое	3,2...6,3	5
	Чистовое	0,8*-1,6	7-9
	Тонкое	0,2*-0,4 (0,1)	6; 7
Прошивание	Чистовое	0,4-1,6	14-15
	Тонкое	0,05-1,6	8-10

Примечания. 1. В скобках указаны предельно достижимые значения *Ra*. 2. Одной звездочкой отмечены оптимальные значения для данного вида обработки; двумя – экономическая точность изготовления чугунных деталей.

Определяя последовательность и содержание операций, необходимо учитывать следующие рекомендации:

- обработку поверхности можно выполнять за один или несколько переходов, на каждом из которых используется метод обработки, повышающий точность;
- в первую очередь следует обрабатывать поверхность, которая будет служить базой для последующих операций;
- если заготовка имеет высокую точность, то в ряде случаев обработку можно начинать с чистовых методов;
- в тех случаях, когда к точности размеров и качеству поверхности не предъявляется высоких требований, можно ограничиться однократной получистовой и даже черновой обработкой;
- каждый последующий метод обработки одной поверхности должен быть точнее предыдущего;
- точность на каждом последующем переходе повышается при черновой обработке на два-три квалитета, при чистовой – на один-два квалитета;

- учитывая, что заданная точность достигается различными сочетаниями вариантов обработки, предпочтительным считается тот, который имеет меньшее число переходов;

- операции должны быть одинаковыми и кратными по трудоёмкости;

- в целях своевременного выявления брака по раковинам и другим дефектам необходимо предусматривать первоначальную обработку поверхностей, на которых они не допускаются;

- обработку сложных поверхностей, нуждающихся в особой наладке, следует выделять в отдельные операции;

- черновую и чистовую обработки заготовок со значительными припусками необходимо выделять в отдельные операции;

- отделочные операции производить в конце технологического процесса;

- отверстия нужно сверлить в конце технологического процесса, кроме случаев, когда они служат базой для установки;

- при окончательной обработке не включать переходы, нуждающиеся в повороте резцедержателя или револьверной головки;

- обработку поверхностей с точным взаимным расположением следует включать в одну операцию и выполнять за одно закрепление заготовки;

- обработку ступенчатых поверхностей выполнять в последовательности, при которой общая длина рабочего хода инструмента будет наименьшей;

- переходы и операции располагать так, чтобы путь менее стойких режущих инструментов был наименьшим;

- последовательность обработки должна обеспечивать требуемое качество выполнения детали. Например, при обработке тонкостенной втулки вначале необходимо расточить отверстие, а затем обточить наружную поверхность на оправке, фаски снимать перед окончательной обработкой точных поверхностей;

- число применяемых в операции резцов не должно превышать числа одновременно закрепляемых в резцедержателе;

- совмещение черновых и чистовых операций на одном станке не рекомендуется, так как снижается точность обработки;

- в первую очередь следует обрабатывать поверхности, при удалении припуска с которых в наименьшей степени снижается жёсткость заготовки;

- следует стремиться к тому, чтобы в маршрутах обработки различных поверхностей, принадлежащих одной детали, повторяемость методов обработки была максимальной;

- при серийном, а особенно при массовом производстве деталей необходимо применять высокопроизводительные схемы обработки – многоинструментальную, параллельную, многоместную.

Выбор средств технологического оснащения осуществляется в соответствии с установленным перечнем операций обработки заготовок (токарная, фрезерная, термическая и т.д.). Следует выбрать конкретный тип станка, оснастить его требуемыми приспособлениями и инструментом.

Выбор средств технологического оснащения зависит от типа производства. В условиях единичного и мелкосерийного производства целесообразно применять универсальное оборудование и технологическую оснастку, в частности многофункциональные обрабатывающие центры. Серийное производство предусматривает использование специального и специализированного технологического оснащения, в том числе с программным управлением. При массовом производстве удельный вес специального и специализированного технологического оснащения существенно возрастает, особенно широко применяется специальное оборудование, предназначенное для высокопроизводительной обработки однотипных деталей, включая агрегатные (многофункциональные) станки, станки-автоматы, автоматические линии, гибкие переналаживаемые технологические комплексы. При выборе оборудования, приспособлений и инструментов следует отдавать предпочтение их стандартным типам, а также стремиться к снижению их номенклатуры. В машиностроении для механической обработки применяются, в основном, металлорежущие станки (табл. 4.7).

Таблица 4.7

Металлорежущие станки

Тип станка	Назначение станка
1	2
Разрезные станки	
разрезной	- разрезание и распиливание сортового проката
распиловочный	- раскрой и распиливание заготовок на части
центровально-отрезной	- отрезка заготовок осей и валов и их центрование

Станки токарной группы	
Токарный станок	- обработка заготовок точением: обтачивание и растачивание цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, нарезание резьбы, подрезка и обработка торцов, сверление, зенкерование и развертывание, обдирка, снятие фасок и т.д. с помощью разнообразных инструментов: резцов, сверл, зенкеров, разверток, метчиков, плашек
Разновидности: токарно-винторезный токарно-револьверный токарно-карусельный копирально-токарный резьботокарный	- обработка поверхностей и нарезание резьбы - обработка прутковых или штучных заготовок - обработка заготовок с малой высотой и большим диаметром (шкивы, маховики, зубчатые колеса) - обработка криволинейных поверхностей - нарезание резьбы
Станки сверлильно-расточной группы	
Сверлильный станок	- получение и обработка отверстий, в т.ч. зенкерование, развертывание, нарезание внутренней резьбы с помощью разнообразных инструментов: сверл, зенкеров, разверток, зенков, метчиков
Разновидности: радиально-сверлильный координатно-расточной	- обработка отверстий в крупных заготовках - обработка отверстий с точными линейными координатами, разметка и контроль заготовок
алмазно-расточной	- тонкое отделочное растачивание отверстий
Станки строгально-протяжной группы	
Строгальный станок	- обработка строгальными резцами горизонтальных, вертикальных и наклонных поверхностей с прямолинейными образующими
Разновидности: продольно-строгальный	- обработка крупных заготовок или одновременно нескольких средних или мелких заготовок, а также заготовок с узкими длинными поверхностями
поперечно-строгальный	- обработка мелких и средних заготовок
кромкострогальный долбежный	- обработка прямолинейных кромок заготовок - обработки долблением труднодоступных поверхностей заготовок, пазов и канавок

1	2
Протяжной станок	- протягивание заготовок, в т.ч. обработка сложных наружных профилей, нарезание шлицев и шпоночных канавок, калибрование цилиндрических, многогранных и фигурных отверстий
Разновидности: горизонтально-протяжной вертикально-протяжной карусельно-протяжной	- протягивание внутренних поверхностей - протягивание наружных поверхностей - протягивание поверхностей, очерченных кругом
Станки фрезерной группы	
Фрезерный станок	- обработка с помощью фрезы плоских, цилиндрических и фасонных поверхностей, зубчатых колёс, а также сверление, растачивание, зенкерование
Разновидности: продольно-фрезерный копирально-фрезерный барабанно-фрезерный карусельно-фрезерный шлицефрезерный резьбофрезерный	- обработка крупных, длинномерных заготовок - обработка криволинейных поверхностей - обработка торцов и пазов - обработка плоских поверхностей - обработка шлицевых поверхностей - нарезание резьбы
Зубо- и резьбообрабатывающие станки	
зубодолбежный	- нарезание зубчатых колес с прямыми и винтовыми зубьями;
зубофрезерный	- нарезание прямозубых и косозубых цилиндрических зубчатых колес наружного зацепления, червячных колес;
рейкофрезерный	- нарезание зубьев реек
зубострогальный	- нарезание зубьев прямозубых конических зубчатых колес
зубопротяжной	- нарезание цилиндрических зубчатых колес наружного зацепления

1	2
зубозакругляющий зубошлифовальный зубопритирочный зубошевинговальный болтонарезной гайконарезной	- закругление торцов зубьев - обработка зубьев абразивным кругом - обработка зубьев специальной пастой - окончательная обработка зубчатых колес - нарезание резьбы на болтах, винтах, шпильках - нарезание резьбы в гайках
Станки шлифовальной группы	
Шлифовальный станок Разновидности: круглошлифовальный плоскошлифовальный внутришлифовальный	- обработка заготовок абразивным инструментом - обработка наружных цилиндрических, конических, фасонных и плоских поверхностей - обработка плоских поверхностей - обработка внутренних цилиндрических поверхностей
бесцентрово-шлифовальный обдирочный шлифовальный шлицешлифовальный заточный притирочный полировальный отделочный хонинговальный шевинговальный	- обработка наружных и внутренних цилиндрических поверхностей - черновая обработка поверхностей - чистовое шлифование шлицевых поверхностей - заточка - притирка (доводка) поверхностей - полирование поверхностей - отделочная обработка поверхностей - отделочная обработка отверстий - отделочная обработка отверстий

Основными факторами, определяющими выбор типа станка, являются:

- соответствие размеров рабочей зоны станка габаритам обрабатываемой заготовки;
- возможность достижения требуемой точности и шероховатости (определяется в соответствии с классом точности станка);
- соответствие кинематических данных (частота вращения шпинделя, скорость перемещения стола и т.д.) расчетным значениям этих режимных параметров;
- соответствие мощности станка требуемым расчетным величинам;

- обеспечение требуемой производительности.

Конструкция и размеры режущего инструмента для заданной операции зависят от вида обработки, размеров обрабатываемых поверхностей, свойств материала заготовки, требуемой точности обработки и шероховатости обрабатываемой поверхности.

Вспомогательный инструмент подбирают к станку по выбранному режущему инструменту для данного перехода операции технологического процесса.

При выборе измерительных средств учитывают существующие организационно-технические формы контроля (сплошной или выборочный, приёмочный или контроль для управления точностью при изготовлении: ручной, механизированный и автоматический), тип производства, конструктивные характеристики измеряемых деталей (габаритные размеры, массу, расположение поверхностей, число контролируемых параметров и т.д.), точность изготовления деталей и другие технико-экономические факторы.

Определение последовательности и содержания операций обработки заготовки в целом осуществляется с учетом ранее установленного маршрута механической обработки отдельных поверхностей детали. Следует определить рациональную последовательность всех операций обработки, включая термические и контрольные операции.

На данном этапе разработки маршрута необходимо руководствоваться следующими положениями:

а) расчленять процесс изготовления детали на операции черновой, чистовой и отделочной обработки, что позволяет своевременно выявить дефекты в материале, увеличить время между черновой и последующей обработкой для сокращения термических и механических остаточных деформаций, снизить требования к квалификации рабочих на начальной стадии обработки (при серийном и массовом производствах), уменьшить риск повреждения окончательно изготовленных поверхностей и т.д.;

б) обрабатывать установочные базовые поверхности, а затем остальные в последовательности, обратной их точности; в конце маршрута выносить обработку легкоповреждаемых поверхностей, например, резьбы;

в) если деталь обрабатывается термически, то расчленять маршрут на две части: до и после термообработки, чтобы устранить последствия коробления заготовки;

г) выполнять вспомогательные и второстепенные операции (сверление мелких отверстий, снятие фасок, прорезка канавок и т.п.) на стадии чистовой обработки;

д) выделять обработку зубьев, шлицов, пазов и т.п. в самостоятельные операции;

е) для крупногабаритных заготовок предусматривать минимум переустановок.

Техническое нормирование операций обработки включает расчет технических норм времени на выполнение операций.

Оформление маршрутной карты проводится путем последовательной записи всех технологических операций с указанием типов используемых средств технологического оснащения и норм времени на операции, которые затем уточняются в ходе проектирования операционной технологии.

4.1.4. Особенности разработки технологических маршрутов механической обработки заготовок валов и зубчатых колес

Валы и зубчатые колеса по своей форме относятся к телам типа тел вращения. Несмотря на большое разнообразие конструктивных особенностей, все детали данного типа подвергаются одинаковым процессам обработки. Типичными установочными базами для них являются центровые отверстия. На некоторых операциях обработки при воздействии изгибающих сил резания, например при фрезеровании плоскостей, сверлении радиальных отверстий, в качестве установочных баз используются обработанные шейки.

Как правило, технологические процессы изготовления вала и зубчатого колеса характеризуются одинаковым набором основных операций и могут отличаться только их последовательностью или введением дополнительных операций – в зависимости от конструкции или программы выпуска.

Типовую схему технологического процесса изготовления валов можно представить следующим образом:

1) подготовка технологических баз – подрезание торцов и центрование (при серийном и массовом производствах эта операция выполняется на центровальных и фрезерно-центровальных станках двустороннего или барабанного типа);

2) черновая токарная обработка обоих концов вала, подрезание торцов и уступов;

3) чистовая токарная обработка в той же последовательности, что и черновая (наружные поверхности валов обрабатывают на токарно-копировальных станках и многорезцовых одно- и многошпиндельных автоматах);

4) черновое шлифование шеек вала, служащих дополнительными базами при фрезеровании, сверлении, растачивании отверстий на одном из концов вала;

5) правка заготовки при изготовлении нежестких валов;

6) черновая и чистовая обработка фасонных поверхностей – нарезание шлицев, зубчатых венцов, фрезерование кулачков и др.;

7) выполнение второстепенных операций – сверления, развертывания, нарезания резьбы, фрезерования лысок, шпоночных канавок;

8) термическая обработка всей детали или отдельных поверхностей;

9) правка вала;

10) черновое и чистовое шлифование наружных поверхностей, торцов, отверстий;

11) доводка особо точных поверхностей.

Отличительные особенности технологического процесса изготовления зубчатого колеса связаны с необходимостью формирования зубьев, для чего дополнительно выполняются следующие основные операции:

- нарезание зубьев перед термической обработкой;
- термическая обработка зубьев или всего зубчатого колеса;
- черновое и чистовое шлифование зубьев.

Операциям механической обработки валов и зубчатых колес предшествуют заготовительные операции. Заготовки валов в единичном и мелкосерийном производстве получают в основном путем резки проката, в серийном производстве – путем штамповки. Заготовки зубчатых колес получают ковкой и штамповкой, а также литьем.

4.1.5. Особенности разработки технологических маршрутов механической обработки заготовок корпусных деталей

Корпусные детали характеризуются преимущественно плоской формой. Соответственно, в целях создания чистой поверхности (обработанной поверхности) для последующей обработки таких деталей в качестве первой операции (первых операций), как правило, назначается фрезерование наиболее протяженной плоской поверхности (одной или нескольких).

Второй операцией обычно является расточка точных отверстий, если таковые имеются, от обработанной на первой операции чистой установочной базы. Такие операции для деталей небольших габаритов выполняются при сравнительно небольших производственных партиях на токарных станках, для плоских деталей – на сверлильных. В последнюю очередь ведутся операции, заключающиеся в обработке крепежных отверстий (сверление, зенкование, цекование и т.п.).

Обработка отверстий ведется на вертикально-сверлильных станках, иногда с использованием многопозиционных головок, или на агрегатных станках. Если нарезание резьбы на этих станках не может быть осуществлено, то его выделяют и ведут на резьбонарезных станках как самостоятельную операцию.

В общем виде примерный технологический процесс изготовления корпусных плоских деталей можно представить в следующем порядке выполнения операций: фрезерная, токарная, расточная, сверлильная, шлифовальная, резьбонарезная, отделочная.

Операциям механической обработки корпусных деталей предшествуют заготовительные операции. Заготовки корпусных деталей сложной формы получают в основном литьем. Заготовки плоских деталей получают резкой и штамповкой листового проката.

4.1.6. Разработка технологических операций механической обработки заготовок деталей машин

В общем случае разработка технологической операции механической обработки заготовок деталей машин включает следующие стадии:

- определение рациональной структуры операции, что позволит составить или уточнить содержание, последовательность выполнения и возможность совмещения во времени переходов операции;

- выбор средств технологического оснащения;
- определение режимов обработки;
- определение норм времени на переходы;
- оформление операционной карты.

Разработка операции начинается с разбивки детали на операционные элементарные поверхности. При этом одновременно определяется возможность их обработки с помощью определенных средств технологического оснащения.

Последовательность переходов устанавливается в следующем порядке.

1. Выявляют наиболее ответственные поверхности детали и другие поверхности, требующие многократной обработки. Все эти поверхности разбивают на две группы: *a* – поверхности, которые лучше обрабатывать совместно с другими (например, соосные поверхности вращения и прилегающие к ним торцы); *b* – поверхности, явно требующие обработки в отдельной операции (например, зубья зубчатого венца).

2. Выявляют поверхности, допускающие обработку сразу окончательно.

3. Рассматривают последовательно поверхности по пунктам 1 и 2 и выбранные для них схемы обработки. Оценивают однородность этих переходов с точки зрения обеспечения точности обработки, начиная с самых грубых и последовательно переходя к точным поверхностям. Ориентируясь на требуемую точность обработки, учитывая возможности тут же избираемого станка и приспособления, объединяют в один переход обработку сразу нескольких поверхностей.

4. Устанавливают наиболее рациональную последовательность выполнения переходов с учетом их содержания. После определения содержания переходов, включая выбор инструментов, рассматривают возможность сокращения количества инструментов с учетом количества проходов, припусков, обеспечения требуемой точности и качества поверхности. В общем случае операция может содержать один и более установов, а также один и более переходов.

Учитывая, что каждому методу обработки соответствует определенное качество получаемой поверхности, метод окончательной обработки, т.е. содержание последнего перехода, определяется рабочим чертежом. Форма (конфигурация) заготовки облегчает определение первого технологического перехода, например, в исходной заготовке

есть отлитое отверстие, поэтому сверление отсутствует, и обработка начинается растачиванием или зенкерованием. Если заготовка для ступенчатого вала – калиброванный прокат, то отсутствует необходимость точения, поэтому сразу следует шлифовальная операция.

Зная содержание первого и последнего переходов, устанавливают промежуточные, исходя из того, что каждому из них предшествует определенный метод обработки с одинаковой конечной точностью. Например, чистовому развертыванию предшествует предварительное, а предварительному – чистовое зенкерование или сверление.

Режимы обработки определяются с учетом вида применяемой обработки. В частности, режимы резания характеризуются следующими параметрами: глубиной резания t , подачей s , скоростью резания v .

Глубина резания – расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями: $t = (D - d)/2$, мм, где D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм, d – диаметр обработанной поверхности, мм. При черновой обработке назначают по возможности максимальную глубину резания; при чистовой – в зависимости от требований точности и шероховатости обработанной поверхности.

Подача – величина перемещения резца за один оборот обрабатываемой детали, мм/об. В зависимости от направления перемещения резца относительно направляющих станины различают продольную подачу – вдоль направляющих, поперечную – перпендикулярно к направляющим и наклонную – под углом к направляющим станины.

Скорость резания – путь перемещения режущей кромки инструмента относительно поверхности резания в единицу времени: $V = \pi Dn/1000$, м/мин, где D – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм, n – частота вращения заготовки, об/мин. Соответственно, для настройки станка на требуемую скорость резания следует задать частоту вращения шпинделя $n = 1000V/\pi D$, об/мин. Если такого числа оборотов шпинделя у станка нет, то следует произвести пересчет фактической скорости резания по ближайшему числу оборотов, имеющемуся на станке.

Нормы времени на выполнение переходов рассчитываются с учетом норм времени на выполнение соответствующих операций.

Оформление операционной карты проводится путем последовательной записи всех переходов с указанием типов используемых средств технологического оснащения и норм времени на переходы.

При заполнении операционной карты описание содержания переходов следует начинать с ключевых слов, характеризующих способ обработки, в неопределенной форме.

Графической иллюстрацией к операционным картам являются карты операционных эскизов. Если операционных эскизов нет, то при заполнении операционной карты следует применять полную запись переходов, при наличии операционных эскизов достаточно ограничиться сокращенной записью.

Эскиз – это чертеж детали после данной операции с указанием допусков, шероховатости и условных обозначений установочных и опорных поверхностей. Эскиз выполняется либо на специально отведенном месте операционной карты стандартной формы, либо отдельно. На эскизах все поверхности (размеры) снабжаются номерами. Рекомендуется начинать с левого верхнего размера поверхности и далее в направлении движения часовой стрелки. Эскизы выполняются без соблюдения масштаба (но с соблюдением пропорций), деталь ставится в положение, соответствующее положению на станке при обработке. Обрабатываемая поверхность выделяется утолщенной линией.

Над эскизом выполняются надписи с указанием наименования операции, а также типа (модели) станка. Под эскизом указываются данные о режимах резания и нормах времени, оформляемые в виде таблиц. Если операция выполняется за один переход, таблица выполняется без указания содержания перехода. Если операция содержит несколько переходов, то в таблицу включаются графы «номер перехода» и «содержание перехода».

Если одна поверхность последовательно обрабатывается несколькими инструментами и ее размеры меняются, а на карте эскиза указывается один размер, полученный при последнем переходе, то в содержании перехода указывается размер, который получается на каждом переходе (например, «зенкеровать отв. 4, выдерживая диаметр 37, 8Н10»). Размер, получающийся на последнем переходе, в таблице не указывается (например, «развернуть отв. 4»).

4.2. Методические указания

Таблица 4.8

В ходе выполнения работы следует:

1) разработать технологический маршрут механической обработки заготовки заданной детали (вал, зубчатое колесо, корпус) с соответствующим оформлением маршрутной карты;

2) разработать технологическую операцию механической обработки заготовки заданной детали (вал, зубчатое колесо, корпус) с соответствующим оформлением операционной карты, а также карты эскизов на разрабатываемую операцию.

Для разработки технологического маршрута выдаются индивидуальные задания, где указаны номера рабочих чертежей деталей и типы производства. Варианты заданий приведены в приложении 4.1, а соответствующие каждому заданию рабочие чертежи деталей, содержащие необходимые данные по их изготовлению – в приложении 4.2.

Для оформления результатов разработки технологического маршрута предлагается представленная ниже учебная форма маршрутной карты, позволяющая в упрощенном виде отразить основную информацию, связанную с технологическим маршрутом.

Маршрутная карта механической обработки заготовки
(учебная форма)

Наименование детали			
Тип производства			
Метод получения заготовки			
№ операции	Наименование и содержание операции обработки	Технологические базы	Оборудование
1	2	3	4

Примеры заполнения учебной формы маршрутной карты для конкретных условий обработки заготовок показаны в табл. 4.9–4.11.

Типовые фразы для описания вспомогательных и технологических переходов операций механической обработки

Наименование операции	Содержание перехода
1	2
Вспомогательные переходы	Установить деталь. Установить деталь, закрепить, снять. Снять деталь. Установить деталь, выверить, закрепить. Подать пруток до упора. Закрепить. Снять остаток. Запрессовать деталь на оправку. Открепить деталь. Переустановить деталь, закрепить. Выдвинуть пруток на длину. Перезакрепить деталь. Поджечь центром. Установить расточную оправку. Выверить оправку по приспособлению. Установить накладной кондуктор. Откинуть кондукторную плиту. Повернуть кондуктор с деталью на угол.... Переустановить деталь в кондукторе. Закрепить. Повернуть стол с деталью на угол.... Снять кондуктор. Уложить деталь в тару. Повторить переходы...
Токарные операции	Точить поверхность в размер 1 на проход. Точить поверхность в размер 1 и 2. Точить фасонную поверхность в размеры 1, 2, 3. Точить поверхность с подрезкой торца в размеры 1, 2. Точить поверхность с образованием фаски в размеры 1, 2, 3. Одновременно точить <i>n</i> поверхностей в размеры 1, 2, 3, 4. Точить галтель /радиус/ в размер 1. Точить фаску в размер 1. Точить конус в размеры 1, 2, 3, 4. Точить сферу в размер 1. Точить шейку под люнет в размеры 1, 2, 3. Накатать сетчатое рифление в размер 1 по ГОСТ.... Накатать прямое рифление в размер 1 по ГОСТ.... Нарезать профиль червяка, выдержать размеры и ТУ согласно таблице эскиза. Подрезать торец начисто (только для заготовок из прутка). Подрезать торец в размер 1. Подрезать торец буртика в размер 1. Проточить риску в размеры 1, 2, 3. Подрезать торец с проточной канавки в размеры 1, 2, 3. Проточить канавку в размеры 1, 2, 3. Проточить торцевую канавку в размеры 1, 2, 3. Проточить спиральную канавку в размеры 1, 2, 3. Проточить радиусную канавку в размеры 1, 2, 3. Нарезать резьбу в размер 1 на проход. Нарезать резьбу в размеры 1, 2.

1	2
	<p>Нарезать коническую резьбу в размер 1 по ГОСТ..... Накатать резьбу в размер 1 на проход. Накатать резьбу в размер 1, 2. Надрезать заготовку с образованием фаски в размеры 1, 2, 3. Разрезать заготовку на n деталей в размер 1. Отрезать временный центр в размер 1. Отрезать деталь в размер 1. Центровать торец в размер 1. Центровать торец в размеры 1, 2, 3. Править центровое отверстие в размеры 1, 2. Сверлить отверстие в размер 1 на проход. Сверлить отверстие в размеры 1, 2. Рассверлить отверстие в размер 1 на проход. Рассверлить отверстие в размер 1 на проход. Рассверлить отверстие в размеры 1, 2. Зенкеровать отверстие в размер 1 на проход. Зенкеровать отверстие в размеры 1, 2. Расточить отверстие в размер 1 на проход. Расточить фаску в размер 1. Расточить коническое отверстие в размеры 1, 2, 3 на проход. Расточить отверстие с подрезкой дна в размеры 1, 2. Подрезать дно в размер 1. Расточить канавку в размеры 1, 2, 3. Расточить выточку в размеры 1, 2, 3. Расточить сферу (радиус) в размер. Развернуть отверстие в размер 1 на проход. Развернуть отверстие в размеры 1, 2. Развернуть коническое отверстие в размеры 1, 2, 3. Калибровать отверстие в размер 1. Полировать поверхность до.... Раскатать отверстие в размер 1. Обкатать отверстие в размер 1. Навить пружину в размеры 1, 2, 3. Отрубить пружину в размер 1.</p>
Сверлильные операции	<p>Центровать поверхность в размер 1. Центровать торец в размеры 1, 2. Сверлить отверстие в размер 1 на проход. Сверлить отверстие в размеры 1, 2. Рассверлить отверстие в размер 1 на проход. Развернуть отверстие в размеры 1, 2. Развернуть коническое отверстие в размеры 1, 2, 3. Зенковать фаску в размер 1. Расточить кольцевую канавку в размеры 1, 2, 3. Рассверлить отверстие в размеры 1, 2. Зенкеровать отверстие в размеры 1, 2. Зенковать отверстие в размеры 1, 2, 3. Зенкеровать выточку в размеры 1, 2. Зенковать бобышку в размер 1. Зенковать внутреннюю бобышку в размер 1. Нарезать резьбу в размер 1 на проход. Нарезать резьбу в размеры 1, 2.</p>

1	2
	<p>Нарезать коническую резьбу в размер 1 по ГОСТ... Вырезать деталь в размер 1.</p>
Расточные операции	<p>Точить поверхность в размер 1 на проход. Точить поверхность в размеры 1, 2. Подрезать торец в размер 1. Фрезеровать поверхность в размер 1. Фрезеровать паз в размеры 1, 2, 3. Расточить отверстие с подрезкой дна в размеры 1, 2. Зенкеровать отверстие в размер 1 на проход. Зенкеровать отверстие на размеры 1, 2. Развернуть отверстие в размер 1 на проход. Развернуть отверстие на размеры 1, 2. Расточить отверстие в размер 1 на проход. Расточить отверстие в размеры 1, 2. Расточить выточку в размеры 1, 2, 3. Расточить канавку в размеры 1, 2, 3. Расточить фаску в размер 1. Раскатать отверстие в размер 1 на проход. Нарезать резьбу в размер 1 на проход.</p>
Фрезерные операции	<p>Фрезеровать поверхность в размер 1 на проход. Фрезеровать поверхности в размеры 1, 2. Фрезеровать уступ в размеры 1, 2. Фрезеровать паз в размеры 1, 2, 3. Фрезеровать фаску в размер 1. Фрезеровать n поверхностей (торец, ребро и т.д.) в размеры 1, 2, 3. Фрезеровать шпоночный паз в размеры 1, 2, 3. Фрезеровать шлиц в размеры 1, 2. Фрезеровать торец в размер 1. Фрезеровать торцы в размер 1. Фрезеровать паз «ласточкин хвост» в размеры 1, 2 (с одной стороны). Фрезеровать паз «ласточкин хвост» в размеры 1, 2, 3 (с другой стороны). Фрезеровать окно в размер 1, 2, 3. Фрезеровать гнездо в размеры 1, 2, 3. Фрезеровать скос в размеры 1, 2. Фрезеровать ребро в размер 1. Фрезеровать шестигранник в размер 1. Фрезеровать квадрат в размер 1. Фрезеровать лыску в размер 1. Фрезеровать Т-образный паз в размеры 1, 2, 3, 4, 5. Фрезеровать неполные витки червяка на входе и выходе резца до 0,5 толщины (размер 1). Фрезеровать радиус в размер 1. Фрезеровать спиральную канавку в размеры 1, 2, 3. Разрезать деталь на n штук в размер 1. Отрезать заготовку (деталь) в размер 1.</p>

1	2
Строгальные операции	Строгать поверхность в размер 1. Строгать поверхности в размеры 1,2. Строгать уступ в размеры 1,2. Строгать паз в размеры 1, 2, 3. Строгать ребро в размер 1. Строгать канавку в размеры 1, 2, 3. Строгать фаску в размер 1. Строгать Т-образный паз в размеры 1, 2, 3, 4, 5. Строгать паз «ласточкин хвост» в размеры 1, 2 (с двух сторон).
Долбёжные операции	Долбить уступ в размеры 1, 2. Долбить паз в размеры 1, 2, 3. Долбить окно в размеры 1, 2, 3.
Протяжные операции	Протянуть отверстие в размер 1. Протянуть паз в размеры 1, 2. Протянуть шлицевое отверстие в размеры 1, 2, 3, 4. Протянуть окно в размеры 1, 2. Протянуть поверхность в размер 1.
Зубообрабатывающие операции	Фрезеровать зубья, выдержав размеры и ТУ согласно таблице эскиза. Долбить зубья, выдержав размеры и ТУ согласно таблице эскиза. Протянуть зубья, выдержав размеры и ТУ согласно таблице эскиза. Фрезеровать шлицы в размеры 1, 2, 3, 4. Шлифовать зубья, выдержав размеры и ТУ согласно таблице эскиза. Хонинговать зубья, выдержав размеры и ТУ согласно таблице эскиза. Притереть зубья, выдержав размеры и ТУ согласно таблице эскиза. Закруглить зубья в размер 1. Накатать резьбу в размер 1 на проход. Накатать резьбу в размеры 1, 2. Накатать рифления в размеры 1, 2, 3, 4, 5. Накатать шлицы в размеры 1, 2, 3, 4.
Шлифовальные операции	Шлифовать поверхность в размер 1. Шлифовать поверхность в размеры 1, 2. Шлифовать поверхность и торец в размеры 1, 2. Шлифовать галтель (радиус) в размер 1. Шлифовать канавку в размер 1. Шлифовать фаску в размер 1. Шлифовать конус в размеры 1, 2, 3, 4. Шлифовать сферу в размер 1. Шлифовать канавку в размеры 1, 2, 3. Шлифовать отверстие в размер 1, 2. Шлифовать коническое отверстие в размеры 1, 2, 3. Шлифовать дно в размеры 1, 2. Шлифовать фаску в размер 1. Шлифовать торец в размер 1. Шлифовать поверхность в размер 1 на проход. Шлифовать фаску в размер 1. Шлифовать уступ в размеры 1, 2. Шлифовать ребро в размер 1 на проход. Шлифовать паз в размеры 1, 2, 3. Шлифовать центровую фаску в размер 1.

1	2
	Шлифовать резьбу в размер 1 на проход. Шлифовать резьбу в размеры 1, 2. Шлифовать коническую резьбу в размер 1, по ГОСТ Шлифовать профиль <i>n</i> -заходного червяка, выдержав размеры ТУ согласно таблице эскиза. Шлифовать радиус закругления по профилю червяка в размер 1. Шлифовать <i>n</i> шлицев в размеры 1, 2, 3, 4.
Отделочные операции	Хонинговать отверстие в размер до Суперфинишировать поверхность в размер до Суперфинишировать отверстие в размер до Полировать отверстие до.... Полировать поверхность до...
Разметочные операции	Проверить размеры заготовки. Разметить базовые плоскости, осевые линии, центры, контур детали.
Слесарные операции	Зачистить заусеницы (для стали). Притупить острые кромки (для чугуна). Маркировать деталь согласно ТУ на изготовление. Клеймить деталь согласно ТУ на изготовление. Править деталь, выдержав прямолинейность. Запилить фаску. Выгнуть концы пружины. Заправить концы пружины. Зачистить остатки после отрезки. Отогнуть витки на торцах пружины. Подогнуть концы пружины.

Таблица 4.9

Пример заполнения учебной формы маршрутной карты механической обработки заготовки вала

Наименование детали		Вал ступенчатый	
Метод получения заготовки		Резка проката	
№ операции	Наименование и содержание операции обработки	Технологические базы	Оборудование
1	2	3	4
005	Фрезерно-центровальная – фрезерование торцов и центрование	Поверхности опорных шеек и торец	Фрезерно-центровальный станок
010	Токарная – черновая токарная обработка наружных поверхностей	Поверхности центровых отверстий	Токарный станок

1	2	3	4
015	Термическая – отжиг в вертикальном положении		Электрическая печь
020	Токарная – исправление центровых отверстий	Поверхности опорных шеек	Токарный станок
025	Токарная – получистовая токарная обработка поверхностей. Обработка канавок. Обработка резьб	Поверхности центровых отверстий	Токарный станок
030	Токарная – чистовая токарная обработка поверхностей шеек	Поверхности центровых отверстий	Токарный станок
035	Фрезерная – фрезерование шпоночных канавок	Поверхности опорных шеек	Шпоночно-фрезерный станок
040	Шлицефрезерная – фрезерование шлицов	Поверхности центровых отверстий	Шлицефрезерный станок
045	Контрольная – промежуточный контроль	–	Стол ОТК
050	Термическая – закалка	–	Электропечь
055	Центрошлифовальная – восстановление центровых отверстий	Поверхности шеек и центровых отверстий	Центрошлифовальный станок
060	Шлифовальная – предварительное шлифование шеек	Поверхности центровых отверстий	Круглошлифовальный станок
065	Шлицешлифовальная – шлифование поверхностей шлицов	Поверхности шеек и центровых отверстий	Шлицешлифовальный станок
070	Шлифовальная – чистовое шлифование шеек	Поверхности шеек и центровых отверстий	Круглошлифовальный станок
075	Моечная – мойка деталей	–	Моечный агрегат
080	Контрольная – окончательный контроль	–	Стол ОТК

Пример заполнения учебной формы маршрутной карты механической обработки заготовки зубчатого колеса

Наименование детали		Зубчатое колесо цилиндрическое	
Метод получения заготовки		Штамповка горячая	
№ операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	Оборудование
1	2	3	4
005	Токарная – черновая токарная обработка наружных поверхностей и отверстий	Наружная поверхность и торец	Токарный станок
010	Термическая – отжиг	–	Электрическая печь
015	Протяжная – протягивание отверстия (шлицевого, шпоночного и т. п.)	Поверхность отверстия и торец	Протяжный станок
020	Токарная – получистовая токарная обработка наружных поверхностей	Поверхность отверстия и торец	Токарный станок
025	Токарная – чистовая токарная обработка наружных поверхностей	Поверхность отверстия и торец	Токарный станок
030	Контрольная – промежуточный контроль	–	Стол ОТК
035	Зубофрезерная – черновое нарезание зубьев	Поверхность отверстия и торец	Зубофрезерный станок
040	Зубозакругляющая – округление зубьев	Поверхность отверстия и торец	Зубозакругляющий станок
045	Зачистная – зачистка заусенцев и мойка	–	Автомат зачистки и мойки
050	Шевинговальная – шевингование зубьев	Поверхность отверстия и торец	Шевинговальный автомат

1	2	3	4
055	Моечная – мойка деталей	–	Моечный агрегат
060	Контрольная – промежуточный контроль	–	Стол ОТК
065	Термическая – закалка	–	Установка ТВЧ
070	Калибровочная (при необходимости) – калибровка шлицевых поверхностей	Торец	Калибровочный автомат
075	Зубообкатная (при необходимости) – обкатка зубьев	Поверхность отверстия и торец	Зубообкатной автомат
080	Шлифовальная – шлифование отверстия и базового торца	Делительная окружность и торец	Внутришлифовальный станок
085	Шлифовальная – шлифование противобазового торца	Базовый торец	Плоскошлифовальный станок
090	Шлифовальная – шлифование зубьев	Поверхность отверстия и торец	Зубошлифовальный станок
095	Моечная – мойка деталей	–	Моечный агрегат
100	Контрольная – окончательный контроль	–	Стол ОТК

Пример заполнения учебной формы маршрутной карты механической обработки заготовки корпусной детали

Наименование детали		Крышка корпуса	
Метод получения заготовки		Литье в песчано-глинистые формы	
№ операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	Оборудование
1	2	3	4
005	Фрезерная – фрезерование базовой поверхности и обработка двух технологических отверстий	Противобазовая плоскость и поверхность отлитых отверстий	Универсальный фрезерный станок
010	Фрезерная – черновое фрезерование плоских поверхностей	Плоскость и два технологических отверстия	Фрезерный станок
015	Расточная – черновое растачивание отверстий	Плоскость и два технологических отверстия	Расточный станок
020	Термическая – старение	-	Электрическая печь
025	Фрезерная – чистовое фрезерование базовой плоскости и исправление двух технологических отверстий	Поверхности основных отверстий и обработанные плоскости	Универсальный фрезерный станок
030	Фрезерная – получистовое фрезерование плоских поверхностей	Плоскость и два технологических отверстия	Фрезерный станок
035	Расточная – получистовое растачивание отверстий	Плоскость и два технологических отверстия	Расточный станок
040	Сверлильная – сверление крепежных отверстий, зенкерование фасок, нарезание резьбы	Плоскость и два технологических отверстия	Сверлильный станок
045	Фрезерная – чистовое фрезерование плоских поверхностей	Плоскость и два технологических отверстия	Фрезерный станок

1	2	3	4
050	Расточная – чистовое растачивание отверстий	Плоскость и два технологических отверстия	Расточный станок
055	Шлифовальная – шлифование (отделка) плоских поверхностей	Противолежащие плоские поверхности	Плоскошлифовальный станок
060	Внутришлифовальная – шлифование (отделка отверстий)	Плоскость и два технологических отверстия	Внутришлифовальный станок
065	Моечная – мойка деталей	–	Моечный агрегат
070	Контрольная – окончательный контроль	–	Стол ОТК

Разработку технологического маршрута рекомендуется вести в следующем порядке:

- выполнить анализ рабочего чертежа детали;
- выбрать заготовку с учетом конструктивных особенностей детали и типа производства;
- выбрать способы механической обработки заготовки с учетом требуемых значений точности обработки и параметров шероховатости обрабатываемых поверхностей (табл. 4.12);
- выбрать технологические базы и схемы установки заготовок;
- определить последовательность и содержание операций механической обработки отдельных поверхностей заготовки с учетом требуемой точности обработки и качества поверхности детали и выбранной заготовки;
- выбрать средства технологического оснащения;
- определить рациональную последовательность и содержание операций обработки заготовки в целом;
- оформить маршрутную карту.

Экономически целесообразные точность обработки и шероховатости поверхностей для разных видов обработки резанием

Вид обработки	Квалитет точности обработки	Шероховатость поверхности Ra , мкм
1	2	3
Обтачивание:		
черновое	14-12	50-25
получистовое	13-11	25-12,5
чистовое	10-8	12,5-6,3
тонкое	8-6	1,25-0,63
Растачивание:		
черновое	13-11	25-12,5
чистовое	10-8	12,5-6,3
тонкое	8-6	1,25-0,63
Фрезерование:		
черновое	13-11	25-12,5
чистовое	10-8	6,3-1,25
Сверление	13-11	6,3-1,25
Зенкерование	11, 10	25-6,3
Развертывание:		
черновое	10-8	3,2-1,6
чистовое	8,7	1,25-0,63
Протягивание:		
черновое	11, 10	3,2-1,6
чистовое	9-7	1,25-0,63
Шлифование:		
черновое	10-8	2,5-1,25
чистовое	8-6	1,25-0,63
Хонингование:		
черновое	9-7	2,5-0,63
чистовое	7,6	0,63-0,08
Суперфиниширование	6,5	0,63-0,16
Притирка	7,5	0,63-0,04
Полирование	7,5	0,63-0,02
Алмазное выглаживание	9,6	1,25-0,16

Для разработки технологической операции используются исходные данные, полученные при выполнении типовой операции механической обработки заданной детали на станке (токарном, фрезерном, сверлильном или др.).

Для оформления результатов разработки технологической операции предлагается заполнить представленную ниже учебную форму операционной карты, позволяющую в упрощенном виде отразить основную информацию, связанную с технологической операцией.

Операционная карта механической обработки заготовки
(учебная форма)

Наименование детали		
Наименование операции		
Оборудование		
№ перехода	Содержание перехода. Приспособление, инструмент. Размеры обработки (D или B , L). Режим обработки (t , i , s , n , v).	
1	2	

Пример заполнения учебной формы операционной карты для конкретных условий обработки заготовки показан в таблице 4.13.

Таблица 4.13

Пример заполнения учебной формы операционной карты
механической обработки заготовки

Наименование детали		Вал					
Наименование операции		Токарная					
Оборудование		Токарно-винторезный станок					
1	2						
№ перехода	Содержание перехода. Приспособление, инструмент. Размеры обработки. Режим обработки.						
1	Установить заготовку. ПР: патрон.						
2	Подрезать торец, выдерживая размер 1. ИР: резец. СИ: штангенциркуль.						
	D	L	t	i	S	n	V
	45	22,5	2,5	1	0,25	800	113
3	Центровать торец отверстием. ИР: сверло.						
	D	L	t	i	S	n	V
	-	12,6	-	1	0,20	400	11,3
4	Точить поверхность, выдерживая размеры 1, 2. См. переход 2. ПР: центр.						
	D	L	t	i	S	n	V
	45	210	2,5	1	0,43	1000	141,3

1	2					
5	Точить фаску. См. переход 2.					
	D		D		D	
	40		40		40	40
6	Снять заготовку.					

Примечание. ПР – приспособление, ИР – режущий инструмент, СИ – средство измерения

Разработку технологической операции обработки заготовки рекомендуется вести в следующем порядке:

- выполнить заданную операцию механической обработки заготовки детали на станке;

- на основании анализа выполненной операции определить данные, необходимые для заполнения операционной карты: структурные элементы операции (переходы); средства технологического оснащения (станок, приспособление, режущий и вспомогательный инструмент, средства измерения); размеры обработки (D или B – наибольший диаметр или ширина обработки, L – длина рабочего хода в направлении траектории обработки); режим обработки (t – глубина резания, i – число рабочих ходов, необходимое для снятия припуска в данном переходе, s – подача, n – частота вращения шпинделя станка, v – скорость резания);

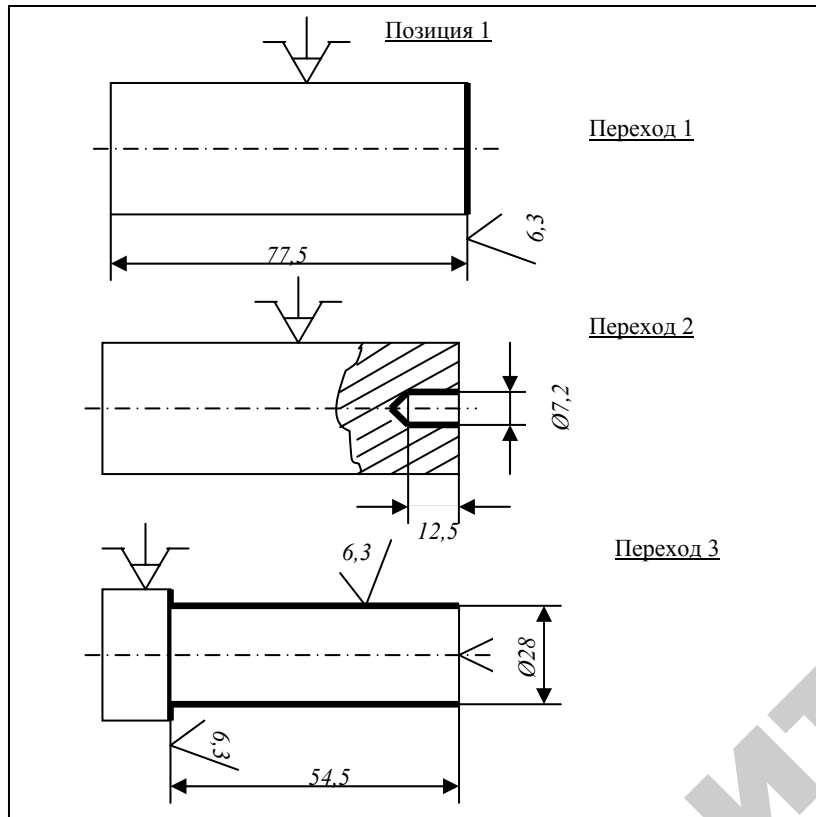
- оформить операционную карту.

Для графической иллюстрации информации, отраженной в операционной карте, предлагается заполнить учебную форму карты эскизов, позволяющую в упрощенном виде отразить особенности обработки заготовки на разных переходах. Эскизы представляют собой графические изображения заготовки с выделением обрабатываемых поверхностей утолщенной линией и с указанием их размеров и шероховатости, а также с обозначением баз, опор и зажимов приспособлений.

Пример заполнения учебной формы карты эскизов для конкретных условий обработки заготовки показан в таблице 4.14.

Таблица 4.14

Пример выполнения учебной формы карты эскизов заготовки, подвергаемой механической обработке



Примечание. Переход 1 – обработка торцевой поверхности, переход 2 – центрование, переход 3 – обработка цилиндрической поверхности.

4.3. Порядок выполнения работы

1. Изучить порядок маршрутного и операционного описания механической обработки заготовок.
2. Составить маршрутное описание механической обработки заготовки в соответствии с заданием: определить тип производства;

выбрать заготовку; установить последовательность и содержание технологических операций; определить технологические базы; выбрать технологическое оснащение; заполнить маршрутную карту.

3. Выполнить технологическую операцию механической обработки заготовки на металлорежущем станке и составить операционное описание обработки с учетом условий выполнения операции; заполнить операционную карту и карту эскизов.

4. Составить отчет.

4.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Основные положения.
3. Маршрутная карта.
4. Операционная карта и карта эскизов.
5. Выводы.

4.5. Контрольные вопросы

1. Какова структура технологического процесса изготовления детали?
2. Каковы основные виды технологической документации?
3. Каковы стадии разработки технологического процесса?
4. Какие исходные данные необходимы для разработки технологического процесса?
5. Как зависит характер технологического процесса от типа производства?
6. Чем следует руководствоваться при выборе технологических баз и средств технологического оснащения?
7. Чем следует руководствоваться при определении последовательности технологических операций и технологических переходов обработки заготовки?

Рекомендуемая литература [1; 2; 12–17].

Приложение 4-1

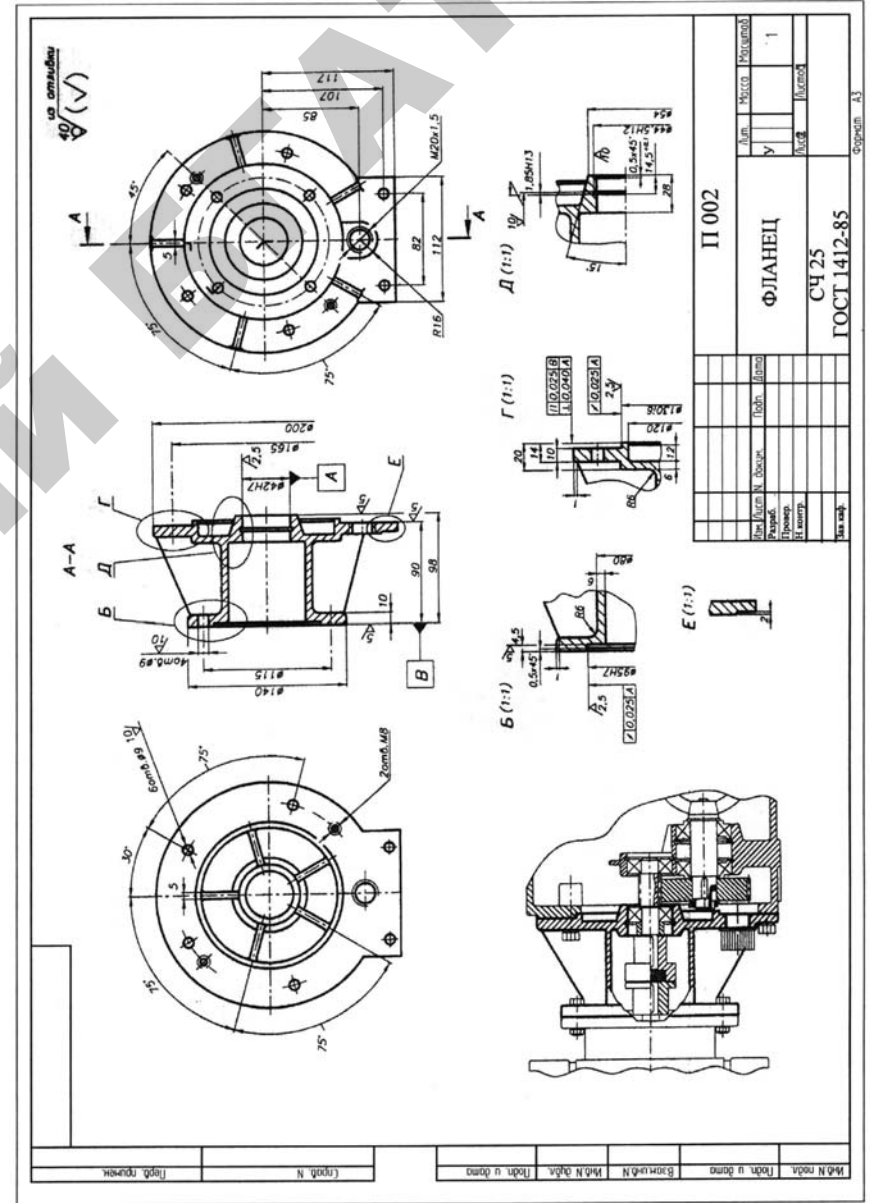
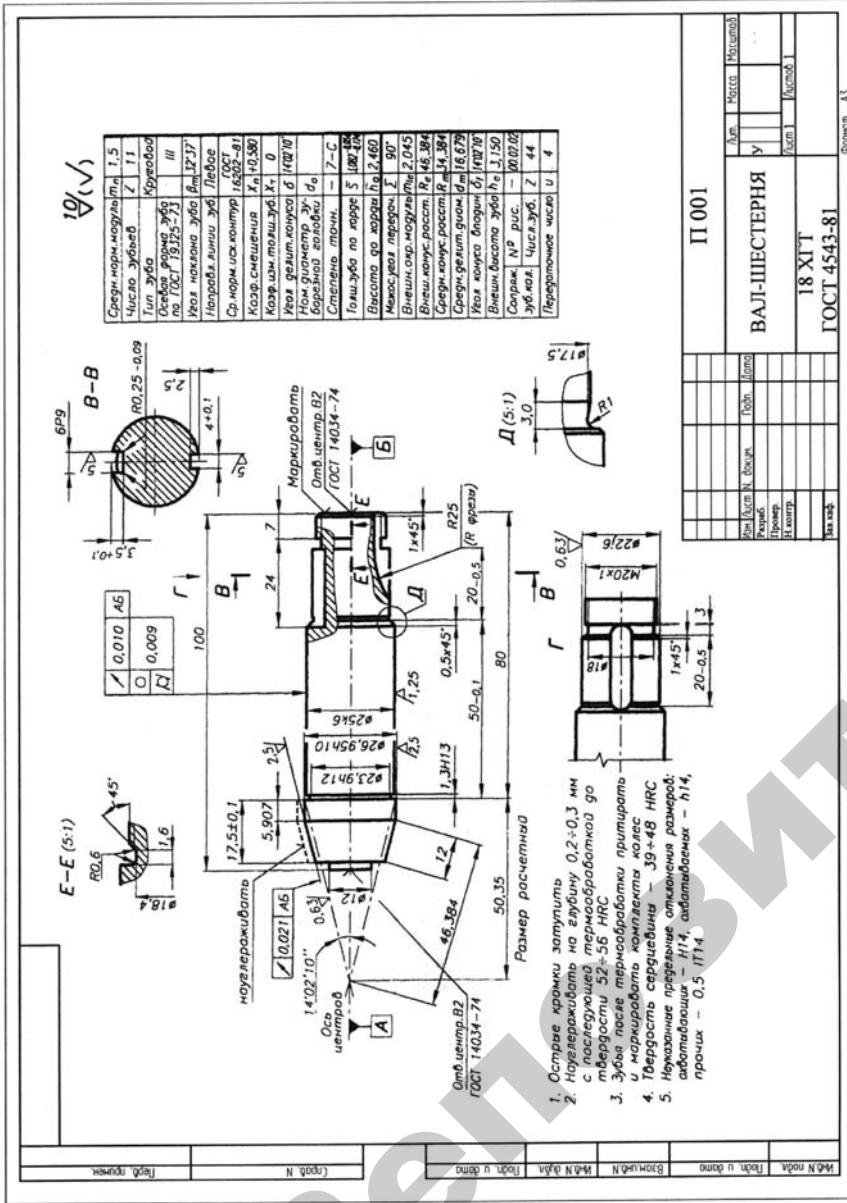
Варианты заданий к работе

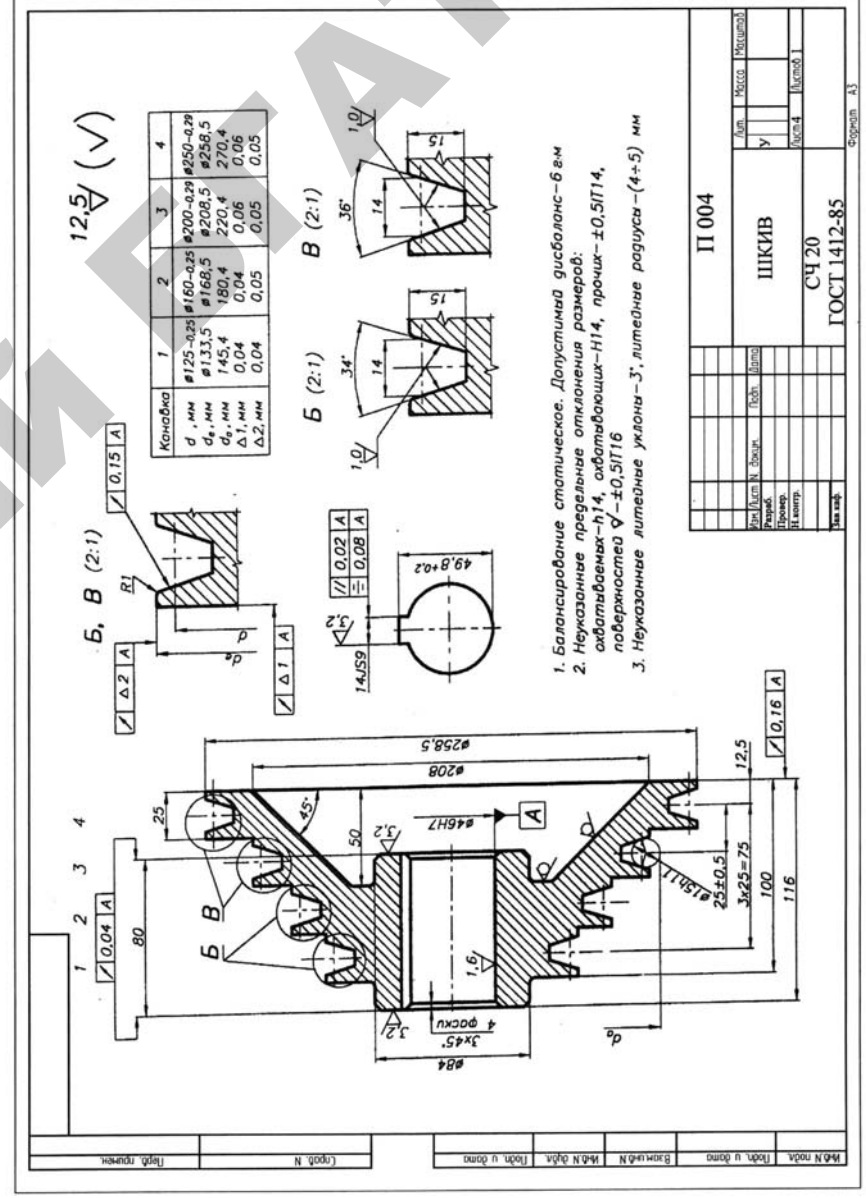
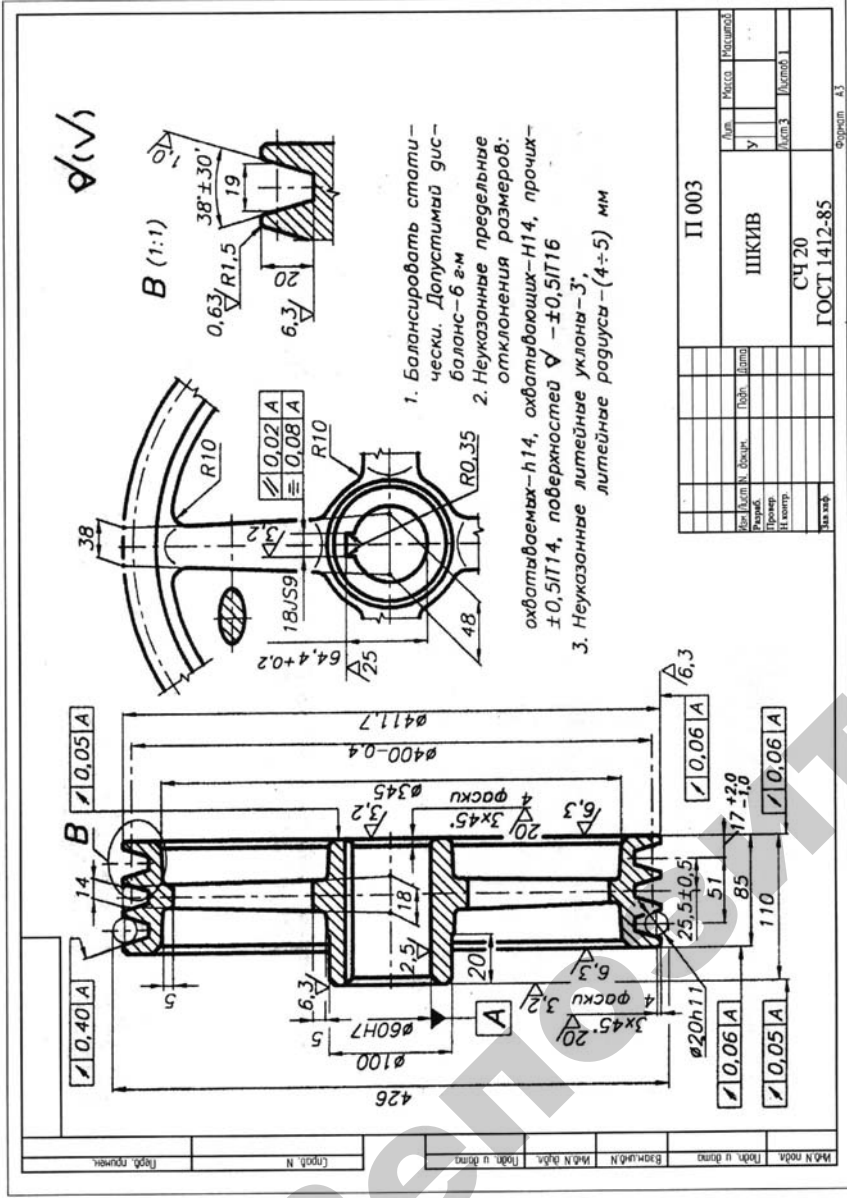
Номер варианта	№ чертежа детали*	Данные для определения типа производства (M, кг / N, шт.)	Номер варианта	Номер чертежа детали*	Данные для определения типа производства (M, кг / N, шт.)
1	2	3	4	5	6
1	П-001	$M > 50 / N < 5$	16	П-016	$M > 50 / N = 5-1000$ $P > 25$
2	П-002	$M > 50 / N = 5-1000$ $P = 2-5$	17	П-017	$1 < M \leq 50 / N < 10$
3	П-003	$M > 50 / N = 5-1000$ $P = 6-25$	18	П-018	$1 < M \leq 50 /$ $N = 10-5000$ $P = 5-25$
4	П-004	$M > 50 / N = 5-1000$ $P > 25$	19	П-019	$1 < M \leq 50 /$ $N = 10-5000$ $P = 26-200$
5	П-005	$1 < M \leq 50 / N < 10$	20	П-020	$1 < M \leq 50 /$ $N = 10-5000$ $P > 200$
6	П-006	$1 < M \leq 50 /$ $N = 10-5000$ $P = 5-25$	21	П-021	$M < 1 / 10 \leq N < 100$
7	П-007	$1 < M \leq 50 /$ $N = 10-5000$ $P = 26-200$	22	П-022	$M < 1 /$ $N = 100-50\ 000$ $P = 10-50$
8	П-008	$1 < M \leq 50 /$ $N = 10-5000$ $P > 200$	23	П-023	$M < 1 /$ $N = 100-50\ 000$ $P = 51-300$
9	П-009	$M < 1 / 10 \leq N < 100$	24	П-024	$M < 1 /$ $N = 100-50\ 000$ $P > 300$
10	П-010	$M < 1 /$ $N = 100-50\ 000$ $P = 10-50$	25	П-001	$M > 50 / N < 5$
11	П-011	$M < 1 /$ $N = 100-50\ 000$ $P = 51-300$	26	П-002	$M > 50 /$ $N = 5-1000$ $P = 2-5$

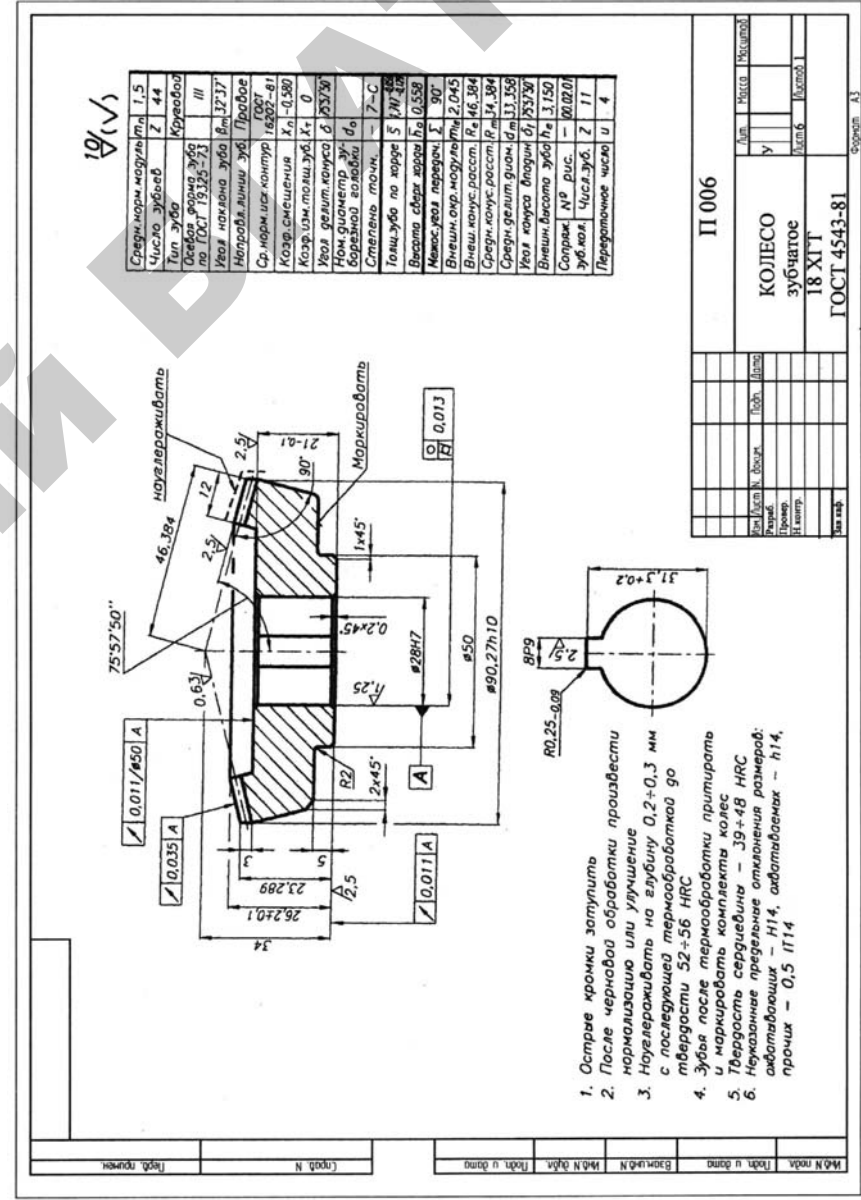
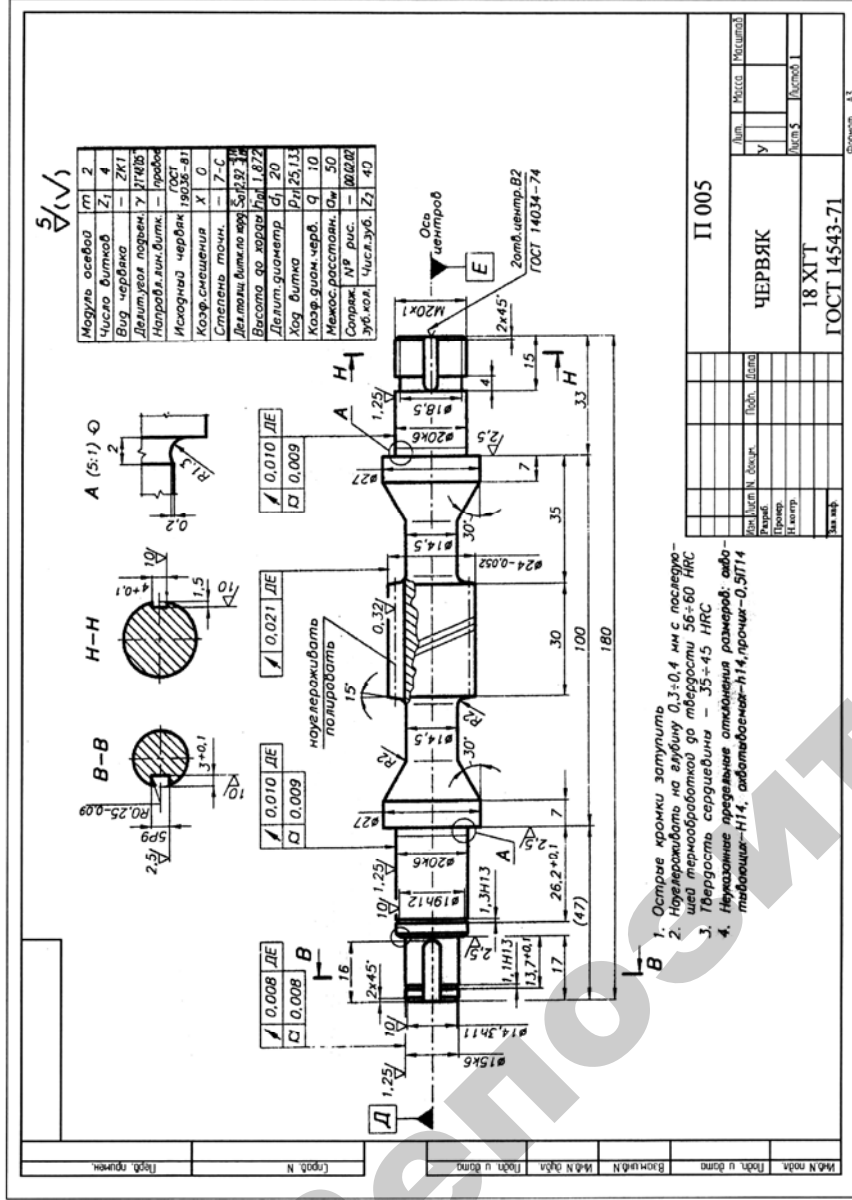
Окончание приложения 4-1

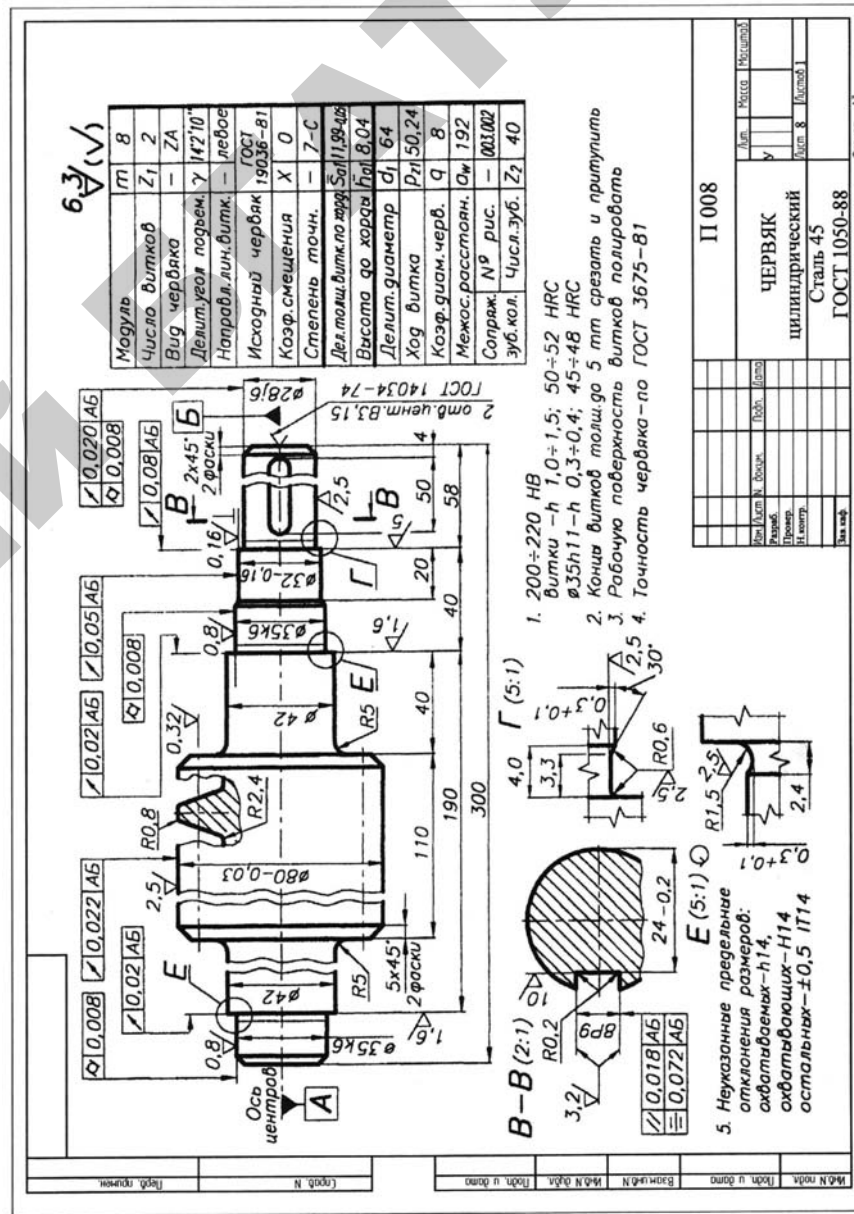
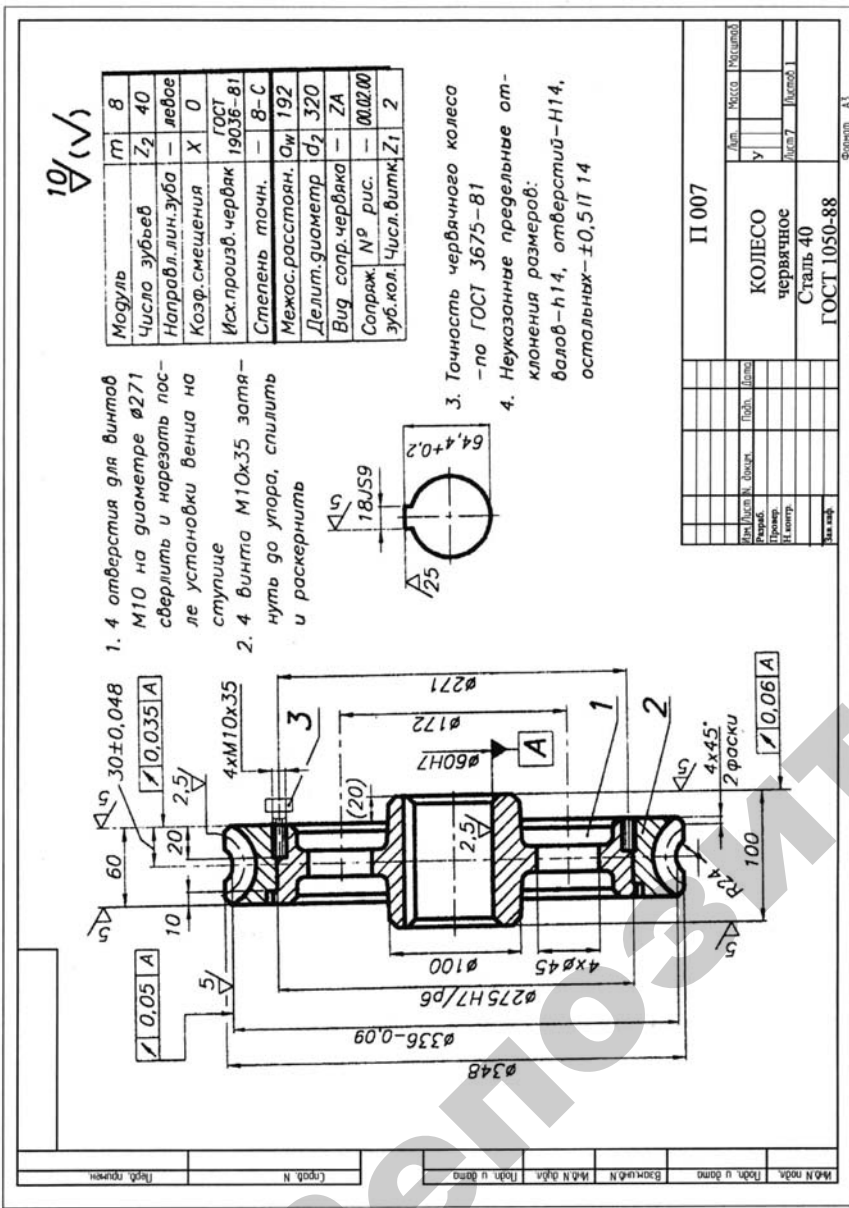
1	2	3	4	5	6
12	П-012	$M < 1 /$ $N = 100-50\ 000$ $P > 300$	27	П-003	$M > 50 / N = 5-1000$ $P = 6-25$
13	П-013	$M > 50 / N < 5$	28	П-004	$M > 50 / N = 5-1000$ $P > 25$
14	П-014	$M > 50 / N = 5-1000$ $P = 2-5$	29	П-005	$1 < M \leq 50 / N < 10$
15	П-015	$M > 50 / N = 5-1000$ $P = 6-25$	30	П-006	$1 < M \leq 50 /$ $N = 10-5000$ $P = 5-25$

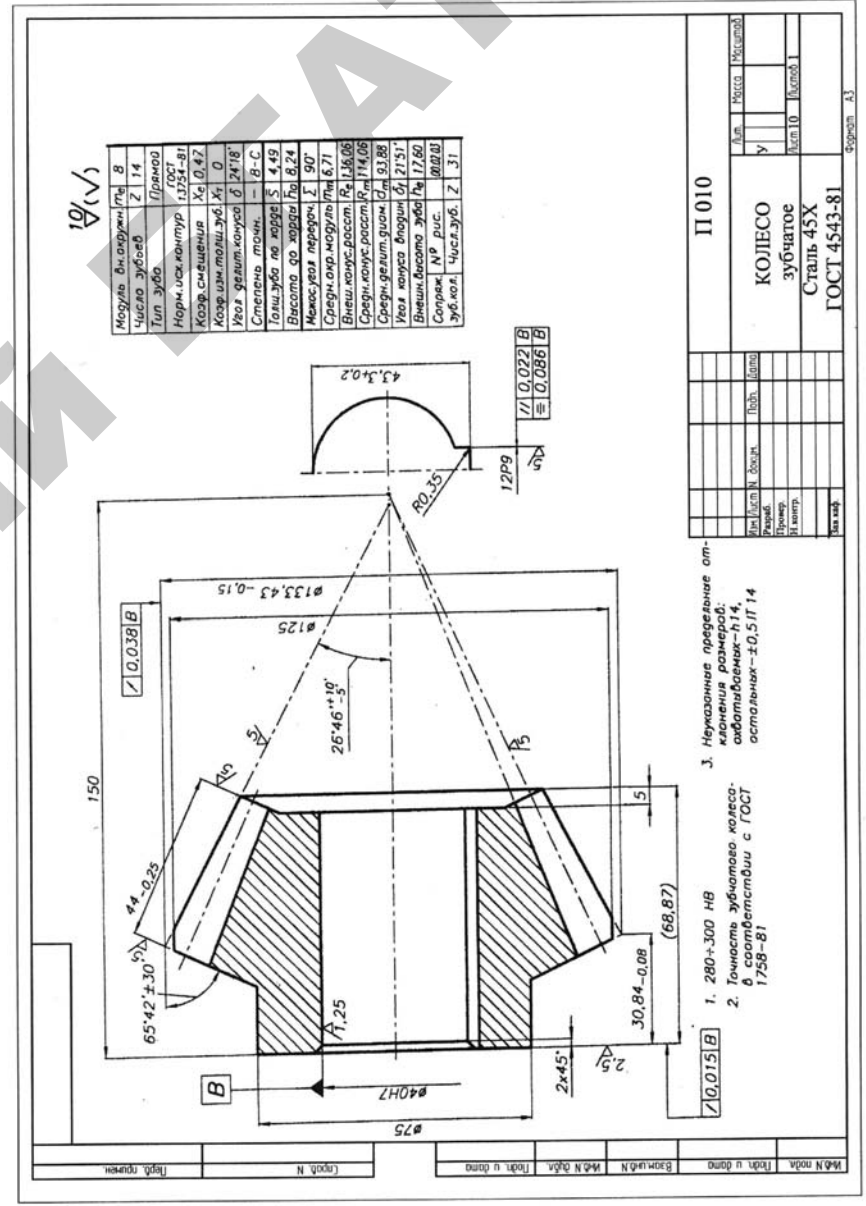
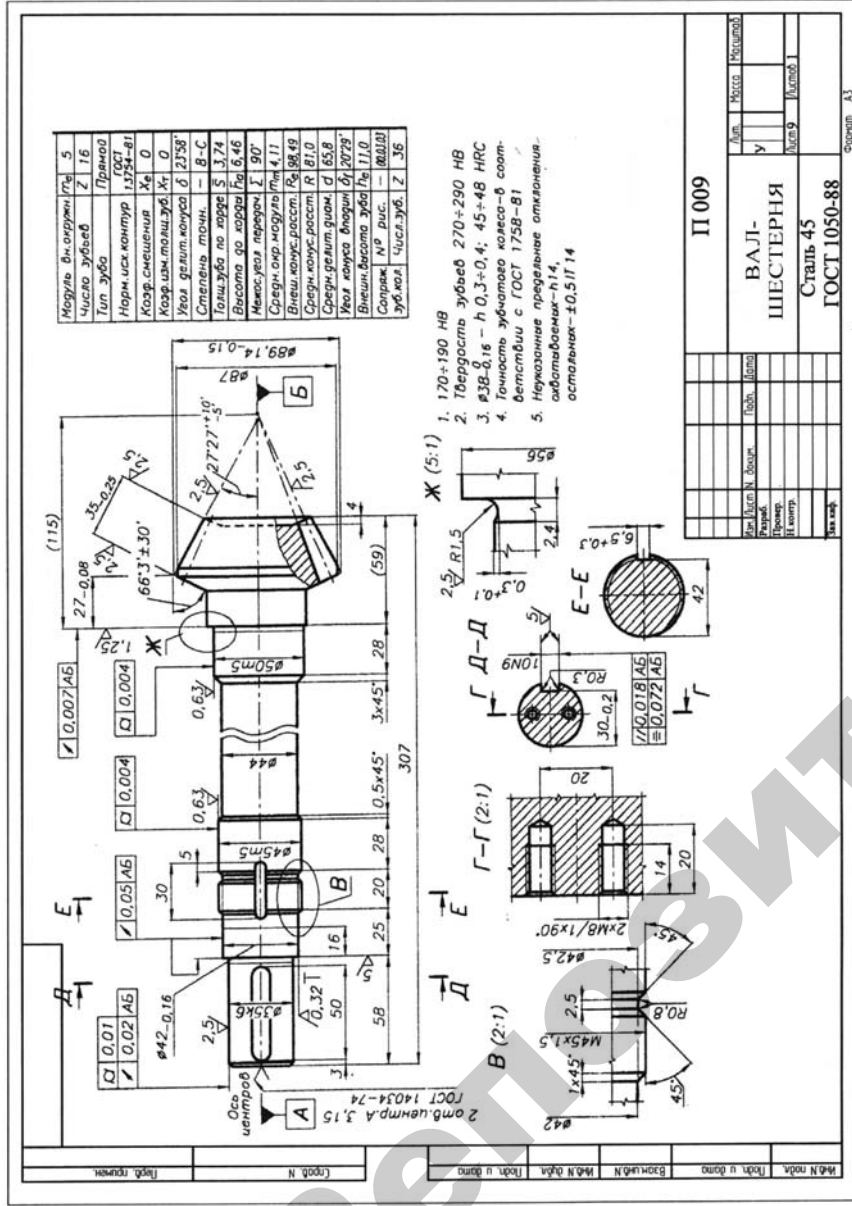
* Чертежи деталей даны в приложении 4-2.

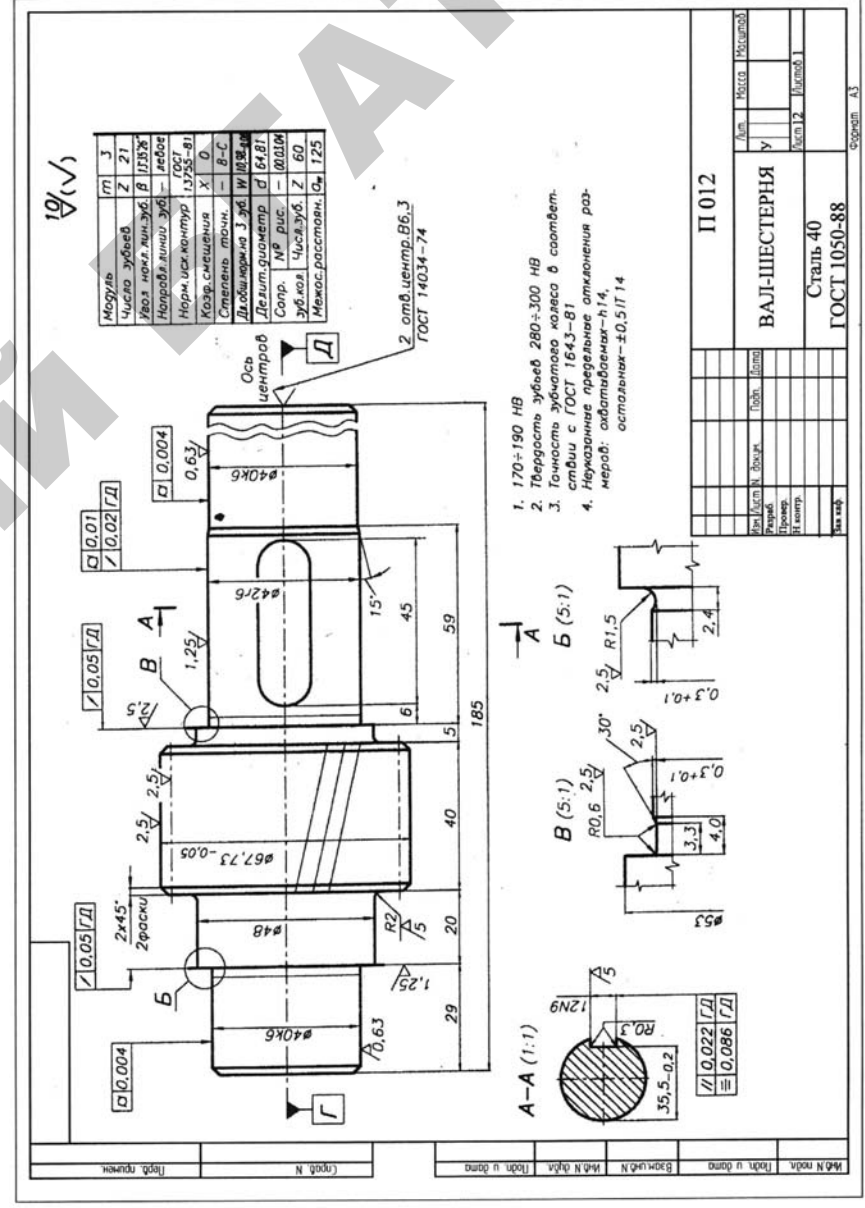
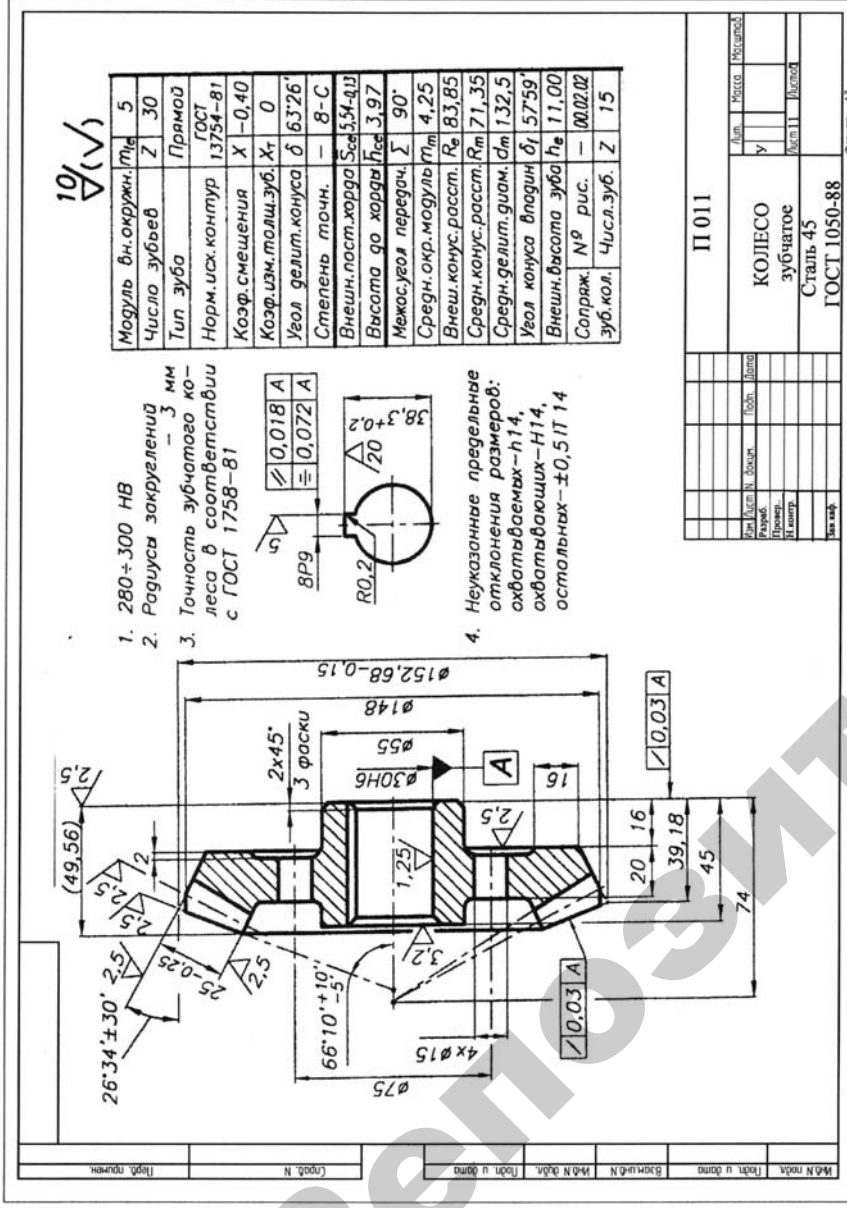


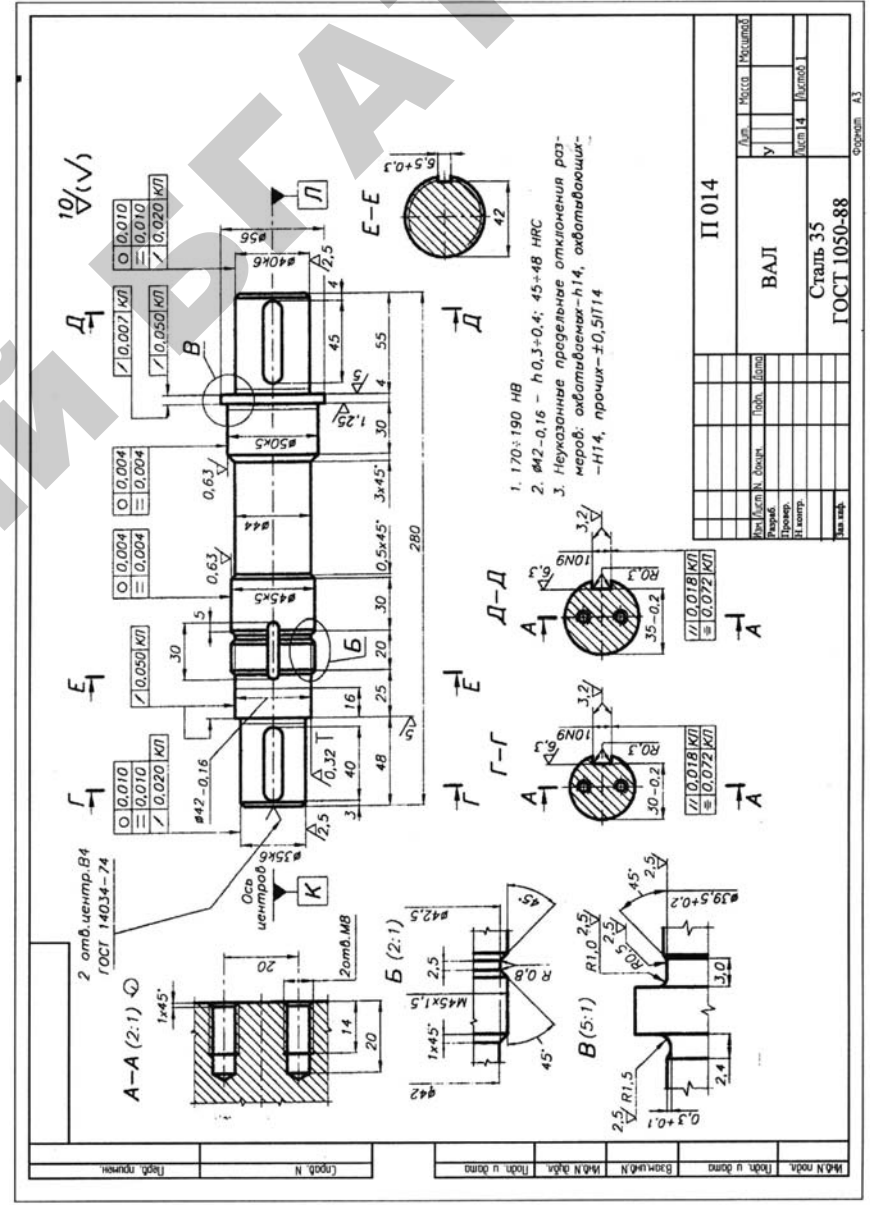
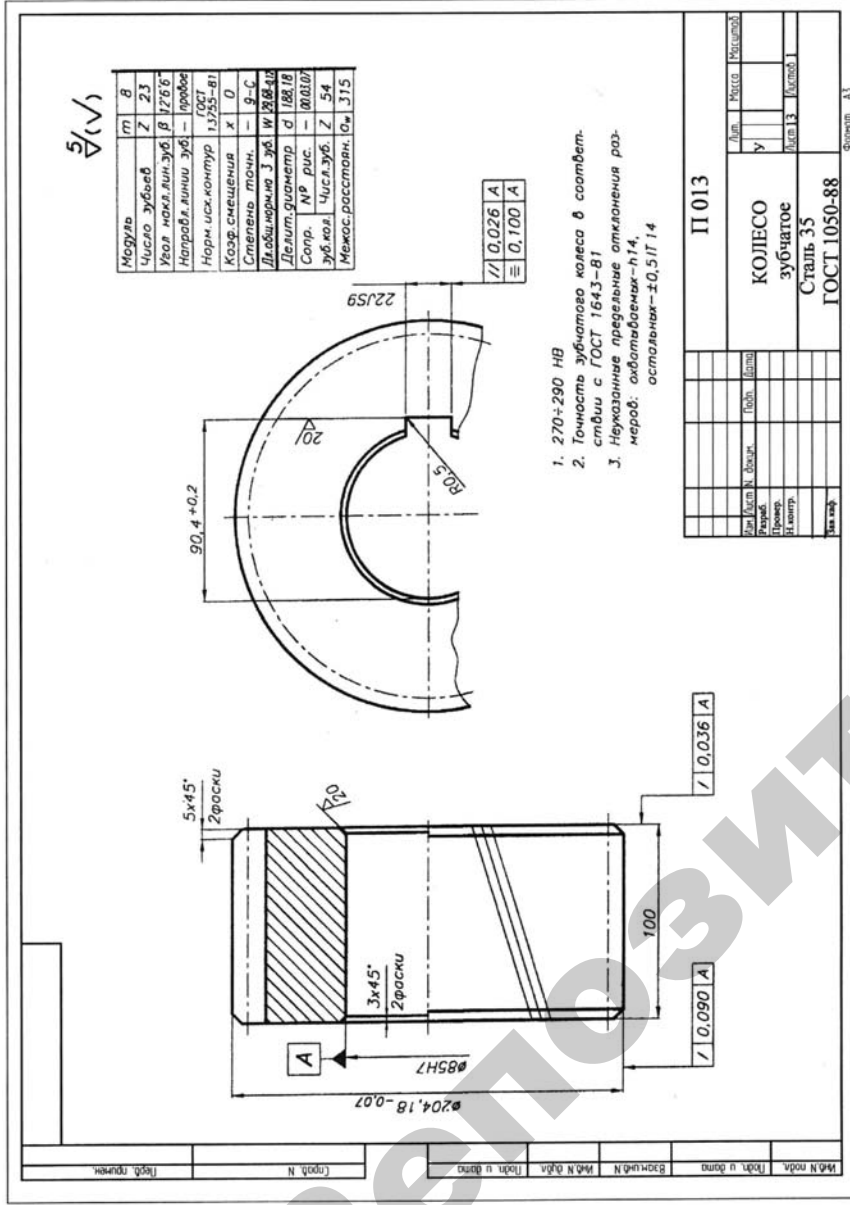


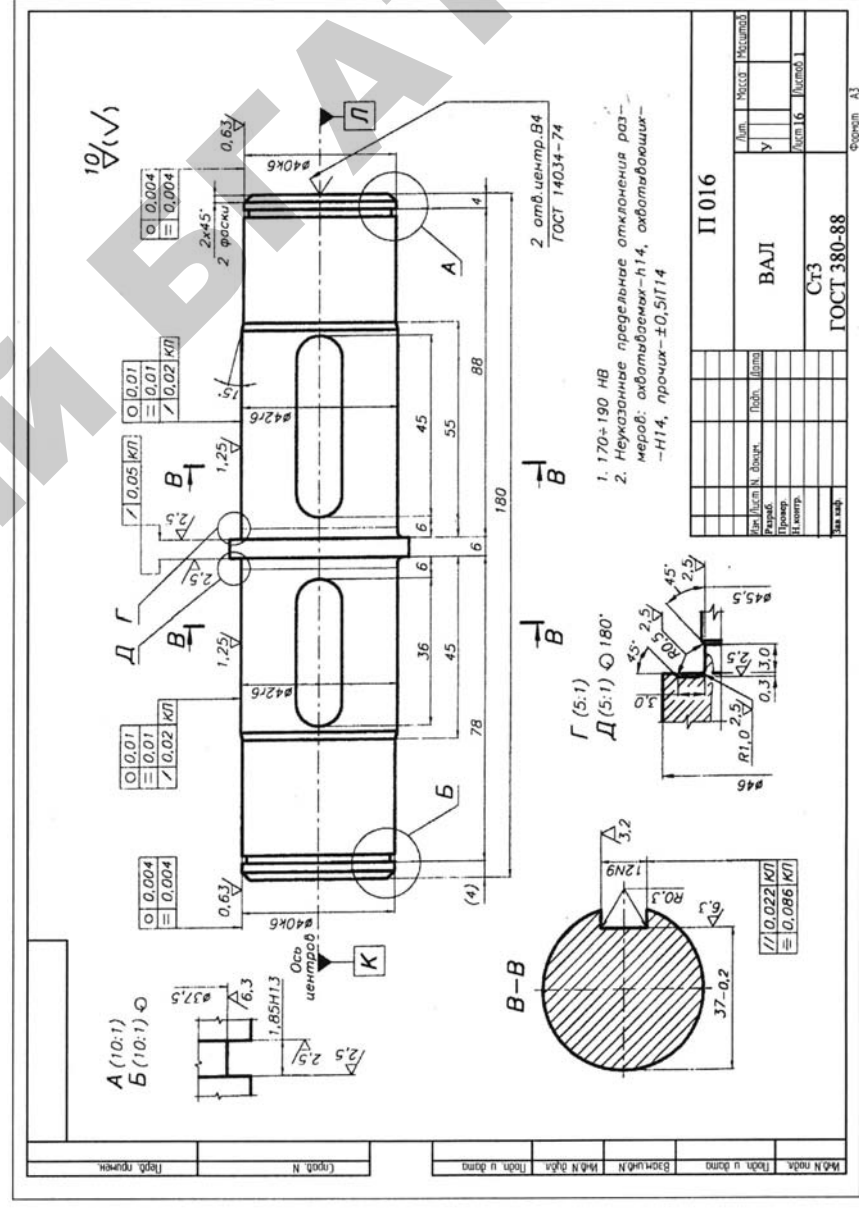
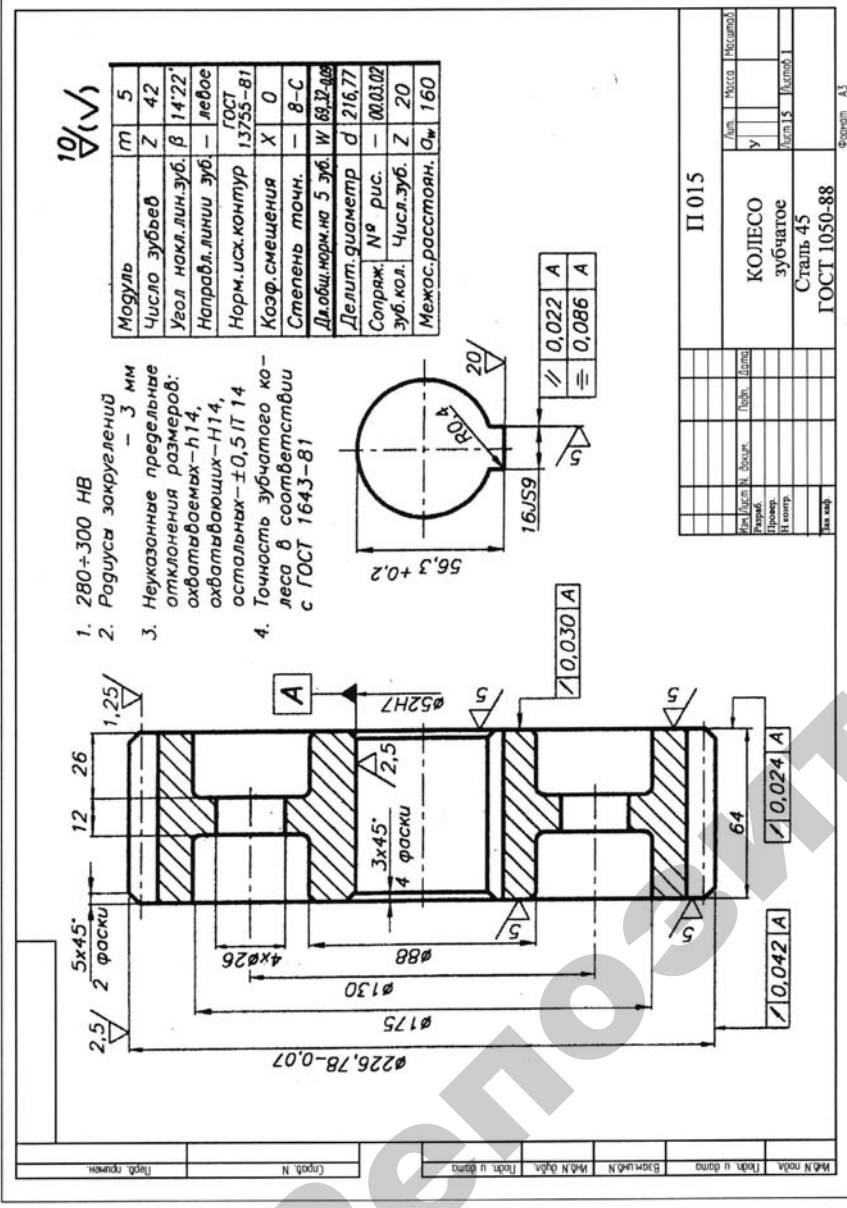


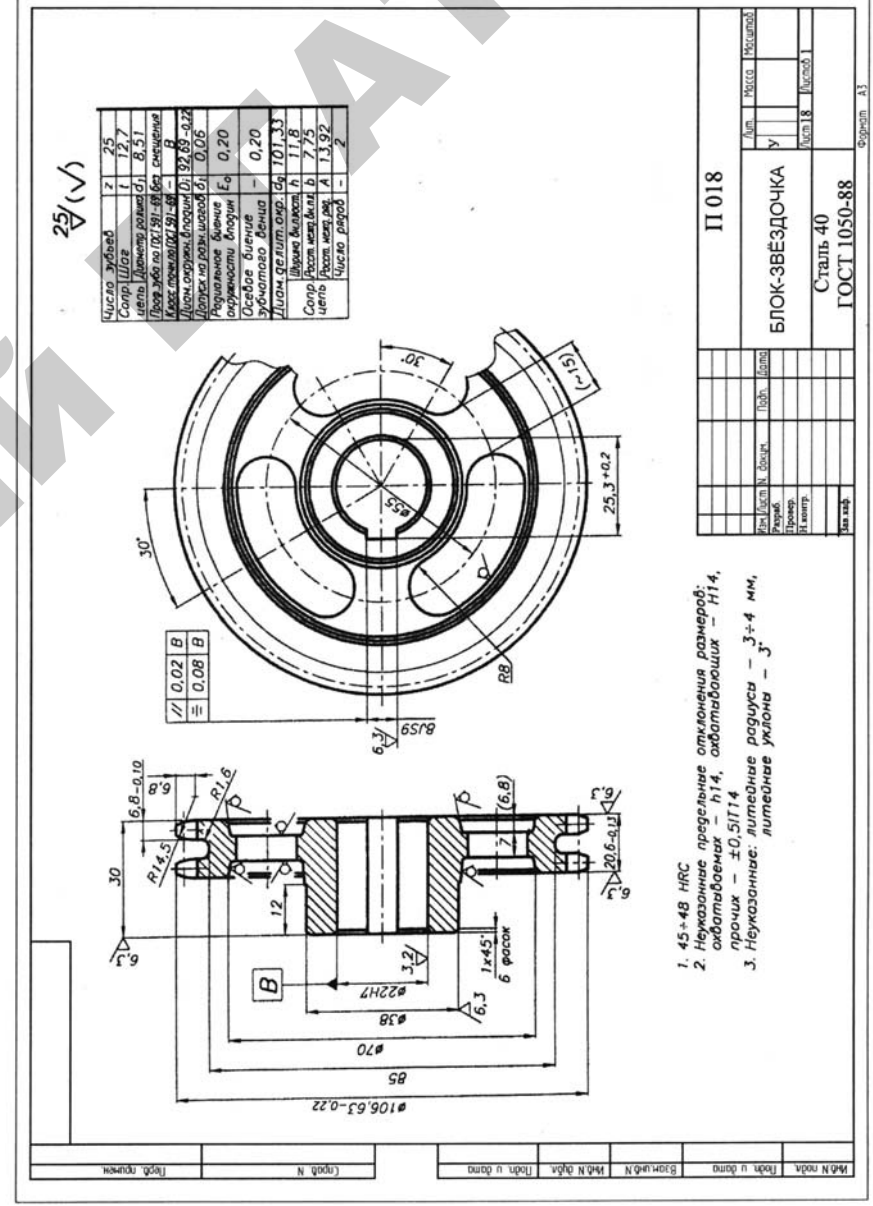
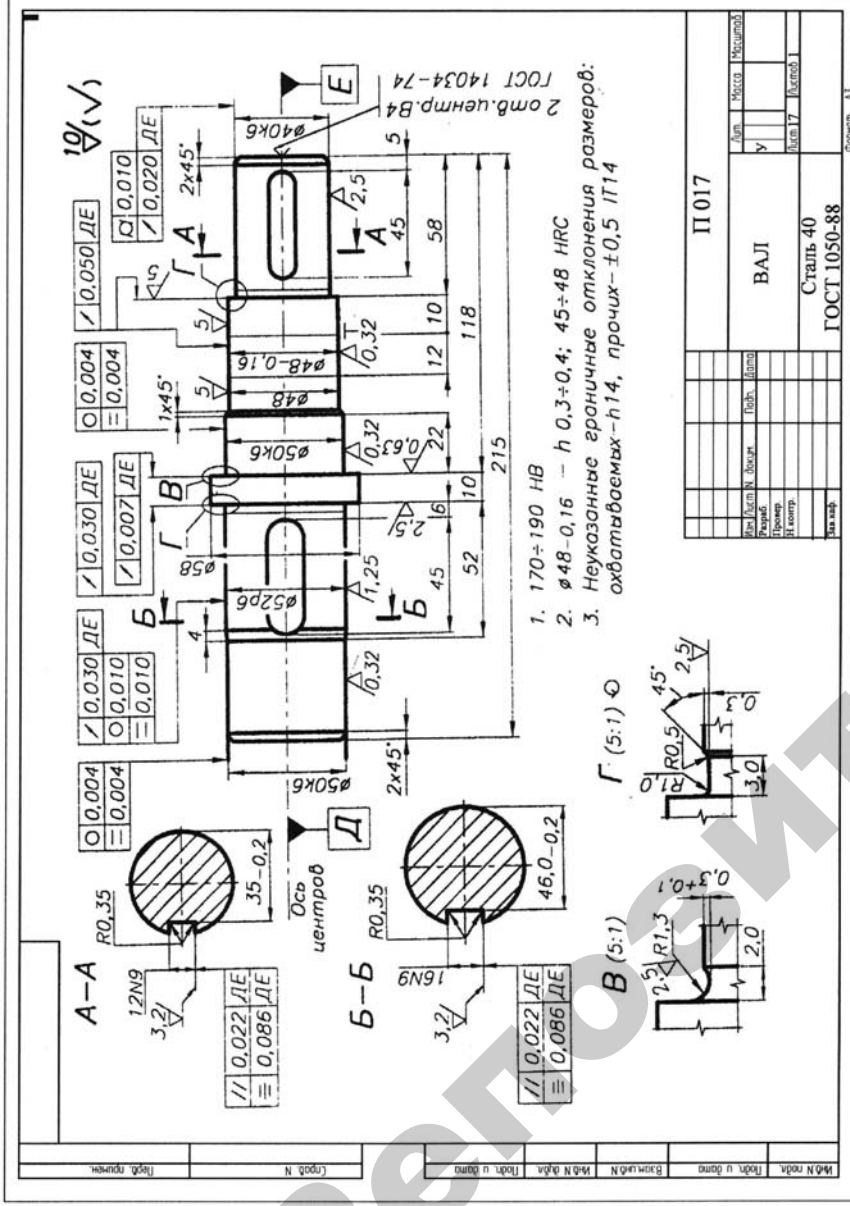


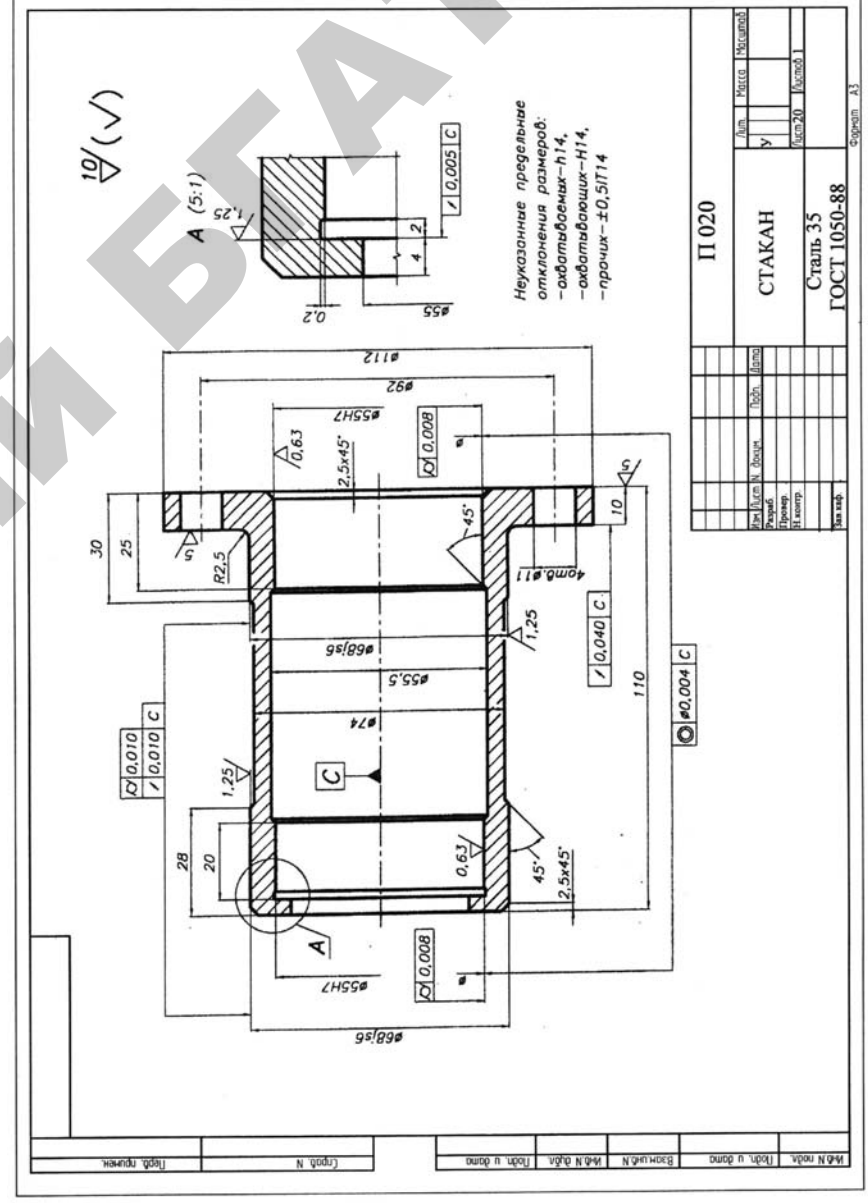
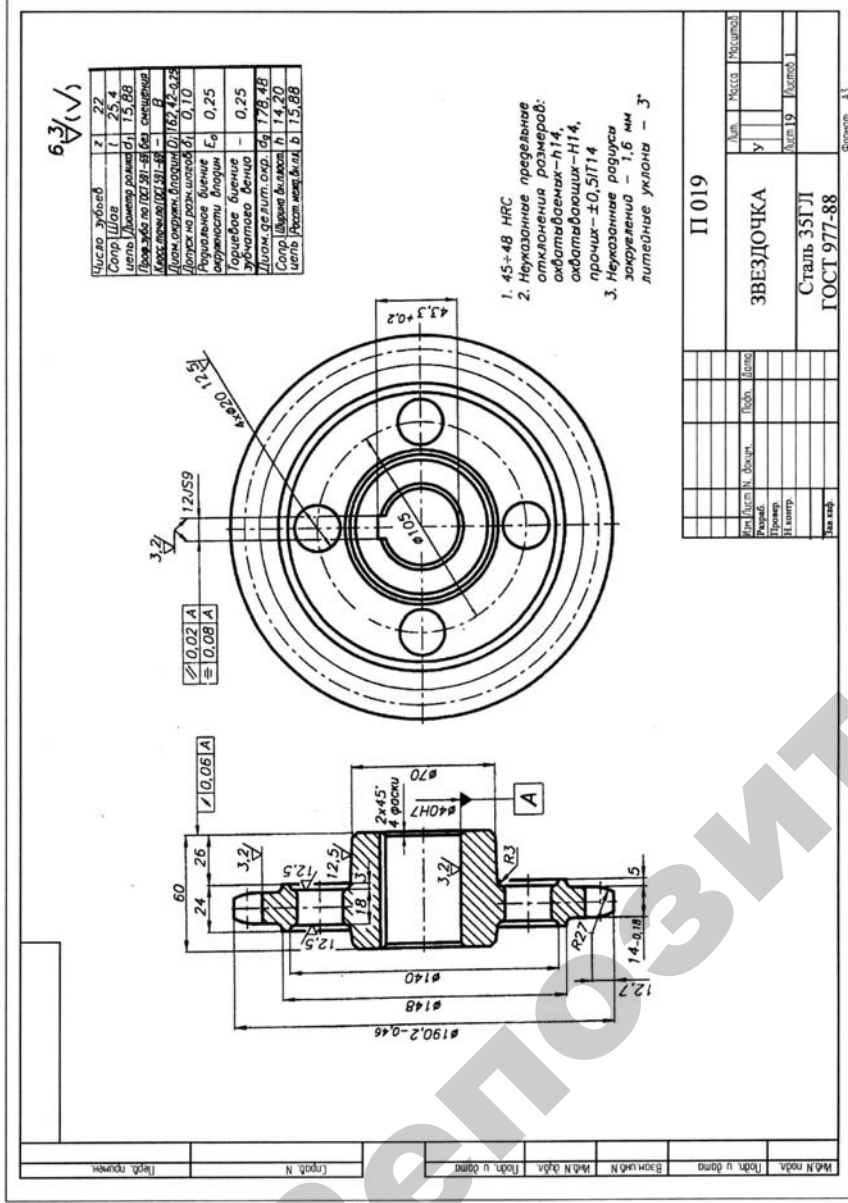


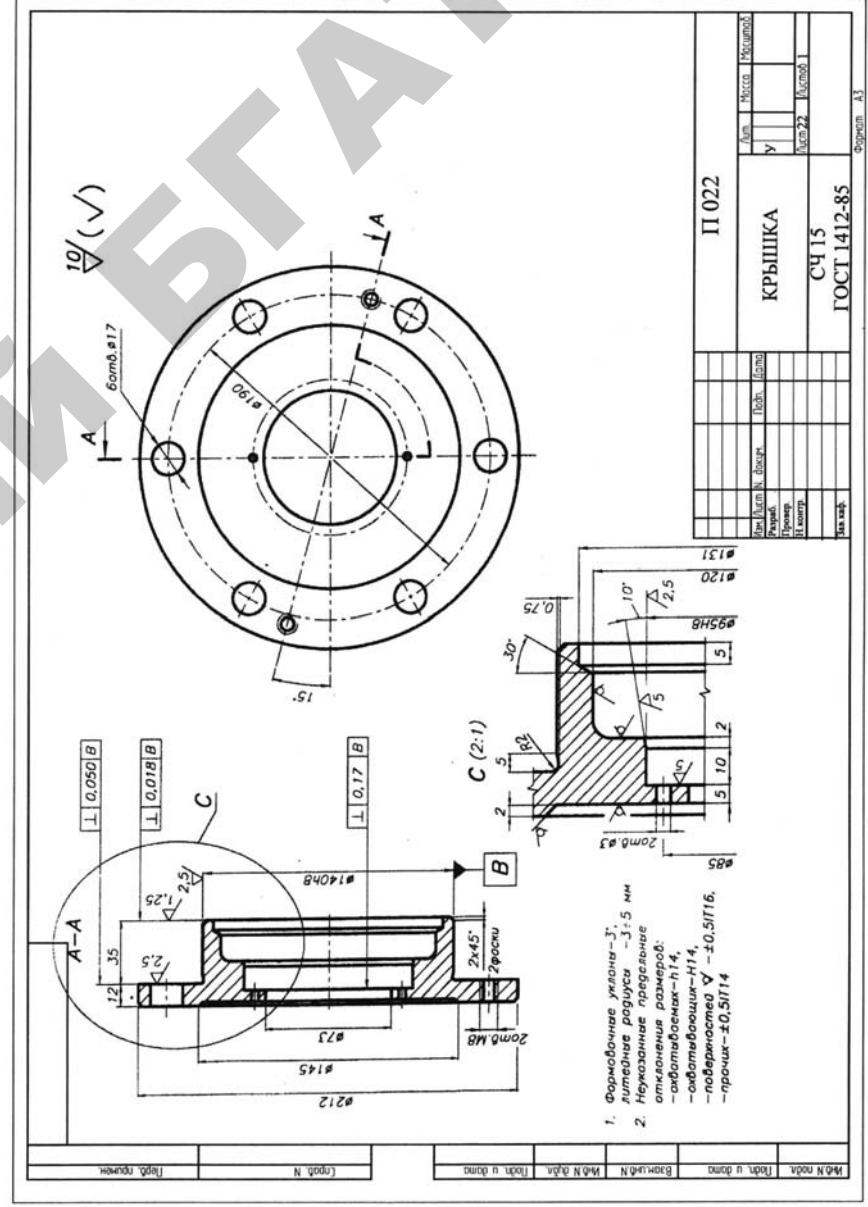
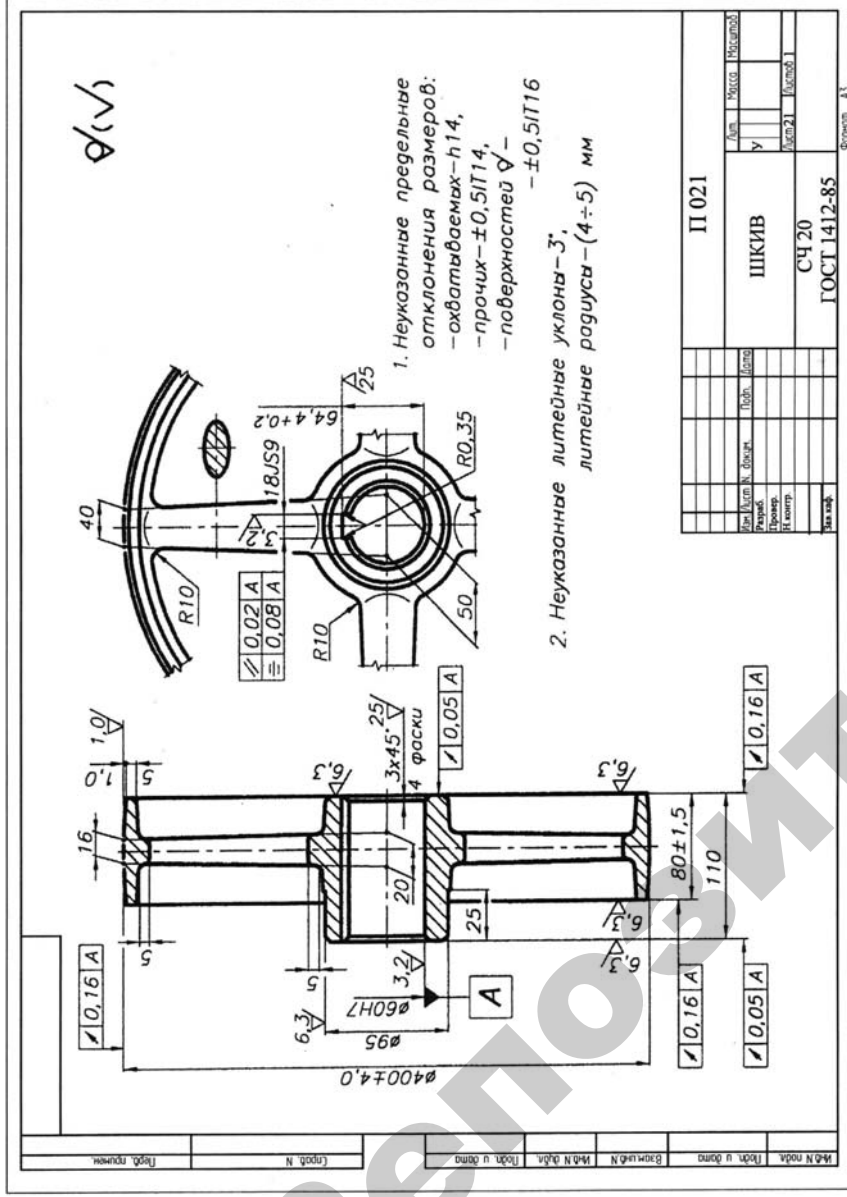


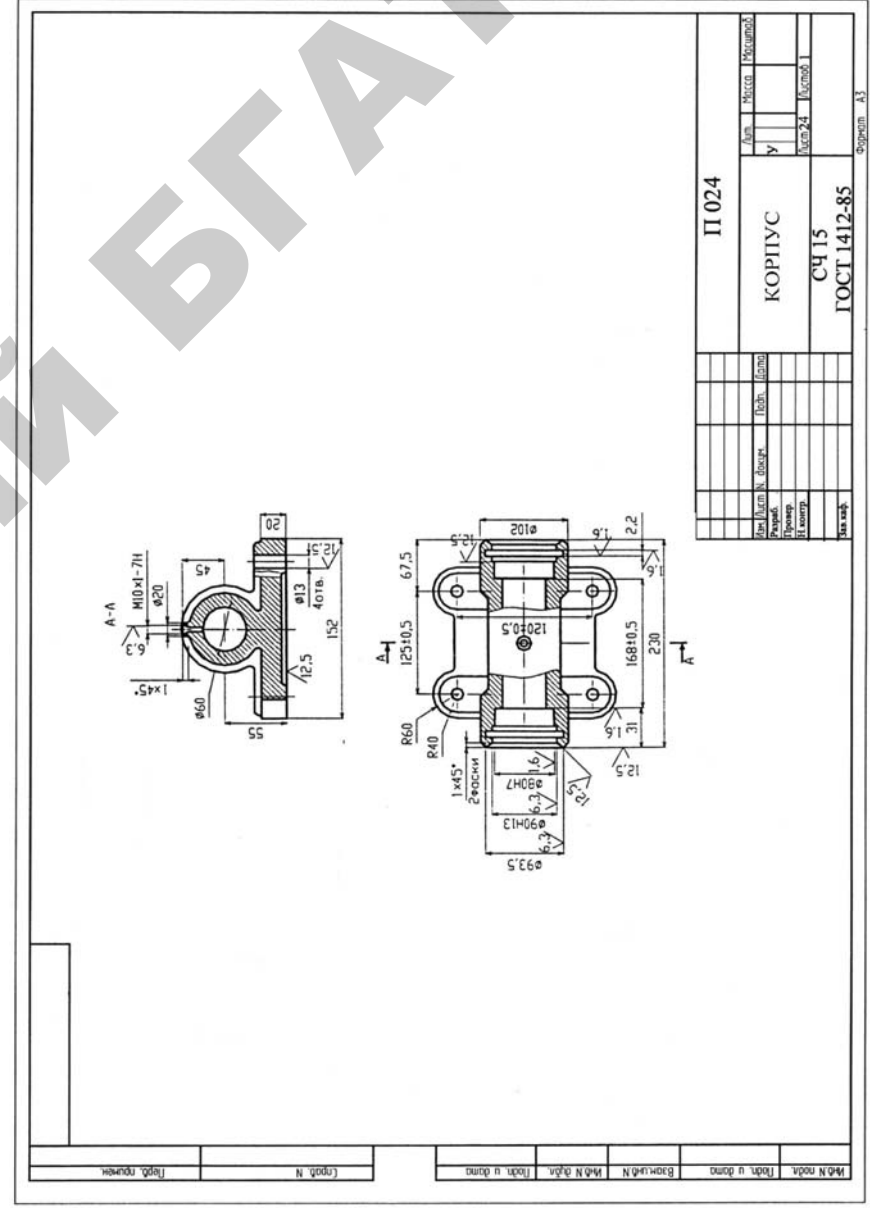
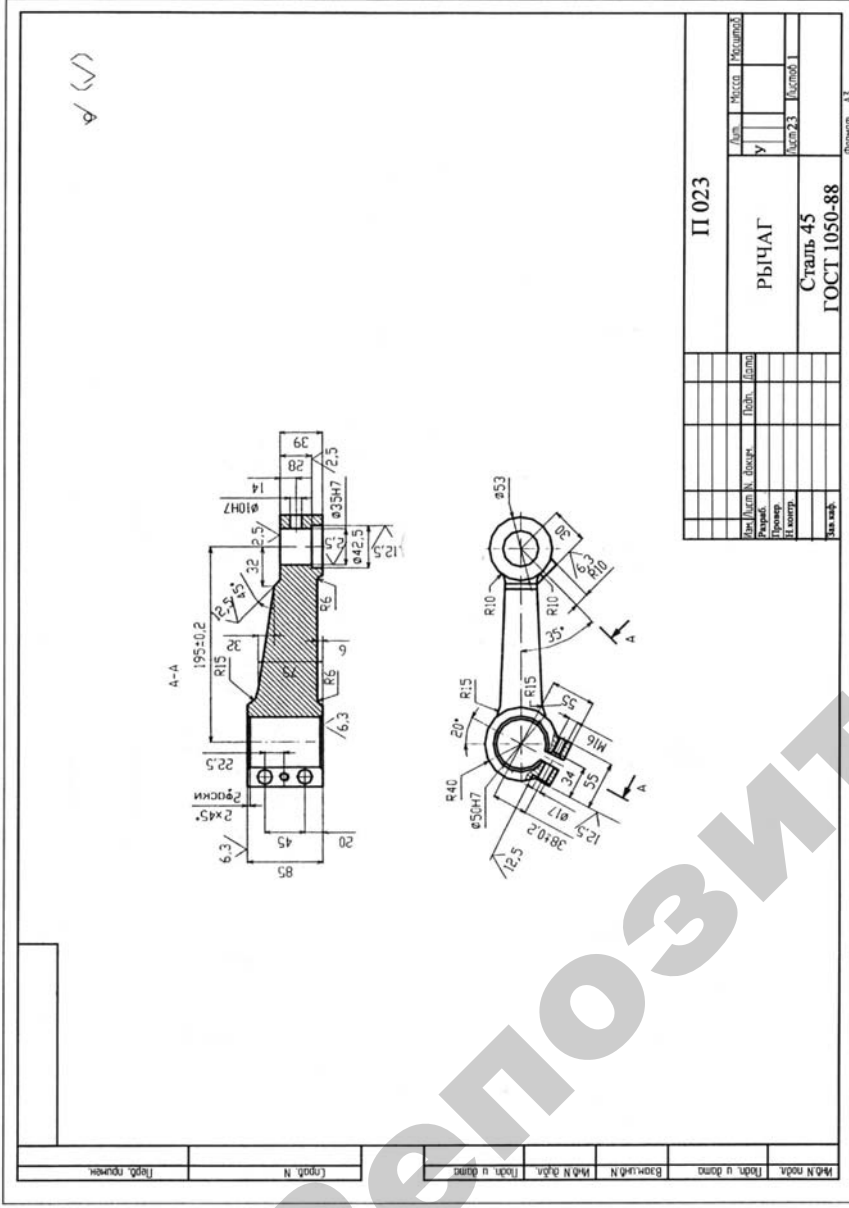












ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

Цель работы – приобретение практических навыков разработки технологического процесса сборки изделия и оформления технологической документации.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Студент должен знать:

- порядок построения технологической схемы сборки;
- порядок заполнения маршрутной карты сборки;
- организационные формы сборки.

Студент должен уметь:

- рассчитывать действительный такт и темп сборки;
- составлять технологическую схему сборки;
- заполнять маршрутную карту сборки.

Необходимое оборудование и принадлежности:

- сборочный стол; – 1 шт.
- приспособления для сборки; – 1 шт.
- инструмент для сборки (щупы, гаечные ключи, молоток, отвертка); – 1 шт.
- натуральный образец изделия в сборе. – 1 шт.

5.1. Основные положения

5.1.1. Общая характеристика сборки

Изделия сельскохозяйственных машин по технологической структуре сборки можно разделить на машины, агрегаты и орудия (рабочие органы).

Каждая *машина* состоит из двигателя, трансмиссии (привода) и рабочего органа. Машины подразделяются на самоходные и стационарные. К *самоходным машинам* относятся тракторы с навесным и (или) прицепными орудиями, зерноуборочные комбайны, хлопкоуборочные машины, автомобильные разбрасыватели удоб-

рений и др., к *стационарным* – зерноочистительные машины, зерносушилки, кормоприготовительные машины (соломосилосорезки, корнеклубнerezки, кормодробилки и др.).

Агрегаты не имеют двигателя, они состоят только из рабочего органа и трансмиссии. Агрегаты могут быть прицепными и навесными. *Прицепными агрегатами* являются картофелеуборочные, свеклоуборочные, кукурузоуборочные, силосоуборочные комбайны, картофелесажалки, сеялки, пресс-подборщики и др., *навесными* – косилки, жатки, опрыскиватели и др. Навесной или прицепной агрегат вместе с трактором образуют машину.

Орудия имеют только рабочий орган и не имеют ни двигателя, ни трансмиссии. Как и агрегаты, они могут быть прицепными и навесными. К орудиям относятся плуги, бороны, грабли, луцильники, культиваторы, катки и др.

Для удобства сборки машину разделяют на сборочные единицы первого, второго и более высоких порядков.

Деление изделия на составные части осуществляется по технологическому признаку. Технологическим признаком составной части является возможность ее сборки обособленно от других элементов изделия. Составная часть первого порядка входит непосредственно в составную часть изделия, составная часть второго порядка – в составную часть первого порядка и т.д. Составной частью высшего порядка являются только детали.

Двигатель, трансмиссия и рабочий орган могут рассматриваться для машины как сборочные единицы первого порядка. Изготовление и сборка сборочных единиц машины могут осуществляться в разных цехах и даже на разных заводах.

Сборка является заключительным этапом изготовления машины, в значительной степени определяющим ее основные эксплуатационные качества. Условия достижения высоких эксплуатационных качеств машины не ограничиваются созданием удачной конструкции или применением высококачественных материалов. Процесс изготовления машины может гарантировать достижение всех требуемых эксплуатационных показателей, а также ее надежности и долговечности в эксплуатации только при условии высококачественного проведения всех этапов сборки машины (т.е. сборки и регулировки отдельных единиц (узлов), общей сборки и испытаний изготавливаемого изделия в целом).

Выполнение сборочных работ связано с большими затратами времени, составляющими значительную долю общей трудоемкости изготовления машины. В зависимости от типа производства затраты времени на сборочные работы составляют (в процентах от общей трудоемкости изготовления машин): в массовом и крупносерийном производствах – 20–30; в среднесерийном производстве – 25–35; в единичном и мелкосерийном производствах – 35–40.

В машиностроении выполняется большой объем сборочных работ. Их трудоемкость составляет около 25 % общей трудоемкости изделия, а по некоторым машинам может достигать до 60 %.

Следует также отметить, что основная часть (50–85 %) слесарно-сборочных работ – это ручные работы, требующие больших затрат физического труда и высокой квалификации рабочих.

Технологический процесс сборки машин и механизмов представляет собой часть производственного процесса, который включает совокупность операций по соединению деталей в определенной технической и экономически целесообразной последовательности для получения сборочных единиц и изделий, полностью отвечающих установленным для них требованиям.

Сборка может осуществляться простым соединением деталей, их запрессовкой, свинчиванием, сваркой, пайкой, клепкой и т.д. В зависимости от объема выпуска сборка подразделяется на **общую**, объектом которой является изделие в целом, и **узловую** – объектом является составная часть изделия, т.е. сборочная единица или узел.

В условиях единичного и мелкосерийного производств основная часть сборочных работ выполняется на общей сборке и лишь малая их доля осуществляется с отдельными сборочными единицами. С увеличением серийности производства сборочные работы все больше раздробляются по отдельным сборочным единицам, и в условиях массового и крупносерийного производств объем узловой сборки становится равным или даже превосходит объем общей сборки.

По стадиям процесса сборка подразделяется на виды:

- **предварительная сборка** – сборка заготовок, составных частей или изделия в целом, которые в последующем подлежат разборке (например, предварительная сборка узла с целью определения размера неподвижного компенсатора);

- **промежуточная сборка** – сборка заготовок, выполняемая для дальнейшей их совместной обработки (например, предварительная сборка корпуса редуктора с крышкой для последующей совместной обработки отверстий под подшипники);

- **сборка под сварку** – сборка заготовок для их последующей сварки;

- **окончательная сборка** – сборка изделия или его составной части, после которой не предусмотрена последующая разборка.

По методу образования соединений сборка подразделяется на виды:

- **слесарная сборка** – сборка изделия или его составной части с помощью слесарно-сборочных операций;

- **монтаж** – установка изделия или его составных частей на месте использования (например, монтаж станка с ЧПУ);

- **электромонтаж** – монтаж электроизделий или их составных частей, имеющих токоведущие элементы;

- **сварка, пайка, клепка, склеивание.**

По организации сборка подразделяется стационарную и подвижную.

При **стационарной сборке** изделия полностью собирают на одном сборочном посту. Все детали и узлы, требуемые для сборки изделия, поступают на этот пост.

При **стационарной сборке без расчленения сборочных работ** сборку изделия должен выполнять практически один человек или бригада от начала до конца. Цикл сборки по этому методу при значительной трудоемкости сборочного процесса чрезвычайно продолжителен. При большой программе выпуска изделий требуется большое количество инструмента, оборудования, сборочных площадей и др. Этот метод применяют в единичном или опытных производствах при сборке специальных, уникальных машин и приборов, а также в мелкосерийном производстве, когда весь процесс сборки изделия состоит из небольшого количества несложных операций. Широкого практического применения этот метод сборки в настоящее время не имеет.

Разновидностью метода сборки без расчленения процесса на операции является бригадный метод, когда сборку всего изделия выполняет бригада рабочих; бригадный метод уже является первым шагом на пути расчленения сборочного процесса на части, по-

сколько внутри бригады имеет место некоторая дифференциация работ, т.е. одни рабочие специализируются на одной группе сборочных операций, другие – на другой. В ряде случаев за каждым рабочим бригады закрепляют один из узлов изделия, вследствие чего члены бригады специализируются на выполнении определенных сборочных работ. Однако по конструктивным условиям в большинстве случаев вести сборку всех узлов одновременно невозможно. При таком методе сборки большое значение имеет правильное планирование начала и конца сборочных работ по узлам с учетом их трудоемкости и последовательности установки на машину. Бригадный метод сборки широко распространен в единичном и мелкосерийном производствах, а также повторной сборке в случае ремонта.

Стационарная сборка с расчленением сборочных работ предусматривает деление процесса на узловую сборку основных групп и общую сборку изделия. В результате одновременного выполнения сборочных операций большим количеством рабочих длительность процесса сборки сокращается. Расчленение процесса сборки дает значительный экономический эффект. При этом сокращается потребность в рабочей силе и производственных площадях, увеличивается выпуск машин, уменьшается трудоемкость, снижается себестоимость сборочных работ.

При **подвижной сборке** собираемое изделие последовательно перемещают по всем сборочным постам, на каждом из которых выполняют определенную операцию. Каждый пост оборудуют приспособлениями и инструментом, предназначенными для выполнения данной операции. Детали и узлы для сборки поступают на соответствующие посты.

При подвижной сборке рабочие, выполняющие отдельные операции, распределены по рабочим местам – постам, к которым подают соответствующие детали и узлы; объект же производства последовательно перемещается от одного поста к другому. Это перемещение может быть **свободным**, когда объекты сборки располагаются, например, на тележках, перемещаемых самими исполнителями, и **принудительным**, когда объекты сборки перемещают механическими транспортными устройствами непрерывного или прерывного действия (конвейер).

Преимущества этого метода состоят в том, что расчлененный сборочный процесс не требует высококвалифицированных исполнителей, так как закрепление за исполнителем одной или небольшого количества операций дает ему возможность приобрести в короткий срок необходимые навыки.

При расчлененном процессе сборки каждую операцию оснащают соответствующими приспособлениями и инструментом; в связи с этим время на сборку изделия и потребное количество рабочих меньше, чем при нерасчлененном процессе. Расчлененный процесс для заданной программы выпуска изделий требует значительно меньших производственных площадей благодаря сокращению производственного цикла сборки. Количество одновременно собираемых изделий при этом значительно меньше, чем при нерасчлененном процессе.

Процесс сборки может быть расчленен в условиях крупносерийного и массового производств таким образом, что каждую операцию будет выполнять только один рабочий. В этом случае объект работы (узел или изделие) должен в процессе производства последовательно переходить от одного рабочего места к другому, по потоку. Под **потоком** подразумевается движение собираемого изделия, осуществляемое обычно механическими транспортными средствами.

Под **поточной линией сборки** понимают ряд рабочих мест, участвующих в сборке узла или машины, расположенных соответственно последовательности операций технологического процесса сборки. Непрерывность процесса при поточной сборке достигается благодаря равенству или кратности времени выполнения операций на всех рабочих местах линии сборки, т.е. длительность любой сборочной операции на линии сборки должна быть равна или кратна такту сборки изделия.

5.1.2. Такт и темп сборки

Тактом сборки называется промежуток времени между выходом со сборки двух смежных готовых изделий.

Номинальный такт сборки, мин/шт.,

$$\tau_H = 60F/N, \quad (5.1)$$

где F – годовой фонд рабочего времени, ч;
 N – годовая производственная программа, шт.
Годовой фонд рабочего времени

$$F = DmT_{см}\eta, \quad (5.2)$$

где D – число рабочих дней в году ($D = 220$ дн.); m – число рабочих смен в сутки ($m = 1$ – односменная работа и $m = 2$ – двухсменная работа); $T_{см}$ – длительность рабочей смены, ч ($T_{см} = 8$ ч); η – коэффициент, учитывающий потери времени на ремонт оборудования ($\eta = 0,98$ при односменной и $\eta = 0,97$ при двухсменной работе).

Действительный такт отличается от нормального, так как при его определении учитывают потери времени в течение смены на обслуживание рабочих мест – $T_{обс}$, ч, и на перерывы в работе для отдыха и естественных надобностей рабочих – T_n , ч.

Действительный такт сборки (мин/шт.)

$$\tau_d = 60D(T_{см} - T_{обс} - T_n)/N. \quad (5.3)$$

Количество изделий, собираемых в единицу времени, называется **темпом сборки**.

Номинальный темп сборки (шт./мин)

$$t_H = 1/\tau_H. \quad (5.4)$$

Действительный темп сборки (шт./мин)

$$t_D = 1/\tau_D. \quad (5.5)$$

5.1.3. Приспособления и инструменты для сборки

При проведении слесарно-сборочных работ используются разнообразные приспособления, которые в зависимости от назначения подразделяют на зажимные, установочные, рабочие, контрольные и приспособления для изменения положения сборочных единиц и машин в ходе сборки.

Зажимные приспособления служат для закрепления деталей и сборочных единиц в процессе сборки. Наиболее распространенными видами зажимных универсальных приспособлений являются тиски и струбицы.

Тиски по конструкции подразделяются на стуловые и параллельные.

Стуловые тиски служат для выполнения тяжелых работ (рубки, гибки, клепки и др.), они отличаются высокой прочностью.

Параллельные тиски бывают двух видов: неповоротные и поворотные. Более удобны для работы поворотные тиски, которые можно поворачивать на заданный угол относительно плиты-основания. Разновидностью параллельных тисков являются пневматические тиски.

Струбицы применяют в тех случаях, когда при сборке необходимо закрепить собираемые детали на продолжительное время, например при сверлении, сварке, клепке.

Установочные приспособления применяют для правильной и точной установки соединяемых деталей и сборочных единиц в нужном положении относительно друг друга, что гарантирует получение требуемых сборочных размеров. Так, для сборки составного коленчатого вала применяют приспособление, обеспечивающее соосное положение соединяемых деталей. Для выполнения неподвижных соединений с натягом, например для запрессовки втулки в зубчатое колесо, применяют приспособление, обеспечивающее соосное положение запрессовываемой втулки относительно отверстия зубчатого колеса.

Рабочие приспособления используют в тех случаях, когда требуется приложение больших усилий (например, при запрессовке, вальцевании и т.п.), для обеспечения точности направления собираемых элементов, для выполнения работ, ускоряющих процесс сборки. Разновидностью таких приспособлений является приспособление пневматического действия для надевания колец на поршень двигателя или компрессора.

Контрольные приспособления служат для проверки расстояний между деталями сборочной единицы, между сборочными единицами машины или между осями, для проверки конфигурации, правильности положения деталей или сборочных единиц, для контроля конструктивных параметров, получающихся в процессе

сборки. Например, контролю подвергается центрирование осей валов сопрягаемых сборочных единиц. Некачественное центрирование приводит к вибрации машины, расшатыванию подшипников, нагреву их и, следовательно, преждевременному выходу машины из строя или аварии. Во избежание этого в ходе сборки применяют приспособления, позволяющие измерять с помощью щупа радиальные и торцовые зазоры, по величине которых можно судить о качестве центрирования.

Приспособления для изменения положения сборочных единиц и машин в процессе сборки обеспечивают удобство подхода к нужным местам сборочной единицы или машины. Примером может служить поворотное передвижное приспособление на линии общей сборки двигателей, которое смонтировано на тележке, что дает возможность сравнительно легко его передвигать.

При проведении слесарно-сборочных работ используются разнообразные слесарно-сборочные инструменты, которые подразделяются на две группы: универсальные и специальные.

Универсальные инструменты служат для сборки в условиях индивидуального и мелкосерийного производств. К ним относятся слесарные молотки, гаечные ключи, отвертки, плоскогубцы, кусачки и т.п.

Специальные инструменты служат для сборки в условиях крупносерийного и массового производств. Такие инструменты имеют специальное назначение, т.е. их используют применительно к той операции, для которой они предназначены.

Слесарно-сборочные инструменты бывают ручными и механизированными (к последним относятся электрические и пневматические гайковерты, шпильковерты и др.).

Разновидностями универсальных инструментов являются: ударные инструменты, инструменты для рубки, гаечные ключи, ключи для шпилек, трубные ключи, отвертки, оправки и скребки.

Наиболее распространенные **ударные инструменты** – молотки и кувалды.

Молотки применяют при запрессовке, а также при выполнении ряда других сборочных операций. Молотки бывают двух типов: с круглым бойком (используют в тех случаях, когда требуется значительная сила или меткость удара) и квадратным бойком (служат для более легких работ).

Кроме обычных слесарных стальных молотков при сборочных работах применяют специальные (мягкие) молотки из дерева, пластмасс и мягких сплавов (баббита, свинца, алюминиевых сплавов).

Кувалды применяют вместо молотков для усиления удара.

К группе **инструментов для рубки** относят зубила, крейцмейсели, бородки, выколотки.

Зубило служит для разрубания на части металла, удаления припуска с поверхности заготовки, срубания приливов и литников на литых заготовках, заклепок при ремонте заклепочных соединений и т.п.

Крейцмейсель – инструмент, подобный зубилу, применяют для вырубания узких канавок и пазов.

Бородок используют для пробивания отверстий в тонкой листовой стали, для «натяжки» просверленных отверстий под заклепки (т.е. для установки одного отверстия против другого в соединяемых деталях), для выбивания забракованных заклепок, цилиндрических и конических штифтов, срезанных шплинтов и т.п.

Выколотки применяют при разборке прессовых соединений.

Для завинчивания и отвинчивания гаек, болтов и винтов с шестигранными и квадратными головками используют открытые и накидные **гаечные ключи** (односторонние и двусторонние). Гайки и винты с внутренними шестигранниками или квадратами, а также расположенные в цилиндрических гнездах, завинчивают торцовыми ключами; круглые гайки с пазами и отверстиями на цилиндрической поверхности – ключами для круглых гаек; круглые гайки с отверстиями на торцовой поверхности – рожковыми ключами. Разводные гаечные ключи служат для сборки и разборки резьбовых соединений различных размеров. Трубы и муфты свинчивают трубными ключами. Для определенных форм и размеров гаек или головок болтов применяют специальные ключи.

К группе **ключей для шпилек** относят специальные ключи, служащие для ввинчивания шпилек. Среди них различают ключи с ведущими роликами или резьбовой втулкой, ключи-гайки, эксцентрик-ключи и др.

При сборке трубопроводов на резьбе применяют специальные **трубные ключи**, которые подразделяют на рычажные, цепные и накидные.

В процессе сборки (разборки) для завинчивания винтов и шурупов, имеющих головку с прорезью (шлицем), пользуются **отвертками**.

Для ускорения процесса завинчивания винтов или больших шурупов применяют коловоротные отвертки, состоящие из коловорота и сменного наконечника-отвертки.

К специальным отверткам относятся отвертки с центрирующей муфтой или с выточкой в головке – применяют для завинчивания винтов и шурупов, когда требуется предотвратить соскальзывание лезвия отвертки; отвертки с упорами – применяют при необходимости сильного затягивания винтов. Высокой производительностью отличаются трещоточные, тарированные и механизированные (машинные) отвертки.

В процессе сборки нередко приходится пользоваться различными **оправками** и **скребками**. Оправки подразделяются на конусные и проходные. Их применяют для наводки до правильного совпадения отверстий в соединенных деталях. Проходные оправки применяются также для проверки совпадения отверстий соединенных деталей. Скребки бывают двух типов: для очистки стыковых поверхностей и для снятия заусенцев.

5.2. Методические указания

В качестве задания на выполнение работы выдается чертеж изделия, спецификация входящих в него сборочных единиц и деталей, а также реальное изделие в собранном виде. В задании указывается планируемый объем выпуска изделия (например, $N = 50$ тыс. шт.). В качестве примера взят масляный насос.

Разработку технологии сборки следует начинать с изучения конструкции изделия. Для работы используется натурный образец собираемого изделия. Действительный такт сборки рассчитывается по приведенной выше формуле, а затем определяется тип производства. Точность сборки в работе обеспечивается методом полной взаимозаменяемости.

На рис. 5.1 в качестве примера показан сборочный чертеж масляного насоса. Спецификация сборочных единиц и деталей масляного насоса приведена в табл. 5.1.

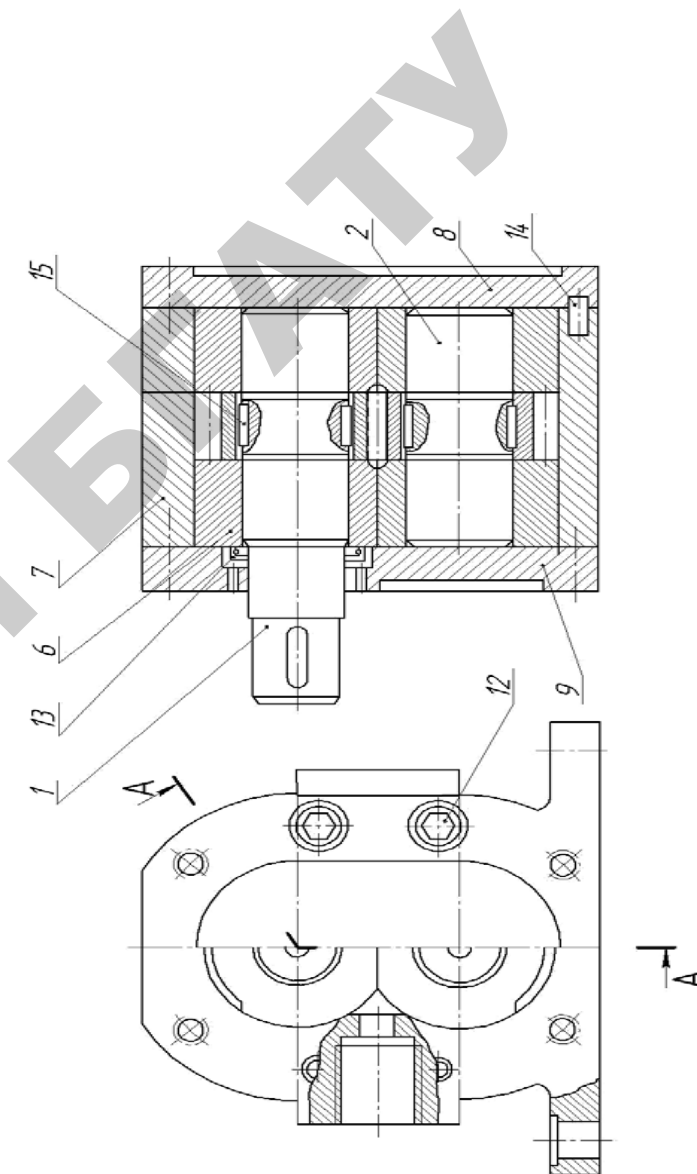


Рис. 5.1. Сборочный чертеж масляного насоса

Таблица 5.1

Ведомость сборочного чертежа

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Прим
				<u>Документация</u>		
			03.60.000.00.000.СБ	<u>Сборочный чертеж</u>		
				<u>Сборочные единицы</u>		
	1		03.60.000.00.000	Вал	1	
	2		03.60.000.00.000	Ось	1	
				<u>Детали</u>		
	6		03.60.000.00.001	Втулка	4	
	7		03.60.000.00.002	Корпус	1	
	8		03.60.000.00.003	Крышка	1	
	9		03.60.000.00.004	Крышка	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
	12			Винт М8х20 ГОСТ 11738-88	16	
	13			Манжета 1-20х40-3 ГОСТ 8752-79	1	
	14			Штифт 4х10 ГОСТ 3128-88	1	
	15			Шпанка 10х8х36 ГОСТ 8789-88	4	
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	03.60.000.00.000.СБ	
Разраб	Зеленцов				Литер	Лист
Проб	Кожухов				У	1
Н.Контр	Миронович				Листов	
Утв.	Капцевич				1	
Насос					БГАТУ	
Сборочный чертеж						

Разбирая изделие, составляют технологическую схему разборки (от изделия к базовой детали или базовой сборочной единице). Одновременно записывают последовательность разборки. Затем производят обратную операцию – сборку, проверяют правильность записей и вносят в них необходимые коррективы.

При составлении технологической схемы сборки сначала на листе бумаги (примерно посередине) проводят горизонтальную линию, на левом конце которой в прямоугольнике указывают базовую деталь, а на правом – собранное изделие (рис. 5.2).

Сверху от линии записываются в технологической последовательности сборки названия всех входящих в изделие деталей, снизу – все сборочные единицы, входящие в изделие. На схеме сборки все элементы изделия обозначают прямоугольниками, разделенными на три части. В верхней части записывают наименование элемента, в нижней правой части – количество присоединенных элементов, в нижней левой части – индекс присоединяемого элемента.

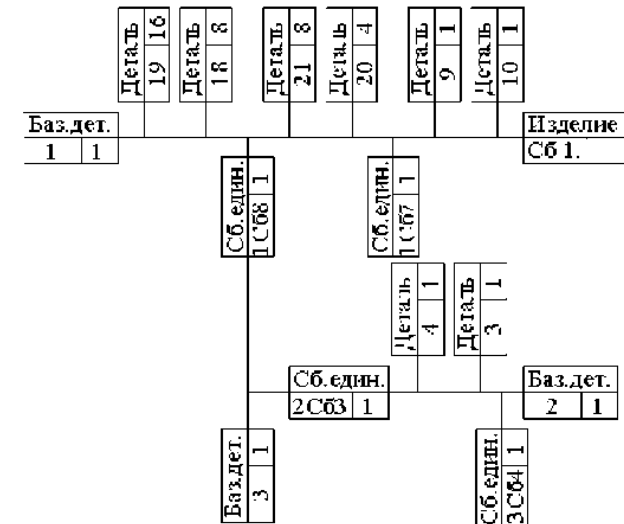


Рис. 5.2. Пример технологической схемы сборки

На основании технологической схемы сборки разрабатывается технологический маршрут сборки, для чего предлагается заполнить представленную ниже учебную форму маршрутной карты, позво-

ляющую в упрощенном виде отразить основную информацию, связанную с технологическим маршрутом.

Маршрутная карта сборки изделия
(учебная форма)

Наименование изделия			
№ операции	Наименование и содержание операции сборки / об-щая и узловая сборка /	Оборудование, приспособле-ние, инструмент	Время сборки
1	2	3	4

5.3. Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию собираемого изделия.
2. Рассчитать действительный такт сборки.
3. Разработать технологические схемы общей и узловой сборки:
 - разобрать изделие на сборочные единицы и детали, одновременно записывая технологическую последовательность разборки;
 - собрать изделие, одновременно проверяя правильность записей; при необходимости внести дополнения и изменения в схему сборки.
4. Составить маршрутную карту сборки изделия.
5. Проанализировать технологичность конструкции изделия с точки зрения эффективности сборки и обеспечения точности.
6. Проверить собранное изделие на легкость вращения или взаимодействие сопряженных деталей.
7. Составить отчет.

5.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Основные положения.
3. Расчет действительного такта сборки.
4. Технологические схемы узловой и общей сборки.
5. Маршрутная карта сборки.
6. Выводы.

5.5. Контрольные вопросы

1. Почему разработку технологического процесса изготовления машины надо начинать с изучения ее служебного назначения и критического анализа соответствия его техническим требованиям и нормам точности?
2. Как строится технологическая схема сборки машины?
3. С чего начинается общая сборка тракторов, автомобилей и комбайнов?
4. Почему вспомогательным и транспортным операциям при сборке изделий следует уделять такое же внимание, как и сборочным?
5. Какие организационные формы сборки вы знаете?
6. Каким должно быть основное направление работ, обеспечивающих снижение трудоемкости сборочных операций?

Рекомендуемая литература [1; 2; 9; 18].

ДОСТИЖЕНИЕ ТОЧНОСТИ СБОРКИ МЕТОДАМИ ПОЛНОЙ И НЕПОЛНОЙ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

Цель работы – практическое освоение методов полной и неполной взаимозаменяемости путем выполнения необходимых расчетов, осуществления процессов сборки и контроля требуемой точности механизмов.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Студент должен знать:

- способы определения точности замыкающего звена размерной цепи при сборке;
- способы сборки с обеспечением полной и неполной взаимозаменяемости и в чем они заключаются;
- способ групповой взаимозаменяемости и в чем он заключается;
- способ сборки с пригонкой и в чем он заключается;
- способ сборки с регулировкой и в чем он заключается.

Студент должен уметь:

- определять и рассчитывать замыкающее звено размерной цепи при сборке;
- пользоваться методами полной и неполной взаимозаменяемости.

Необходимое оборудование и принадлежности:

- контрольное приспособление;
- средства измерения (индикатор ИЧ-2 с ценой деления 0,01 мм, микрометры МК-25 и МК-50, штангенциркули ШЦ-I и ШЦ-II);
- сборочная единица – 50 комп.;
- микрокалькулятор.

6.1. Основные положения

Точность замыкающего звена размерной цепи при сборке может быть достигнута одним из следующих способов: полной, неполной и групповой взаимозаменяемостью, пригонкой и регулированием.

В массовом и серийном производствах распространена **сборка с обеспечением полной взаимозаменяемости**. При этом способе

качественное соединение образуют любые сопрягаемые детали, входящие в сборочную единицу. Пригонки деталей отсутствуют. Допуски на сопрягаемые детали устанавливает конструктор, но взаимозаменяемость может произойти, если эти допуски равны или больше допусков технологических. Чем больше деталей в размерной цепи сборочной единицы, тем более жестким должен быть допуск на каждую деталь. Возможность осуществления сборки с полной взаимозаменяемостью проверяют с помощью теории размерных цепей.

В **способе неполной взаимозаменяемости** допуски на размеры сопрягаемых деталей принимают большими, чем в способе полной взаимозаменяемости. В этом случае требуемая точность замыкающего звена будет обеспечена не у всех объектов. Число объектов заданного качества определяют с помощью аппарата теории вероятности.

В **способе групповой взаимозаменяемости** конструкторские допуски меньше технологических, т.е. получаемых в результате изготовления деталей. Все полученные детали сортируют на группы, а затем соответствующую посадку обеспечивают подбором охватывающих и охватываемых деталей из соответствующих групп. Время подбора каждой пары деталей может существенно колебаться. Поэтому метод групповой взаимозаменяемости в представленном виде нельзя применять при поточном методе производства.

Сборка с пригонкой позволяет обеспечить необходимый размер припиливанием, шлифованием, шабрением и т.п., а также применением специальной детали, включаемой в сборочную цепь. Так, необходимый зазор может быть обеспечен дополнительной обработкой (пригонкой) торца втулки. Такой способ достижения заданного размера применяют в единичном и мелкосерийном производствах.

- 1 шт. **Способ сборки с регулировкой** состоит в том, что размеры деталей, входящих в размерную цепь, имеют технологические допуски, т.е. характеризуются точностью, обеспечиваемой в данном производстве, которая гарантирует посадку за счет компенсирующего звена. Компенсирующим звеном может быть шайба или втулка, которую в процессе сборки можно регулировать, а после регулирования закреплять.

Выбор способа сборки зависит от типа производства и анализируется с помощью размерных цепей. При разработке технологиче-

ского процесса сборки анализируется принятое конструктором решение с точки зрения возможности рационального применения выбранного метода достижения точности замыкающего звена в данных производственных условиях.

При анализе методов достижения точности замыкающего звена при сборке используется ряд формул.

Номинальные размеры замыкающего A_Δ и составляющих A_i звеньев связаны между собой уравнением

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i A_i, \quad (6.1)$$

где ξ – передаточное отношение, в общем случае $\xi_i = \frac{\delta A_\Delta}{\delta A_i}$;

m – общее число звеньев в размерной цепи.

Формула расчета допуска замыкающего звена определяется в зависимости от метода расчета.

При расчете методом максимума-минимума (полной взаимозаменяемости)

$$\delta_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| \delta_i. \quad (6.2)$$

При расчете вероятностным методом (неполной взаимозаменяемости)

$$\delta_\Delta = t_\Delta \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_i^2 \delta_i^2}, \quad (6.3)$$

где δ_Δ – допуск замыкающего звена;

δ_i – допуски составляющих звеньев;

t_Δ – коэффициент риска;

λ_i^2 – коэффициент относительного рассеяния.

Коэффициент риска зависит от принятого процента риска и закона распределения параметра рассеяния. При нормальном законе распределения параметра и совпадении центра группирования с

координатой середины поля допуска коэффициент риска выбирается из следующего ряда.

Процент риска P , %	32	10	4,5	1,00	0,27	0,1	0,01
Коэффициент t_Δ	1,00	1,65	2,00	2,57	3,00	3,29	3,89

Для нормального распределения (для изделий крупносерийного и массового производств) $\lambda_i^2 = 1/9$. При других законах распределения коэффициенты t_Δ и λ_i^2 следует выбирать по табл. 6.1 с учетом числа составляющих звеньев размерной цепи.

Таблица 6.1

Коэффициенты t_Δ и λ_i^2

Законы распределения отклонений	λ_i^2	t_Δ при числе составляющих звеньев $(m-1)$				
		2	3	4	5	6
Симпсона (распределение по треугольнику)	1/6	2,80	2,83	2,86	2,88	2,91
Равной вероятности	1/3	2,45	2,55	2,61	2,65	2,68

При числе составляющих звеньев больше шести независимо от закона распределения с достаточной степенью точности можно принять $t_\Delta = 3$. Если закон распределения звена неизвестен (для изделий мелкосерийного и единичного производств), то принимается закон равной вероятности.

Расположение полей допусков относительно номинальных значений размеров и предельные отклонения определяются независимо от метода расчета размерной цепи.

Координата середины поля допуска замыкающего звена $\Delta_{0\Delta}$ связана с координатами середин полей допусков составляющих звеньев Δ_{0i} следующим уравнением:

$$\Delta_{0\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \Delta_{0i}. \quad (6.4)$$

Предельные отклонения размера любого звена размерной цепи определяются по формулам:

$$\Delta_b = \Delta_0 + \frac{\delta}{2}; \quad (6.5)$$

$$\Delta_n = \Delta_0 - \frac{\delta}{2}, \quad (6.6)$$

где Δ_n , Δ_n – верхние и нижние предельные отклонения звена размерной цепи;

Δ_0 – координата середины поля допуска звена;

Δ – допуск звена.

6.2. Методические указания

В работе определяются размерные связи деталей в сборочной единице, устанавливаются размеры деталей, влияющие на точность замыкающего звена, и строится схема размерной цепи.

При расчете размерных цепей различают прямую и обратную задачи. При решении прямой задачи, исходя из установленных требований к замыкающему звену, определяют характеристики составляющих звеньев: номинальные размеры, допуски, координаты их середин и предельные отклонения. При решении обратной задачи – наоборот, исходя из характеристик составляющих звеньев, определяют характеристики замыкающего звена. Обратная задача обычно носит проверочный характер. Решив ее, можно установить возможность применения заданного способа для достижения точности замыкающего звена.

В данной практической работе решается обратная (проверочная) задача: по допускам составляющих звеньев производится расчет допуска замыкающего звена заданными методами. Для выполнения работы студентам выдается 50 комплектов деталей, при сборке которых должна быть обеспечена заданная точность замыкающего звена A_Δ (рис. 6.1).

Распределение действительных размеров комплектов деталей должно отвечать закону Гаусса.

В задании указывается числовое значение замыкающего звена с предельными отклонениями. Рекомендуется, например, принимать следующие значения A_Δ :

$$0_{+0,20}^{+0,52}; \quad 0_{+0,17}^{+0,50}; \quad 0_{+0,07}^{+0,32} \text{ и др.}$$

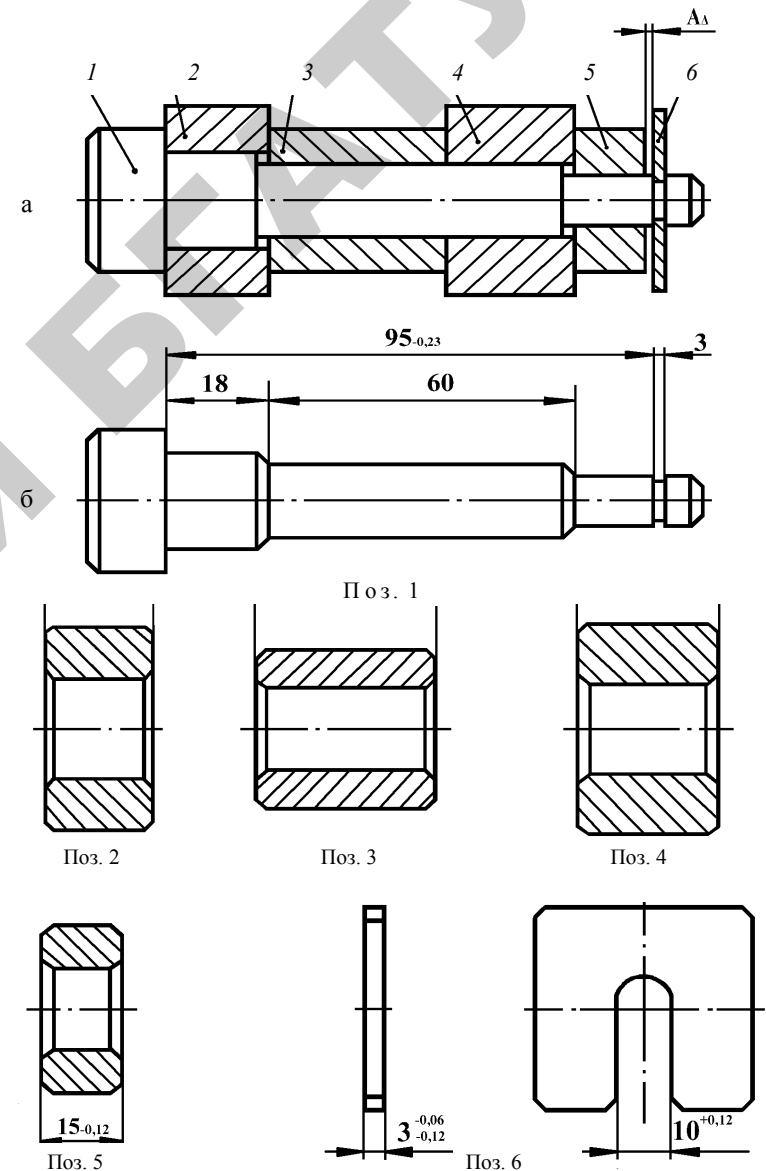


Рис. 6.1. Сборочная единица (а) и входящие в нее детали (б):
1 – ось; 2, 5 – кольца; 3, 4 – втулки; 6 – шайба быстросъемная

Измерение зазора A_Δ производится на контрольном приспособлении (рис. 6.2), представляющем собой стойку 7 с индикатором 1, закрепленным в держателе 2. При измерении контролируемая сборочная единица 6 устанавливается своей шайбой 3 на базирующийся столик 4. При этом кольцо 5 сборочной единицы помещается в паз базирующего столика. В результате все кольца и втулки сборочной единицы под действием массы провисают, образуя осевой зазор, измеряемый индикатором, ножка которого упирается в торец колец 5. Приспособление предварительно настраивается по эталону на нулевое значение индикатора.

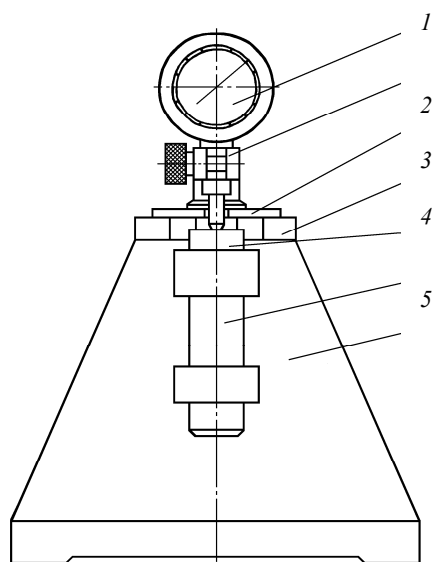


Рис. 6.2. Контрольное приспособление:

1 – индикатор; 2 – держатель; 3 – шайба; 4 – столик; 5 – кольцо; 6 – сборочная единица; 7 – стойка

Измерение размеров деталей сборочной единицы, представляющих собой составляющие звенья размерной цепи, производится универсальными измерительными инструментами.

Пример. На основе размерного анализа установить способ сборки механизма (рис. 6.3), если осевой зазор, обусловленный служебным назначением, должен быть в пределах от 0 до 0,2 мм. Номи-

нальные значения размеров и допуски составляющих звеньев согласно заданию соответственно равны:

$$A_1 = 430^{+0,16} \text{ мм}; \quad A_2 = 80_{-0,06} \text{ мм}; \quad A_3 = 100_{-0,08} \text{ мм}; \\ A_4 = 190_{-0,1} \text{ мм}; \quad A_5 = 60_{-0,07}^{+0,13} \text{ мм}.$$

На основании рассмотрения заданного механизма отмечаем, что замыкающим звеном является звено $A_\Delta = 0^{+0,2}$ с допуском $\delta_\Delta = 0,2$ мм и координатой $\Delta_{0\Delta} = +0,1$ мм. Строим схему размерной цепи. Отмечаем стрелками, направленными вправо, увеличивающие звенья и стрелками, направленными влево, уменьшающие звенья.

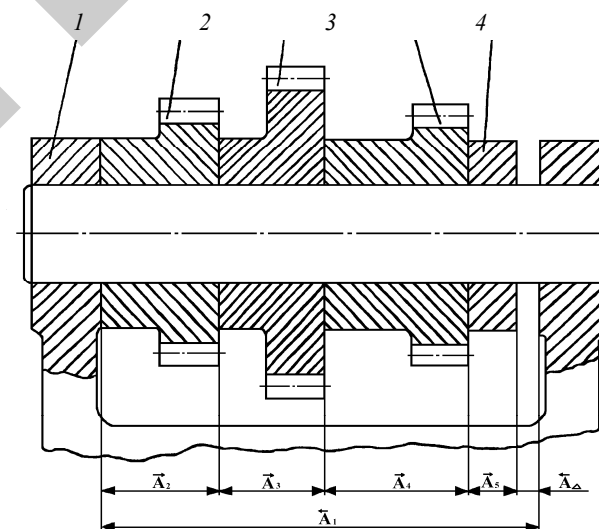


Рис. 6.3. Сборочная единица к примеру расчета

Выписываем допуски и координаты середин полей допусков составляющих звеньев:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= 0,16 \text{ мм}, & \delta_{01} &= +0,08 \text{ мм}; \\ \delta_2 &= 0,06 \text{ мм}, & \delta_{02} &= -0,03 \text{ мм}; \\ \delta_3 &= 0,08 \text{ мм}, & \delta_{03} &= -0,04 \text{ мм}; \\ \delta_4 &= 0,10 \text{ мм}, & \delta_{04} &= -0,05 \text{ мм}; \\ \delta_5 &= 0,06 \text{ мм}, & \delta_{05} &= -0,10 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Уравнение номинальных размеров размерной цепи, определяемое по формуле (6.1), в данном случае запишется:

$$A_{\Delta} = A_1 - A_2 - A_3 - A_4 - A_5.$$

Проверяем возможность обеспечения точности замыкающего звена по способу полной взаимозаменяемости:

$$\delta_{\Delta} = 0,16 + 0,06 + 0,08 + 0,10 + 0,06 = 0,46 \text{ мм.}$$

Так как $0,46 > 0$, то полная взаимозаменяемость при заданных допусках составляющих звеньев не обеспечивается. Чтобы обеспечить полную взаимозаменяемость, нужно уменьшить сумму допусков составляющих звеньев более чем в 2 раза. Это потребует дополнительных технологических операций при обработке деталей. Например, если торцы деталей 2, 3, 4 и 5 окончательно обрабатывать методом шлифования, выдерживая допуски $\delta_2 = \delta_5 = 0,02$ мм, $\delta_3 = 0,027$ мм, $\delta_4 = 0,03$ мм, оставив прежним допуск на размер A_1 , то допуск замыкающего звена будет равен:

$$\delta_{\Delta} = 0,16 + 0,02 + 0,027 + 0,03 + 0,02 = 0,257 \text{ мм,}$$

что также не обеспечивает полной взаимозаменяемости и приводит к удорожанию механической обработки.

Проверим возможность обеспечения точности замыкающего звена по способу неполной взаимозаменяемости. Принимаем риск получения брака $P = 1$ %, тогда коэффициент $t_{\Delta} = 2,57$. Полагая, что деталь обрабатывается на настроенных станках и распределение размеров подчиняется закону Гаусса, принимаем $\lambda_i^2 = 1/9$. Тогда допуск замыкающего звена равен (6.3):

$$\delta_{\Delta} = 2,57 \sqrt{\frac{1}{9}(0,16^2 + 0,06^2 + 0,08^2 + 0,10^2 + 0,06^2)} = 0,19 \text{ мм,}$$

что меньше заданного по чертежу допуска замыкающего звена.

Проверяем расположение координаты середины поля допуска замыкающего звена (6.4):

$$\Delta_{0\Delta} = 0,08 - (-0,03) - (-0,04) - (-0,05) - 1,10 = +0,1 \text{ мм.}$$

Таким образом, при риске получения брака 1 % сборка может быть осуществлена способом неполной взаимозаменяемости. Этот способ целесообразно применять в массовом или крупносерийном производствах.

Производим сборку механизмов без какого-либо подбора или пригонки и измеряем замыкающее звено A_{Δ} , которое, согласно заданию должно быть равно 0 или 0,2 мм.

Результаты измерений в виде отклонений Δ_{Δ} от номинального значения A_{Δ} записываем в табл. 6.2.

Как видно из приведенных данных, все собранные механизмы, за исключением одного, удовлетворяют заданной точности замыкающего звена. Сборочная единица 24 имеет отклонение $\Delta = 0,26$ мм, что выходит за пределы допуска. Эту погрешность можно исключить путем соответствующего подбора по размерам собираемых деталей.

Определим поправку, которую нужно внести в размерную цепь:

$$\Delta \geq 0,26 - 0,20 = 0,06 \text{ мм.}$$

Для исправления брака необходимо уменьшить на Δ увеличивающее звено A_1 или увеличить на Δ одно из уменьшающих звеньев размерной цепи путем замены в данной сборочной единице одной или двух деталей. При отсутствии дополнительных деталей с соответствующими размерами можно воспользоваться сборочной единицей, в которой зазор близок к нижнему пределу. Для этой цели можно взять сборочные единицы 6, 28, 49 и др. (табл. 6.2).

Произведем разборку следующих сборочных единиц: дефектной 24 и выбранной для подборки 6. Измерим размеры деталей, входящих в размерную цепь. Данные измерений запишем в левой части табл. 6.3. Суммирование отклонений при этом производим с учетом знаков составляющих звеньев размерной цепи.

Анализ таблицы показывает, что для того чтобы замыкающие звенья обеих сборочных единиц удовлетворяли заданному техническому требованию, необходимо и достаточно поменять в них местами детали с размерами A_1 или детали с размерами A_4 (возможны и другие варианты). Поменяем местами детали с размерами A_4 . Получим сборочные единицы 24 а и 6 а, отклонения размеров которых заносим в правую часть табл. 6.3. Суммирование отклонений пока-

зывает, что обе новые сборочные единицы удовлетворяют требованиям точности замыкающего звена.

Собираем сборочные единицы 24 а и 6 а и проверяем правильность подбора деталей путем измерения замыкающего звена A_{Δ} : для сборочной единицы 24 а $\Delta_{A_{\Delta}} = 0,19$ мм; для 6 а $\Delta_{A_{\Delta}} = 0,08$ мм, что соответствует расчету и удовлетворяет заданным требованиям.

Таблица 6.2

Протокол измерений замыкающего звена

Номер измерения сборочной единицы	$\Delta_{A_{\Delta}}$, мм	Номер измерения сборочной единицы	$\Delta_{A_{\Delta}}$, мм	Номер измерения сборочной единицы	$\Delta_{A_{\Delta}}$, мм
1	0,09	18	0,07	35	0,09
2	0,04	19	0,13	36	0,06
3	0,10	20	0,09	37	0,12
4	0,13	21	0,16	38	0,08
5	0,07	22	0,05	39	0,18
6	0,01	23	0,09	40	0,11
7	0,08	24	0,26	41	0,04
8	0,15	25	0,11	42	0,08
9	0,05	26	0,06	43	0,11
10	0,10	27	0,09	44	0,15
11	0,14	28	0,02	45	0,10
12	0,05	29	0,07	46	0,14
13	0,11	30	0,12	47	0,06
14	0,03	31	0,10	48	0,08
15	0,08	32	0,15	49	0,03
16	0,09	33	0,10	50	0,07
17	0,12	34	0,06		

Таблица 6.3

Подбор деталей при сборке

Обозначение звена	Отклонения от номинальных значений звеньев сборочных единиц с номером			
	24	6	24 а	6 а
+ A_1	+ 0,13	+ 0,02	+ 0,13	+ 0,02
- A_2	- 0,05	- 0,04	- 0,05	- 0,04
- A_3	- 0,07	- 0,05	- 0,07	- 0,05
- A_4	- 0,09	- 0,02	- 0,02	- 0,09
- A_5	+ 0,08	+ 0,12	+ 0,08	+ 0,12
A_{Δ}	+ 0,26	+ 0,1	+ 0,19	+ 0,08

6.3. Порядок выполнения работы

1. Для заданного механизма (рис. 6.1) установить замыкающее звено, координату середины поля допуска и допуск замыкающего звена.

2. Проанализировать размерные связи сборочной единицы, выявить и построить схему размерной цепи.

3. Выписать числовые значения номинальных размеров, допуски и координаты середины полей допусков составляющих звеньев, используя чертежи деталей, приведенные на рис. 6.1.

4. Составить уравнение номинальных размеров размерной цепи.

5. Проверить возможность обеспечения точности замыкающего звена по способу полной взаимозаменяемости.

6. Проверить возможность обеспечения точности замыкающего звена по способу неполной взаимозаменяемости.

7. Собрать механизмы в количестве 50 комплектов без какого-либо подбора деталей или пригонки.

8. Измерить замыкающие звенья собранных механизмов при помощи контрольного приспособления. Данные измерений занести в протокол (табл. 6.2).

9. Выявить механизмы, не удовлетворяющие заданной точности, определить требуемую поправку и выбрать механизмы, при помощи которых можно исправить допущенный брак методом подбора деталей.

10. Разобрать дефектный и выбранный для подбора механизмы, измерить их составляющие звенья универсальными измерительными инструментами. Результаты измерений занести в табл. 6.3.

11. На основании анализа полученной таблицы наметить варианты сборки данных механизмов методом подбора деталей.

12. Собрать механизмы и произвести измерения их замыкающих звеньев при помощи контрольного приспособления.

13. Произвести разборку всех 50 комплектов сборочных единиц.

14. Проанализировать полученные результаты.

15. Составить отчет.

6.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Эскиз сборочной единицы.
3. Схема размерной цепи.
4. Числовые значения номинальных размеров, допусков и координат середин полей допусков составляющих звеньев.
5. Уравнение номинальных размеров размерной цепи.
6. Проверка возможности обеспечения точности замыкающего звена по способу полной и неполной взаимозаменяемости.
7. Протокол измерений замыкающего звена (табл. 6.2) и его анализ.
8. Определение поправки Δ и подбор деталей при сборке (табл. 6.3).
9. Контроль правильности подбора деталей при сборке.
10. Выводы.

6.5. Контрольные вопросы

1. Какие способы обеспечения точности замыкающего звена размерной цепи при сборке известны?
2. В чем заключается сущность способов достижения точности замыкающего звена способами полной и неполной взаимозаменяемости?
3. По каким формулам проверяется возможность обеспечения точности замыкающего звена методами полной и неполной взаимозаменяемости?
4. Какие факторы влияют на выбор коэффициентов t_{Δ} и λ_i^2 ?
5. Каким уравнением связаны координаты середин полей допусков замыкающего и составляющих звеньев?

Рекомендуемая литература [1; 2; 9; 18].

Лабораторная работа 7

СБОРКА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Цель работы – приобретение практических навыков маршрутного описания сборки двигателя внутреннего сгорания.
Работа рассчитана на четыре академических часа.

Студент должен знать:

- устройство двигателя, наименование и функциональное назначение его основных составных частей;
- порядок разработки технологического процесса сборки двигателя.

Студент должен уметь:

- составлять технологическую схему сборки двигателя;
- заполнять маршрутную карту сборки двигателя;
- обеспечивать контроль систем двигателя в процессе сборки.

7.1. Основные положения

Действие двигателей внутреннего сгорания основано на преобразовании химической энергии топлива, сгорающего в рабочей зоне, в механическую работу. В машинах наиболее широкое применение имеет поршневой двигатель внутреннего сгорания, в котором тепловая энергия, образовавшаяся в результате сгорания топлива в замкнутом объеме, превращается в механическую работу поступательного движения поршня за счет расширения рабочего тела (газообразных продуктов сгорания топлива) в цилиндре, в который вставлен поршень.

По типу используемого топлива различают следующие виды поршневых двигателей:

- **бензиновые** – смесь топлива с воздухом готовится в карбюраторе и далее во впускном коллекторе или непосредственно в цилиндре при помощи распыляющих форсунок, далее смесь подается в цилиндр, сжимается, а затем поджигается при помощи искры, проскакивающей между электродами свечи;
- **дизельные** – специальное дизельное топливо впрыскивается в цилиндр под высоким давлением; горючая смесь образуется (и сра-

зу же сгорает) непосредственно в цилиндре по мере впрыска порции топлива; возгорание смеси происходит под действием высокого давления и, как следствие, температуры в камере;

- **газовые** – в качестве топлива применяются смеси сжиженных газов или сжатые природные газы.

Полный цикл работы поршневого двигателя складывается из последовательности тактов – однонаправленных поступательных ходов поршня (различают двухтактные и четырёхтактные двигатели).

Сборка двигателя включает узловую и общую сборку.

Основными частями двигателя, подлежащими узловой сборке, являются узел блока цилиндров и узел головки блока цилиндров (рис. 7.1).

Узел блока цилиндров содержит коленчатый вал и шатунно-поршневую группу.

Коленчатый вал может быть цельным или составным (рис. 7.2). Сборка составного коленчатого вала включает сборку колен и их последовательное соединение посредством коренных шеек.

Шатунно-поршневая группа состоит из поршней, шатунов, поршневых пальцев и других деталей (рис. 7.2). Сборка шатунно-поршневой группы включает следующую последовательность операций, повторяющихся для каждой пары шатун – поршень:

- 1) установка шатуна в поршень;
- 2) установка пальца в поршень и шатун;
- 3) вставка стопорных колец в поршень;
- 4) установка маслосъемного кольца и компрессионных колец на поршень;
- 5) вставка шатуна с поршнем в цилиндр;
- 6) вставка вкладышей шатунного подшипника в нижнюю головку шатуна и в крышку шатуна;
- 7) установка крышки шатуна на шатунные болты и заворачивание гаек шатунных болтов.

Основные операции сборки узла блока цилиндров:

- 1) укладка коленчатого вала в блок цилиндров (базовая деталь);
- 2) установка шатунно-поршневой группы в блок цилиндров;
- 3) установка маховика на коленчатый вал.

Узел головки блока цилиндров содержит систему газораспределения, составными частями которой являются распределительный вал и клапанный механизм (рис. 7.3).

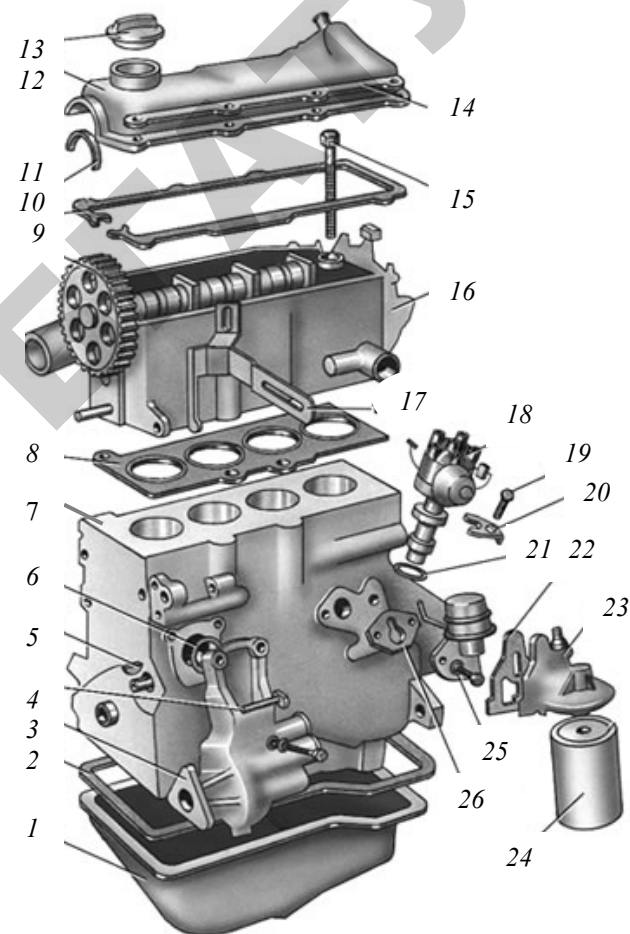


Рис. 7.1 Узлы и детали двигателя внутреннего сгорания:

1 – масляный картер; 2 – прокладка картера; 3 – водяной насос; 4 – болт крепления генератора; 5 – шпонка; 6 – уплотнительное кольцо водяного насоса; 7 – блок цилиндров; 8 – прокладка головки блока цилиндров; 9 – зубчатое колесо распределительного вала; 10 – прокладка крышки головки блока; 11 – прокладка; 12 – крышка головки блока; 13 – пробка маслосливной горловины; 14 – прижимная пластина; 15 – болт крепления головки блока; 16 – головка блока цилиндров; 17 – кронштейн крепления генератора; 18 – распределитель зажигания; 19 – болт крепления распределителя зажигания; 20 – держатель распределителя зажигания; 21 – уплотнительное кольцо распределителя зажигания; 22 – прокладка фильтра; 23 – крышка масляного фильтра; 24 – масляный фильтр; 25 – топливный насос; 26 – прокладка топливного насоса

Распределительный вал опирается на шейки и вращается в корпусе подшипников, установленном на головке блока цилиндров. К переднему торцу распределительного вала крепится ведомая звездочка, от которой осуществляется цепной привод вала (движение передается от коленчатого вала двигателя). На валу может располагаться шестеренка привода масляного насоса и распределителя зажигания и эксцентрик привода топливного насоса карбюраторных двигателей.

При сборке **клапанного механизма** выполняется установка клапанов в направляющие втулки, установка опорных шайб пружин клапана, установка опорных шайб пружин клапана, маслосъемных колпачков, пружин клапана, тарелок пружин клапана и сухарей.

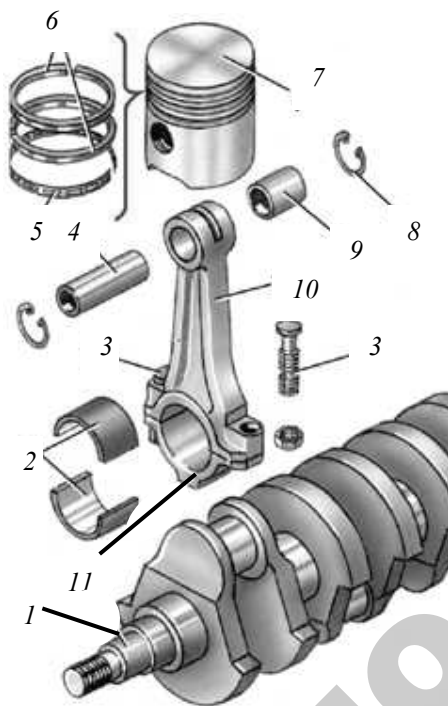


Рис. 7.2. Коленчатый вал и детали шатунно-поршневой группы:
 1 – коленчатый вал; 2 – вкладыш шатунного подшипника; 3 – болт крепления крышки шатуна; 4 – поршневой палец; 5 – маслосъемное кольцо; 6 – компрессионное кольцо; 7 – поршень; 8 – стопорное кольцо; 9 – втулка головки шатуна; 10 – шатун; 11 – крышка шатуна

Сборка узла головки блока цилиндров сводится в основном к установке распределительного вала и клапанного механизма в головку блока цилиндров (базовая деталь).

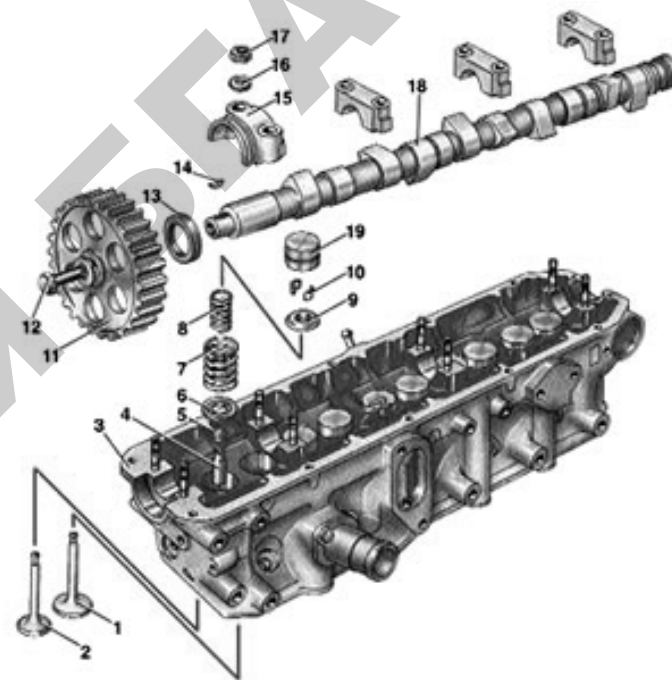


Рис. 7.3. Головка блока цилиндров, распределительный вал и клапаны:
 1 – впускной клапан; 2 – выпускной клапан; 3 – головка блока; 4 – втулка направляющая; 5 – маслосъемный колпачок; 6 – шайба опорная пружин клапана; 7 – пружина клапана наружная; 8 – пружина клапана внутренняя; 9 – тарелка пружин клапана; 10 – сухарь; 11 – зубчатое колесо распределительного вала; 12 – болт крепления зубчатого колеса; 13 – сальник; 14 – шпонка; 15 – крышка подшипника; 16 – шайба; 17 – гайка крепления крышки подшипника; 18 – распределительный вал; 19 – гидротолкатель клапана

Общая сборка двигателя начинается с установки головки цилиндров на блок цилиндров. Затем устанавливаются другие предварительно собранные узлы: пусковой механизм, генератор, масляный насос, насос охлаждающей жидкости, топливный насос, масляный фильтр и т.д.

В процессе сборки при необходимости производится контроль систем двигателя с учетом их функционального назначения.

Наиболее распространенные карбюраторные двигатели внутреннего сгорания содержат следующие основные системы: остов двигателя; механизмы движения и газораспределения; системы смазки, охлаждения, питания, зажигания, пуска, впуска и выпуска.

Остов двигателя – группа неподвижных деталей, являющихся базой для всех остальных систем (блок цилиндров (блок-картер), головка блока цилиндров, крышки подшипников коленчатого вала, также масляный поддон и ряд мелких деталей).

Механизм движения – группа движущихся деталей, воспринимающих давление газов в цилиндрах и преобразующих это давление в крутящий момент на коленчатом валу двигателя (поршни, шатуны, коленчатый вал и маховик). Коленчатый вал – вращающееся звено механизма движения – состоит из одного или нескольких колен и нескольких соосных коренных шеек, опирающихся на подшипники. Каждое колено коленчатого вала имеет две щеки и одну шейку для присоединения шатуна. Оси шатунных шеек смещены относительно оси вращения коленчатого вала. Для уравновешивания коленчатого вала при работе щеки часто имеют противовесы.

Механизм газораспределения служит для своевременного впуска горючей смеси в цилиндры и выпуска отработавших газов. Эти функции выполняют распределительный (кулачковый) вал, а также толкатели, штанги и коромысла, открывающие клапаны. Клапаны закрываются клапанными пружинами. Распределительный вал имеет определенное число кулачков, соответствующее числу цилиндров. Получая вращение через передаточный механизм от коленчатого вала, распределительный вал обеспечивает согласованную работу клапанов и поршней.

Система смазки – система агрегатов и каналов, подводящих смазку к трущимся поверхностям. Масло, находящееся в масляном поддоне, подается насосом в фильтр грубой очистки и далее через главный масляный канал в блок цилиндров под давлением поступает к подшипникам коленчатого и кулачкового валов, к шестерням и деталям механизма газораспределения. Смазка цилиндров, толкателей и других деталей производится масляным туманом, образующимся при разбрызгивании масла, вытекающего из зазоров в под-

шипниках вращающихся деталей. Часть масла отводится по параллельным каналам в фильтр тонкой очистки, откуда сливается обратно в поддон.

Система охлаждения может быть жидкостной и воздушной. Жидкостная система состоит из рубашек цилиндров и головок, заполненных охлаждающей жидкостью (водой, антифризом и т. п.), насоса, радиатора, в котором жидкость охлаждается потоком воздуха, создаваемым вентилятором, и устройств, регулирующих температуру воды. Воздушное охлаждение осуществляется обдувом цилиндров и головок вентилятором или потоком воздуха (на мотоциклах).

Система питания осуществляет приготовление горючей смеси из топлива и воздуха в пропорции, соответствующей режиму работы, и в количестве, зависящем от мощности двигателя. Система состоит из топливного бака, топливоподкачивающего насоса, топливного фильтра, трубопроводов и карбюратора, являющегося основным узлом системы.

Система зажигания служит для образования в камере сгорания искры, воспламеняющей рабочую смесь. В систему зажигания входят источники тока — генератор и аккумулятор, а также прерыватель, от которого зависит момент подачи искры. В систему включается распределитель тока высокого напряжения по соответствующим цилиндрам. В одном агрегате с прерывателем находятся конденсатор, улучшающий работу прерывателя, и катушка зажигания, с которой снимается высокое напряжение.

Система пуска состоит из электрического стартера, шестерён передачи от стартера к маховику, источника тока (аккумулятора) и элементов дистанционного управления. В функции системы входит вращение вала двигателя для пуска.

Система впуска и выпуска состоит из трубопроводов, воздушного фильтра на впуске и глушителя шума на выпуске.

К числу основных видов контроля параметров процесса сборки относятся:

- контроль осевого люфта коленчатого вала (зазора между упорными полукольцами и упорными поверхностями коленчатого вала);
- контроль высоты выступания торца гильз цилиндров над плоскостью блока;
- контроль затяжки крепежных деталей;

- контроль натяжения цепи привода распределительного вала;
- контроль положения меток (номеров) на собираемых деталях: на крышках коренных подшипников (при установке в блок цилиндров); на поршнях (при их установке в цилиндры); на маховике (при его установке на коленчатый вал); на звездочке (при ее установке на распределительный вал); на крышках шатунов (при их установке на шатунные болты).

7.2. Методические указания

Разработку технологии сборки двигателя следует начинать с изучения его конструкции. При этом на основании анализа рис. 7.1–7.3 важно уяснить внешний вид основных частей двигателя. Затем, по результатам просмотра видеофильма, демонстрирующего процесс сборки поршневого двигателя внутреннего сгорания, устанавливается последовательность и содержание операций сборки. Для обеспечения полноты и правильности описания этих операций просмотр видеофильма проводится несколько раз либо используется покадровый просмотр.

На основании данных о процессе сборки, полученных при просмотре видеофильма, составляется технологическая схема сборки (с учетом методических указаний к лабораторной работе 5).

На основании технологической схемы разрабатывается технологический маршрут сборки. Для оформления результатов разработки технологического маршрута предлагается заполнить представленную ниже учебную форму маршрутной карты, позволяющую в упрощенном виде отразить основную информацию, связанную с технологическим маршрутом.

Маршрутная карта сборки двигателя (учебная форма)

Наименование изделия		
№ операции	Наименование и содержание операции сборки / узловая и общая сборка /	Наименование операции контроля
1	2	3

В графе 1 маршрутной карты проставляется сквозная нумерация всех операций. В графе 2 приводится наименование и содержание операций сборки, связанных непосредственно с установкой и соединением узлов или деталей (сначала дается описание сборки основных узлов, а затем общей сборки двигателя). В графе 3 приводится наименование операций контроля систем двигателя в процессе сборки (указываются контролируемые параметры сборки).

7.3. Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию двигателя.
2. Разработать технологические схемы узловой и общей сборки двигателя
3. Составить маршрутную карту узловой и общей сборки двигателя.
4. Проанализировать технологичность конструкции двигателя с точки зрения эффективности сборки и обеспечения точности.
5. Составить отчет.

7.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Основные положения.
3. Технологические схемы узловой и общей сборки двигателя.
4. Маршрутная карта сборки двигателя.
5. Выводы.

7.5. Контрольные вопросы

1. Из каких основных узлов состоит конструкция двигателя?
2. Каково функциональное назначение основных систем двигателя?
3. Какие детали принимаются в качестве базовых при сборке двигателя?
4. Какова последовательность основных операций сборки двигателя?
5. По каким основным параметрам обеспечивается контроль качества сборки двигателя?

Рекомендуемая литература [1; 2; 9; 18].

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНЫХ АВТОМАТОВ

Цель работы – ознакомление с технологическими возможностями токарно-револьверных автоматов; приобретение практических навыков разработки операционных карт технологических процессов механической обработки заготовок деталей машин.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Студент должен знать:

- основные направления автоматизации металлообрабатывающего производства;
- назначение, устройство и технологические возможности основных токарно-револьверных автоматов;
- порядок операционного описания технологических процессов механической обработки;
- структуру технологической операции.

Студент должен уметь:

- заполнять операционную карту технологических процессов механической обработки;
- определять виды обработки заготовок на токарно-револьверных автоматах и виды используемой технологической оснастки.

8.1. Основные положения

8.1.1. Принципы автоматизации металлообрабатывающего производства

Автоматизация производства – высшая стадия механизации производства, при которой обеспечивается выполнение технологических операций с помощью средств автоматики без непосредственного участия человека; при этом управление машинами, их регулирование и наладка осуществляются автоматически.

Автоматизация производства нацелена на повышение производительности труда и качества продукции, на усиление ритмичности производства и экономию материалов, на оптимизацию производства.

В машиностроении автоматизация получила наиболее широкое развитие в технологических процессах механической обработки, где одной из ее главных задач является повышение производительности металлообрабатывающих станков.

Одним из наиболее прогрессивных направлений автоматизации металлообрабатывающего производства является создание и применение станков с числовым программным управлением.

Станок с числовым программным управлением (станок с ЧПУ) – станок-автомат (полуавтомат), подвижные органы которого совершают рабочие и вспомогательные движения автоматически по заранее установленной числовой управляющей программе, которая представляет собой совокупность команд на языке программирования, соответствующую заданному алгоритму функционирования станка при обработке конкретной заготовки.

Функции, выполняемые устройствами ЧПУ, разделяются на основные (выполнение необходимых расчетов, управление приводами подачи станка и вспомогательными механизмами и т.п.) и дополнительные (коррекция положения режущего инструмента, цифровая индикация и т.п.).

Оснащение металлообрабатывающих станков устройствами ЧПУ связано с необходимостью выполнения ряда специальных требований к конструкции станков, в частности:

- базовые узлы выполняются с повышенной жесткостью;
- узлы привода главного движения обеспечивают бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя;
- в шпиндели встраиваются устройства автоматического зажима и разжима инструмента;
- узлы привода подачи выполняются с короткими кинематическими парами, обеспечивающими высокую жесткость, плавность хода, минимальные потери на трение;
- направляющие выполняются с повышенной износостойкостью, с малым коэффициентом трения;
- в станках встраиваются дополнительные автоматические устройства смены инструмента, уборки стружки, смазки, загрузочные и другие устройства;

- в конструкциях станков предусмотрена установка автоматических измерительных систем с обратной связью, обеспечивающих автоматическую поднастройку станков, и т.д.

Автоматизация смены режущего инструмента в станках с ЧПУ осуществляется путем использования револьверных головок и магазинов инструментов.

Оснащение металлообрабатывающих станков устройствами ЧПУ позволяет осваивать в серийном и единичном производствах следующие технико-организационные принципы, присущие массовому производству:

- высокую производительность за счет оптимизации режимов резания и автоматизации вспомогательных перемещений;
- высокую точность обработки и идентичность размеров обработанных деталей, что облегчает сборку изделий;
- уменьшение объема разметочных работ;
- концентрацию операций механической обработки, что сокращает количество контрольных операций и количество станочной оснастки и инструмента;
- сокращение циклов изготовления изделий и сборки узлов;
- уменьшение ручного труда и перенос его в сферу инженерного;
- контроль размеров инструмента и детали.

Станки с ЧПУ имеют расширенные технологические возможности при сохранении высокой надежности работы. Конструкция станков с ЧПУ, как правило, обеспечивает совмещение различных видов обработки (точение – фрезерование, фрезерование – шлифование), удобство загрузки заготовок, выгрузки деталей (что особенно важно при использовании промышленных роботов), автоматическое или дистанционное управление сменой инструмента и т.д.

Повышение точности обработки достигается высокой точностью изготовления и жесткостью станка, превышающей жесткость обычного станка того же назначения, для чего производят сокращение длины его кинематических цепей: применяют автономные приводы, по возможности сокращают число механических передач. Приводы станков с ЧПУ должны обеспечивать высокое быстродействие.

Устройства автоматической смены инструмента (магазины, автооператоры, револьверные головки) должны обеспечивать минимальные затраты времени на смену инструмента, высокую надежность в работе, стабильность положения инструмента, иметь необ-

ходимую вместимость магазина или револьверной головки, служащей для закрепления инструментов.

В станках с ЧПУ имеются вспомогательные механизмы, которые включают в себя устройства смены инструмента, уборки стружки, систему смазывания, зажимные приспособления, загрузочные устройства и т.д.

8.1.2. Токарные станки с ЧПУ

Токарные станки предназначены для обработки преимущественно тел вращения путём снятия с них стружки при точении. Токарные станки составляют значительную группу металлорежущих станков и отличаются большим разнообразием.

Основные узлы токарных станков:

- основание с поддоном для сбора охлаждающей жидкости и стружки; станина с направляющими суппорта и задней бабки;
- неподвижная передняя бабка со шпинделем и коробкой скоростей, которая может располагаться и в другом месте, например в основании;
- передвижная задняя бабка, закрепляемая на станине в определенном положении; коробка передач, соединенная муфтами с ходовым валом и ходовым винтом;
- фартук с механизмом передачи движения от ходового валика к рейке (или к винту подачи поперечных салазок) и с механизмом соединения маточной гайки с ходовым винтом;
- суппорт, состоящий из каретки, движущейся по направляющим станины, поперечных салазок, перемещающихся по направляющим каретки;
- поворотная часть с направляющими для верхней каретки, несущей резцедержатель.

Большое разнообразие работ, выполняемых на токарных станках, обуславливает необходимость применения разнообразных токарных резцов. Основные и наиболее употребляемые **режущие инструменты для токарных станков** – проходные, чистовые, подрезные, отрезные и расточные резцы.

Проходные, или обдирочные, резцы (рис. 8.1, а, в) используются для предварительного обтачивания и подрезания деталей, во время которых снимается наибольшая часть припуска. Поэтому проход-

ные резцы имеют такую форму, при которой обеспечивается наибольшая производительность станка. Шероховатость обработанной поверхности, а также соблюдение точных размеров детали при этом имеют второстепенное значение.

Чистовые резцы (рис. 8.1, б) применяются для окончательной отделки деталей. Припуски, которые снимаются в данном случае, обычно невелики. Основное требование, предъявляемое к чистовому резцу, – это обеспечение требуемой чистоты обработанной поверхности (малой ее шероховатости).

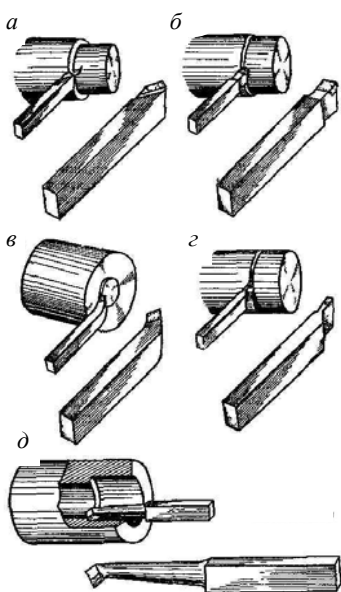


Рис. 8.1. Основные типы токарных резцов: проходной прямой (а), чистовой (б) проходной отогнутый (в), отрезной (з), расточной (д)

Подрезные резцы применяются для обработки торцовых поверхностей. Для этих целей используются также проходные отогнутые резцы (рис. 8.1, в).

Отрезные резцы (рис. 8.1, з) служат для отрезания от прутков требующихся кусков материала. При отрезании необходимо обеспечить, возможно, меньшую потерю материала, поэтому отрезные резцы делают узкими (с малой протяженностью длины режущей кромки), вследствие чего они получаются непрочными, часто ломаются и работа с ними требует большой осторожности и умения.

Расточные резцы (рис. 8.1, д) применяются для растачивания различных отверстий, выемок, и т. д. Размеры расточного резца (поперечное сечение и длину стержня) выбирают в соответствии с размерами обрабатываемого отверстия.

Кроме указанных резцов, при токарной обработке используются прорезные, фасонные, резьбовые и некоторые другие резцы специального назначения.

Токарные резцы изготавливаются из сталей и твердых сплавов.

С учетом характера выполняемой работы, материала обрабатываемой детали, материала резца, режима резания и других условий определяется оптимальная форма (геометрия) резца, которая характеризуется передним, задним углами и углами резания и заострения.

Все приспособления для токарных станков в целях унификации могут быть классифицированы по следующим основным признакам: конструкция; размеры оборудования; размеры заготовок; достижимая точность обработки с использованием приспособления.

К числу основных токарных приспособлений относятся: патроны, токарные центры и люнеты.

Кулачковые патроны бывают двух-, трех- и четырехкулачковые. Наиболее распространены трехкулачковые самоцентрирующие патроны, использующиеся для закрепления заготовок, имеющих цилиндрическую поверхность (наружную или внутреннюю). Все три кулачка патрона перемещаются к центру или от центра одновременно, что обеспечивает совпадение оси заготовки с осью шпинделя.

Центры служат для установки и закрепления длинных заготовок и устанавливаются в конические отверстия шпинделя станка и шпинделя задней бабки.

Люнеты применяют для обработки длинных нежестких заготовок. Они служат для уменьшения прогиба заготовки под действием сил резания в процессе обработки. Люнеты бывают неподвижные, устанавливаемые на станке, и подвижные, устанавливаемые на продольном суппорте станка.

На токарных станках можно выполнять различные **виды токарной обработки**, основные из них представлены на рис. 8.2 (стрелками показаны направления перемещения инструмента и вращения заготовки).

Используя специальные приспособления, на токарном станке можно осуществлять фрезерование, шлифование, нарезание зубьев и другие виды обработки. На специализированных токарных станках обрабатывают колёсные пары, муфты, трубы и др. изделия.

Перед сверлением отверстий в сплошном материале обязательным переходом является центрование отверстий. Для центрования используются специальные центровочные сверла, отличающиеся высокой жесткостью. Центрование уменьшает увод отверстия и улучшает условия работы сверла при последующем сверлении.

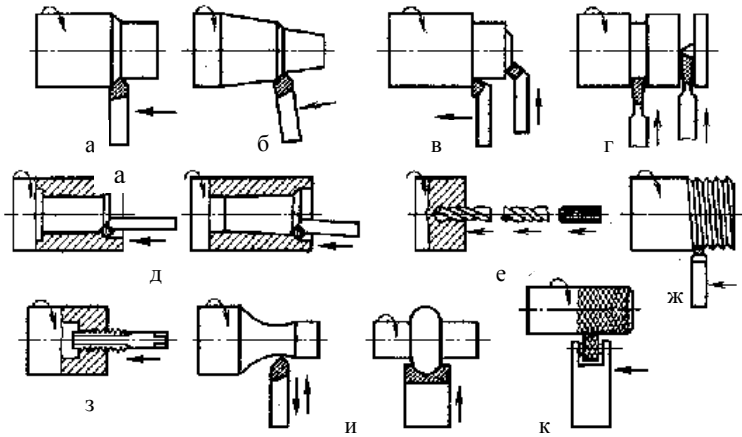


Рис. 8.2. Основные виды токарных работ:

- а* – обработка наружных цилиндрических поверхностей; *б* – обработка наружных конических поверхностей; *в* – обработка торцов и уступов; *г* – вытачивание пазов и канавок, отрезка заготовки; *д* – обработка внутренних цилиндрических и конических поверхностей; *е* – сверление, зенкерование и развертывание отверстий; *ж* – нарезание наружной резьбы; *з* – нарезание внутренней резьбы; *и* – обработка фасонных поверхностей; *к* – накатывание рифлений

Фрезерование плоскостей производится торцевыми и концевыми фрезами. Фрезерование концевыми фрезами применяется для обработки сложных контуров, уступов, пазов, узких плоскостей.

Обработка главных отверстий может производиться зенкерованием, развертыванием и растачиванием. Наиболее универсальным методом является растачивание, которое (по сравнению с зенкерованием и развертыванием) обеспечивает более высокую точность размеров отверстий.

Построение технологических процессов на многоцелевых станках отличается высокой концентрацией переходов, позволяющей обработать деталь без переустановок. Это способствует обеспечению высокой точности обработки, определяемой только точностью исполнительных движений станка.

Наиболее технологичными деталями для обработки на многоцелевых станках являются детали, имеющие не более четырех сторон

обработки, которые могут быть обращены к шпинделю при вращении вокруг вертикальной оси.

Выбор технологических баз также подчиняется условию максимальной концентрации переходов. В качестве технологических баз необходимо выбирать такие поверхности, которые позволили бы проводить обработку за минимальное число переустановок.

Опорные и зажимные элементы не должны препятствовать свободному доступу инструмента к обрабатываемым поверхностям.

Токарные станки с ЧПУ составляют самую значительную группу по номенклатуре в парке станков с ЧПУ. На токарных станках с ЧПУ выполняют традиционный комплекс технологических операций: точение, отрезку, сверление, нарезание резьбы и др.

В основе классификации токарных станков с ЧПУ лежат следующие признаки:

- расположение оси шпинделя (горизонтальные и вертикальные станки);
- число используемых в работе инструментов (одно- и многоинструментальные станки);
- способы их закрепления (на суппорте, в револьверной головке, в магазине инструментов);
- вид выполняемых работ (центровые, патронные, патронно-центровые, карусельные, прутковые станки);
- степень автоматизации (полуавтоматы и автоматы).

Центровые станки с ЧПУ служат для обработки заготовок деталей типа валов с прямолинейным и криволинейным контурами. На этих станках можно нарезать резьбу резцом по программе. Патронные станки с ЧПУ предназначены для обточки, сверления, развертывания, зенкерования, цекования, нарезания резьбы метчиками в осевых отверстиях деталей типа фланцев, зубчатых колес, крышек, шкивов и др.; возможно нарезание резцом внутренней и наружной резьбы по программе. Патронно-центровые станки с ЧПУ служат для наружной и внутренней обработки разнообразных сложных заготовок деталей типа тел вращения и обладают технологическими возможностями токарных центровых и патронных станков. Карусельные станки с ЧПУ применяют для обработки заготовок сложных корпусов.

Токарные станки с ЧПУ оснащают револьверными головками или магазином инструментов. Револьверные головки бывают четы-

рех-, шести- и двенадцатипозиционные, причем на каждой позиции можно устанавливать по два инструмента для наружной и внутренней обработки заготовки. Ось вращения головки может располагаться параллельно оси шпинделя, перпендикулярно к ней или наклонно.

При установке на станке двух револьверных головок в одной из них закрепляют инструменты для наружной обработки, в другой – для внутренней. Такие головки могут располагаться соосно одна относительно другой или иметь разное расположение осей. Индексирование револьверных головок производится, как правило, путем применения закаленных и шлифованных плоскозубчатых торцовых муфт, которые обеспечивают высокую точность и жесткость индексирования головки. В пазы револьверных головок устанавливают сменные взаимозаменяемые инструментальные блоки, которые настраивают на размер вне станка, на специальных приборах, что значительно повышает производительность и точность обработки.

Магазины инструментов (емкостью 8-20 инструментов) применяют редко, так как практически для токарной обработки одной заготовки требуется не более 10 инструментов. Использование большего числа инструментов целесообразно в случаях точения труднообрабатываемых материалов, когда инструменты имеют малый период стойкости.

Расширение технологических возможностей токарных станков возможно благодаря стиранию грани между токарными и фрезерными станками, добавлению внецентрового сверления, фрезерования контура (т.е. программируется поворот шпинделя); в некоторых случаях возможно резбонарезание несоосных элементов заготовок.

Для повышения производительности за счет совмещения вспомогательного времени, затрачиваемого на съём обработанной детали и установку очередной заготовки в приспособление, с машинным временем обработки и автоматизации смены заготовок в современных многооперационных станках с ЧПУ используются специальные механизмы. Заготовки при этом устанавливаются на сменных столах-спутниках, представляющих собой плиту унифицированной конструкции, позволяющую фиксировать и закреплять заготовку на столе станка. Механизм смены заготовок в автоматическом режиме удаляет из рабочей зоны спутник с обработанной деталью и подает вместо него спутник с закрепленной на нем заготовкой.

Автоматизация установки заготовок и снятия обработанных деталей на токарных станках с ЧПУ осуществляется, как правило, с использованием промышленных роботов (автооператоров) и специальных накопительных устройств. Промышленные роботы выполняют ряд вспомогательных операций, связанных с перемещением заготовок и деталей, их ориентацией, поворотом и т.д.

Уменьшение количества операций механической обработки за счет концентрации технологических переходов при обработке на станках с ЧПУ и снижение на этой основе затрат времени на межоперационное транспортирование, установку заготовок и снятие деталей возможно лишь при использовании режущего инструмента широкой номенклатуры и автоматизации его смены.

Автоматизация смены инструмента в станках с ЧПУ осуществляется двумя путями:

- использованием револьверных головок;
- использованием магазинов инструментов.

Револьверная головка может содержать от 6 до 16 инструментов и используется, в основном, в станках с ЧПУ токарной и сверлильной групп. В револьверных головках токарных станков размещаются резцы (резцовые блоки) и осевой режущий инструмент. Смена инструмента осуществляется за счет автоматического поворота револьверной головки на заданную в управляющей программе позицию. Достоинством револьверных головок является:

- простота конструкции и высокая надежность в работе;
- малое время смены инструмента (3–5 с).

Оснащение металлорежущих станков магазинами инструментов предусматривает использование устройств автоматического поиска инструмента, перемещения его из гнезда магазина на позицию к шпинделю станка (совмещенного во времени с обработкой заготовки) и автоматической смены инструмента в шпинделе станка.

В шпинделях станков, оснащаемых магазинами инструментов, устанавливаются механизмы автоматической ориентации шпинделя по углу и автоматического зажима-разжима инструмента.

8.2. Методические указания

В ходе выполнения работы следует просмотреть видеофильм, демонстрирующий операцию механической обработки заготовок на

двухшпindelном двухревольверном токарном обрабатывающем центре (рис. 8.3), и установить последовательность и содержание структурных элементов операции. Для обеспечения полноты и правильности описания структуры операции просмотр видеофильма проводится несколько раз либо используется покадровый просмотр.

На основании данных о механической обработке, полученных при просмотре видеофильма, предлагается заполнить представленную ниже учебную форму операционной карты, позволяющую в упрощенном виде отразить основную информацию, связанную с технологической операцией механической обработки.

При заполнении операционной карты следует руководствоваться методическими указаниями к лабораторной работе 4.

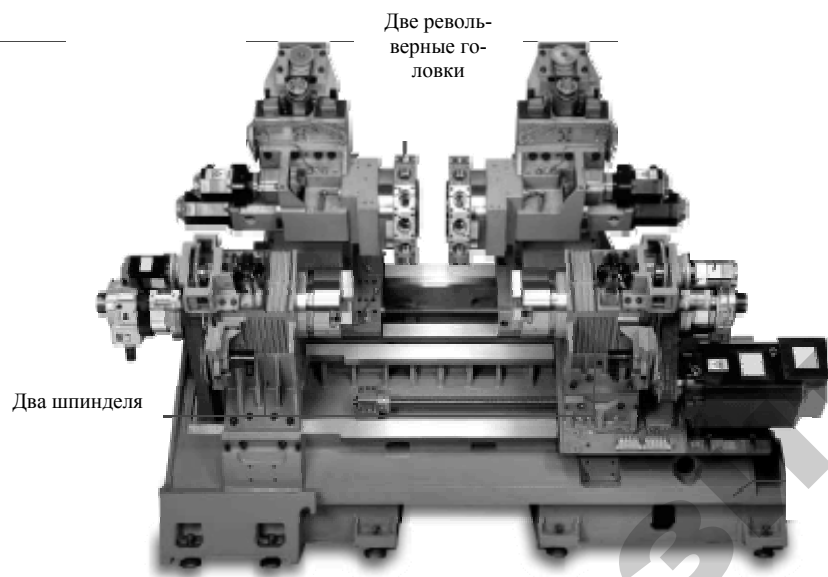


Рис. 8.3. Двухшпindelный двухревольверный токарный обрабатывающий центр

Операционная карта механической обработки заготовки (учебная форма)

№ пере-хода	Содержание перехода	Используемый инструмент
1	2	3

8.3. Порядок выполнения работы

1. Изучить структуру и порядок выполнения операции механической обработки.
2. Составить операционное описание обработки с учетом условий выполнения операции; заполнить операционную карту.
3. Проанализировать технологические возможности токарно-револьверных автоматов.
4. Составить отчет.

8.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Основные положения.
3. Операционная карта.
4. Выводы.

8.5. Контрольные вопросы

1. Каковы основные задачи автоматизации металлообрабатывающего производства?
2. Каковы конструктивные особенности станков с ЧПУ?
3. В чем состоят функциональные преимущества станков с ЧПУ?
4. Какие виды обработки можно выполнять на токарных станках?
5. Назовите основные виды режущих инструментов и приспособлений для токарных станков.
6. По каким признакам классифицируются токарные станки с ЧПУ?
7. Каково назначение револьверных головок в токарных станках с ЧПУ?
8. Благодаря чему обеспечивается расширение технологических возможностей токарных станков с ЧПУ?

Рекомендуемая литература [1; 2; 8–10].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Цель работы – изучение методов настройки технологической системы, определение настроечного размера, погрешности и допуска настройки.

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- параметры настройки технологических систем и методы их определения;
- параметры точности в сельскохозяйственном машиностроении;
- закономерности выбора метода достижения заданной точности;
- физическую причины возникновения погрешностей установки режущего инструмента.

Студент должен уметь рассчитывать параметры настройки технологических систем.

1.1. Основные положения

Технологический процесс реализуется с помощью *средств технологического оснащения*, к которым относятся технологическое оборудование и технологическая оснастка.

Технологическое оборудование – средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются материалы, полуфабрикаты или заготовки, а также средства воздействия на них (станки, гальванические ванны, сборочные и испытательные стенды и т.п.).

Технологическая оснастка – средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса. К технологической оснастке относятся приспособления и инструмент.

Приспособление – вспомогательное устройство, используемое для изготовления заготовок, деталей и сборочных единиц.

Часть 2

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Инструмент – орудие труда или исполнительный орган машины, используемые для изготовления заготовок, деталей и сборочных единиц.

Совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предназначенных для выполнения в условиях производства заданных технологических процессов в соответствии с требованиями технической документации, образует **технологическую систему**.

При осуществлении технологического процесса особое значение имеет состояние системы «станок – приспособление – инструмент – деталь» (**системы СПИД**) – комплекса взаимосвязанных элементов технологической системы, состоящей из станка, приспособления, инструмента и детали.

В металлообрабатывающем производстве для обеспечения требуемой производительности, точности и шероховатости поверхности при изготовлении детали в соответствии с установленным технологическим процессом производится наладка и настройка технологической системы (станка).

Наладка технологической системы (станка) – это приведение ее в рабочее состояние, пригодное для использования при выполнении технологической операции. Важнейшей частью наладки является **настройка** (регулирование) технологической системы (станка) на размер, которая включает согласованную установку режущего инструмента, рабочих органов станка, приспособления в положение, которое обеспечивает получение заданного размера с установленным допуском на изготовление детали.

Взаимное положение элементов технологической системы определяется **установочным размером**. Поле рассеяния положений инструмента при наладке называется **погрешностью наладки станка** на размер (Δ_n). Ориентировочно погрешность Δ_n принимается равной разности между предельными значениями установочного размера.

Для настройки станков применяются два метода: **статический и динамический** (по пробным заготовкам с помощью рабочего калибра и по пробным заготовкам с помощью универсального мерительного инструмента). Из двух указанных динамических методов наибольшее распространение получил метод настройки по пробным заготовкам с помощью универсального мерительного инстру-

мента, обеспечивающий более высокую точность обработки деталей. Метод настройки по пробным заготовкам с помощью рабочего калибра в работе не рассматривается.

1.2. Методические указания

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

Погрешность настройки рассчитывается по формуле

$$\Delta_{н.ст} = \sqrt{\Delta_{эт}^2 + \Delta_{уст.ин}^2}, \quad (1.1)$$

где $\Delta_{эт}$ – погрешность изготовления и установки эталона на станке, мкм;

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

Погрешность $\Delta_{эт}$ определяется суммой

$$\Delta_{эт} = \Delta_{изг.эт.} + \Delta_{уст.эт.}, \quad (1.2)$$

где $\Delta_{изг.эт.}$, $\Delta_{уст.эт.}$ – погрешности изготовления и установки эталона на станке соответственно, мкм.

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

Погрешность установки инструмента по эталону зависит от способа установки и определяется по табл. 1.1.

Для компенсации изменения фактических размеров обрабатываемых заготовок установочные калибры или эталонные детали при статической настройке изготавливаются с отступлением от чертежа заготовки на величину некоторой поправки $\Delta_{попр}$. В этом случае расчетный настроечный размер $L_{н.расч}$ эталона определяется по формуле

$$L_{н.расч} = \frac{L_{\min} + L_{\max}}{2} \pm \Delta_{попр}, \quad (1.3)$$

где L_{\min} и L_{\max} – соответственно наименьший и наибольший предельные размеры детали по чертежу;

$\Delta_{\text{попр}}$ – поправка, учитывающая деформацию в упругой технологической системе и высоту неровностей поверхности эталона, по которой производится настройка.

$$\Delta_{\text{попр}} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3,$$

где Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 – составляющие поправки, учитывающие соответственно действие сил резания, высоту неровностей поверхности обрабатываемых заготовок и величину зазора в подшипниках шпинделя.

Таблица 1.1

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

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

В формуле (1.3) знак (–) принимается для случая обработки вала, а знак (+) – отверстия.

При односторонней обработке

$$\Delta_1 = \frac{P_y}{j},$$

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

При двухсторонней обработке значение Δ_1 удваивается:

$$\Delta_2 = Ra,$$

где Ra – шероховатость поверхности заготовки, мкм.

Значение Δ_3 принимается равным 20–40 мкм. Статический метод настройки не позволяет получить точность деталей выше 8–9-го квалитетов.

Варианты задания для первого случая приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

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

Вариант	Размер детали по чертежу L , мм	Шероховатость заготовки Ra , мкм	Сила резания P_y , Н	Жесткость системы j , Н/мм
Наружная поверхность вращения				
1	20 _{-0,033}	50	80	6000
2	46 _{-0,16}	25	90	5000
3	36 _{-0,16}	50	100	10000
4	56 _{-0,046}	100	50	9000
Цилиндрическая поверхность отверстия				
1	30 ^{+0,084}	25	50	6000
2	19 ^{+0,13}	50	75	10000
3	36 ^{+0,16}	50	100	7000
4	40 ^{+0,16}	25	60	8000
Торцовая поверхность				
1	250 _{-0,24}	100	80	5500
2	190 _{-0,115}	50	100	6000
3	370 _{-0,36}	100	75	8000
4	280 _{-0,2}	100	200	7000

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

В этом случае определяют промежуточный размер эталона:

$$L_{\text{пром.эт}} = L_{\text{min}} + \frac{\delta}{2}, \quad (1.4)$$

где L_{min} – наименьший размер детали в пределах допуска на обработку, мм;

δ – допуск на обработку, мм.

Затем производят обработку пробных деталей (3–5 шт.) и определяют универсальным измерительным инструментом их размеры L_i по возможности наиболее точно.

Рассчитывают значения среднего размера пробных деталей \bar{L} и среднего квадратичного отклонения σ .

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

$$\Delta_{\text{норм}} = \bar{L} - L_{\text{пром.эт}}.$$

Окончательный размер эталона определяется по формуле

$$L_{\text{эт}} = L_{\text{min}} + 3\sigma - \Delta_{\text{попр}} - a, \quad (1.5)$$

где a – толщина щупа.

Погрешность настройки для этого случая равна

$$\Delta_{\text{н}} = \sqrt{\Delta_{\text{эт}}^2 + \Delta_{\text{из}}^2 + \Delta_{\text{уст.ин}}^2}, \quad (1.6)$$

где $\Delta_{\text{из}}$ – погрешность изготовления щупа;

$\Delta_{\text{уст.ин}}$ – погрешность установки режущего инструмента по щупу. Значения $\Delta_{\text{уст.ин}}$ принимаются по табл. 1.1.

Варианты заданий для определения параметров настройки по установу представлены в табл. 1.3.

Динамическая настройка станка с контролем пробных деталей универсальным измерительным инструментом предусматривает, что режущий инструмент устанавливается на размер

$$L_0 = L_{\text{min}} + \frac{\Delta_{\text{н.д}}}{2}, \quad (1.7)$$

где $\Delta_{\text{н.д}}$ – погрешность динамической настройки; для вала (+); для отверстия (–), мкм.

Величина $\Delta_{\text{н.д}}$ определяется по формуле

$$\Delta_{\text{н.д}} = 1,2 \times \sqrt{\Delta_{\text{см}}^2 + \Delta_{\text{рег}}^2 + \Delta_{\text{изм}}^2}, \quad (1.8)$$

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

$\Delta_{\text{рег}}$ – погрешность регулирования положения режущего инструмента на станке, мкм;

$\Delta_{\text{изм}}$ – погрешность измерения пробных деталей, мкм.

В свою очередь

$$\Delta_{\text{см}} = \frac{\Delta_{\text{сл}}}{\sqrt{m}}, \quad (1.9)$$

где $\Delta_{\text{сл}}$ – мгновенная погрешность обработки, мкм;

m – количество пробных деталей (3–5 шт.).

Таблица 1.3

Варианты заданий для определения настроечного размера $L_{\text{н.расч}}$ и погрешности настройки $\Delta_{\text{н}}$ по установу

Вариант	Размер детали по чертежу L , мм	Размер пробных деталей, мм	Размер щупа a , мм
1	$124_{-0,1}$	123,98	$1_{-0,006}$
		123,98	
		123,99	
		123,98	
2	$230_{-0,13}$	229,96	$5_{-0,008}$
		229,96	
		229,96	
3	$85_{-0,087}$	84,90	$3_{-0,008}$
		85,00	
		84,99	
		84,97	
		84,98	

Вариант	Размер детали по чертежу L , мм	Размер пробных деталей, мм	Размер шупа a , мм
4	43 _{-0,062}	42,97	1 _{-0,006}
		42,97	
		42,98	
5	185 _{-0,29}	184,88	3 _{-0,008}
		184,89	
		184,87	
		184,88	
6	260 _{-0,32}	259,98	5 _{-0,008}
		259,98	
		259,97	
7	65 _{-0,19}	64,88	1 _{-0,006}
		64,87	
		64,86	
		64,88	
8	93 _{-0,14}	92,96	3 _{-0,008}
		92,97	
		92,98	
9	145 _{-0,25}	144,88	3 _{-0,008}
		144,86	
		144,89	
10	210 _{-0,115}	209,96	5 _{-0,008}
		209,96	
		209,96	

Мгновенную погрешность обработки $\Delta_{сл}$ следует принимать по табл. 1.4 и 1.5. Погрешность регулирования положения режущего инструмента зависит от применяемого способа регулирования и определяется по табл. 1.6.

Таблица 1.4

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

Размеры, мм	Сила резания $P_{\text{рез}}$, Н	Жесткость системы j , Н/мм		
		4000-6000	6000-10000	10000-5000
50-80	50-100	46	32	60
	100-150	47	33	62

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

Размеры, мм	Сила резания $P_{\text{рез}}$, Н	Жесткость системы j , Н/мм		
		4000-6000	6000-10000	10000-15000
50-80	—	18	15	12

Таблица 1.6

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

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

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

Измерительный инструмент выбирается по табл. 1.7.

Погрешности измерения для различных измерительных инструментов приведены в табл. 1.8.

Таблица 1.7

Измерительные инструменты для динамической настройки станков

Допуск на обработку, мм	Инструмент для настройки	Цена деления инструмента
0,5 и более	Штангенциркуль	0,10
0,25-0,5	—	0,05
0,05-0,25	Микрометр	0,01
0,01-0,05	Индикаторная скоба	0,01 ... 0,002

Таблица 1.8

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

Наименование приборов и инструментов	Предельные погрешности
Миниметр с ценой деления, мм:	
0,001	0,8-2,0
0,002	1,4-2,5
0,005	2,5-3,0
Индикаторы с ценой деления 0,01 мм при работе в пределах одного оборота стрелки	10-20
Микрометр	6-14
Штангенциркуль с отсчетом по нониусу, мм	
0,02	45
0,05	90
0,10	180

Примечание. Для определения $\Delta_{\text{изм}}$ принятые предельные погрешности следует умножить на 2.

Допуск настройки определяется по формуле

$$\delta_n = 1,2 \cdot \sqrt{\Delta_{\text{рег}}^2 + \Delta_{\text{изм}}^2} \quad (1.10)$$

Затем производится обработка пробных деталей и определяется фактический уровень настройки

$$L_{\text{у.н}} = \frac{\sum L_i}{m},$$

где L_i – размеры пробных деталей, мм.

Далее определяют величину смещения настройки

$$\delta_{\text{см}} = L_0 - L_{\text{у.н}}, \quad (1.11)$$

где $L_{\text{у.н}}$ – фактический уровень настройки пробных деталей, мм.

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

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

Варианты заданий для определения параметров настройки динамическим методом приведены в табл. 1.9.

1.3. Примеры расчета параметров настройки технологических систем

Пример 1. Настройка статическим методом по эталону для обтачивания наружной цилиндрической поверхности размером $L = 42_{-0,100}$ на токарном станке. Высота неровностей заготовки $Ra = 60$ мкм. Сила резания $P_y = 75$ Н. Жесткость токарного станка $j = 9000$ Н/мм.

Определяем погрешность эталона по формуле (1.2)

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

При установке резца подведением до непосредственного касания с эталоном (табл. 1.1) $\Delta_{\text{уст. ин}} = 50$ мкм.

Тогда погрешность настройки согласно (1) будет

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

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

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

Таблица 1.9

Варианты заданий для определения параметров настройки динамическим методом

Вариант	Размер детали по чертежу, мм	Размер пробных деталей, мм	Сила резания $P_v, Н$	Жесткость системы $j, Н/мм$
Точение наружной цилиндрической поверхности				
1	$52_{-0,12}$	51,895 51,941 51,884	150	12000
2	$60_{-0,106}^{-0,06}$	59,838 59,860 59,894 59,876	90	4500
3	$68_{-0,046}$	67,967 67,970 67,971 67,969	98	7800
4	$73_{-0,046}$	72,974 72,976 72,975	140	11000
5	$67_{-0,106}^{-0,06}$	66,896 66,976 66,890	110	14800
Шлифование наружной цилиндрической поверхности				
6	$50_{-0,05}^{-0,025}$	49,968 49,971 49,974	–	9500
7	$62_{-0,174}^{-0,10}$	61,959 61,960 61,968 61,962	–	19300
8	$73_{-0,074}$	72,961 72,960 72,960	–	11200
9	$80_{-0,174}^{-0,10}$	79,958 79,957 79,961	–	25800
10	$52_{-0,106}^{-0,06}$	51,875 51,890 51,876	–	11800

Величину Δ_3 принимаем равной 30 мкм.

Тогда

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

Расчетный настроечный размер эталона определяем по формуле (1.3):

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

Пример 2. Настройка по эталону (установу) на фрезерном станке. Размер детали по чертежу $227_{-0,13}$. Размеры пробных деталей, измеренных универсальным измерительным инструментом: $L_1 = 226,941$ мм; $L_2 = 226,94$ мм; $L_3 = 226,942$ мм. Размер щупа $a = 3_{-0,08}$ мм.

Промежуточный размер эталона находим по зависимости (1.4)

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

Средний размер пробных деталей

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

Среднее квадратичное отклонение размера пробных деталей от среднего значения равно $L_{\text{эт}}^{\text{пром}} = 226,87 + 0,065 = 226,935$ мм, $\sigma = 1,0008$ мм.

Величина поправки настроечного размера

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

Тогда окончательный размер эталона определяем по формуле (1.4)

$$L_{\text{эт}}^{\text{пром}} = 226,87 + 3 \cdot 1,0008 - 0,006 - 3 = 226,866 \text{ мм.}$$

Погрешность эталона для этого случая

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

Погрешность установки инструмента выбираем по табл. 1.1,

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

Общую погрешность настройки определяем по формуле (1.6):

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

Пример 3. Настройка динамическим методом при обработке на токарном станке для обтачивания наружной цилиндрической поверхности размером $L = 53_{-0,12}$. Усилие резания $P_y = 150$ Н, жесткость системы $j = 11000$ Н/мм. Размеры пробных деталей: $L_1 = 52,897$ мм; $L_2 = 52,903$ мм; $L_3 = 52,899$ мм.

Для расчета погрешности настройки определяем $\Delta_{\text{см}}$ по формуле (1.9), предварительно выбрав по табл. 1.5 величину $\Delta_{\text{сл}} = 62$ мкм.

Тогда

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

Погрешность регулирования по лимбу выбираем по табл. 1.7, $\Delta_{\text{рег}} = 15$ мкм. Выбираем по табл. 1.8 микрометр для измерения пробных деталей.

Погрешность измерения выбираем по таблице 1.9,

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

Общая погрешность настройки по формуле (8)

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

Рассчитываем размер L_0 по зависимости (1.7):

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

Допуск настройки определяем по зависимости (10)

$$\delta_{\text{н}} = 1,2 \cdot \sqrt{15^2 + 20^2} = 30 \text{ мкм.}$$

Средний размер пробных деталей

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

Определяем величину смещения настройки по формуле (1.11):

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

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

1.4. Порядок выполнения работы

1. Провести анализ выданного задания.
2. Рассчитать для настройки системы статическим методом $\Delta_{\text{эт}}$, $\Delta_{\text{н. ст.}}$, $L_{\text{расч}}^{\text{н}}$.
3. Рассчитать для настройки системы по эталону (установу) $L_{\text{эт}}^{\text{пром}}$, $\Delta_{\text{попр}}$, $L_{\text{эт}}$, $\Delta_{\text{н.}}$.
4. Рассчитать для настройки динамическим методом $\Delta_{\text{н. д.}}$, L_0 , $\delta_{\text{н. д.}}$, $\delta_{\text{см.}}$. Определить величину корректировки режущего инструмента.
5. Проанализировать полученные результаты.
6. Составить отчет.

1.5. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Основные положения.
3. Содержание задания по каждому методу настройки.
4. Расчет необходимых параметров настройки системы в соответствии с заданием.
5. Выводы.

1.6. Контрольные вопросы

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

Рекомендуемая литература [1; 2; 10–12].

Практическая работа 2

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО ПАРАМЕТРАМ ТОЧНОСТИ

Цель работы – определение возможности применения технологического процесса для изготовления детали с требуемыми параметрами качества; оценка изменения характеристик точности технологических систем во времени и определение их соответствия требованиям, установленным в технической документации; получение информации для регулирования технологического процесса (операции).

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- параметры погрешностей механической обработки и причины их образования;
- способы обеспечения заданной точности при изготовлении деталей;
- функциональные, конструкторские и технологические допуски.

Студент должен уметь:

- производить анализ точности деталей методами математической статистики;
- разрабатывать технологические процессы механической обработки заготовок с заданной точностью;
- оценивать надежность технологических систем по параметрам точности.

2.1. Основные положения

2.1.1. Методы оценки надежности технологических систем по параметрам качества

В машиностроении при технологической подготовке производства, а также при разработке и внедрении мероприятий по совершенствованию действующих технологических процессов и опера-

ций проводится оценка надежности технологических систем (ТС) по параметрам качества изготавливаемой продукции.

При выборе методов оценки надежности ТС по параметрам качества изготавливаемой продукции различают четыре вида (уровня рассмотрения) ТС:

- ТС технологической операции;
- ТС технологического процесса;
- ТС, действующие в пределах отдельного производственного подразделения (цех, участок и др.);
- ТС предприятия.

В зависимости от вида ТС все показатели надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции подразделяют на четыре группы:

- по точности (технологического процесса и средств технологического оснащения);
- по технологической дисциплине;
- по выполнению заданий по качеству (по параметрам качества продукции);
- комплексные показатели.

Применение групп показателей надежности ТС указано в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Применение групп показателей надежности ТС

Вид технологической системы	Группы показателей надежности ТС			
	по точности	по технологической дисциплине	по выполнению заданий по качеству	комплексные показатели
ТС технологической операции	+	-	+	-
ТС технологического процесса	+	+	+	+
ТС производственного подразделения	-	+	+	+
ТС предприятия	-	+	+	+

Примечание. Знак "+" означает возможность применения группы показателей для ТС данного вида.

Для оценки показателей надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции в зависимости от вида ТС и целей оценки используются расчетные, опытно-статистические, регистрационные или экспертные методы. Для предварительной оценки надежности ТС по параметрам точности используется также метод качеств.

Расчетные методы основаны на использовании:

- математических моделей изменения параметров качества изготавливаемой продукции или параметров технологического процесса, с учетом механизмов отказов (качественной природы процессов износа, старения, температурных деформаций и т.п.) и имеющихся априорных данных о свойствах технологических систем данного класса;
- данных о закономерностях изменения во времени факторов (износ инструмента, температурные и упругие деформации и т.п.), влияющих на один или одновременно несколько параметров качества изготавливаемой продукции.

Опытно-статистические методы основаны на использовании данных измерений параметров качества изготавливаемой продукции, полученных в результате специального выборочного обследования ТС и (или) специальных испытаний ТС и ее элементов.

Регистрационные методы основаны на анализе информации, регистрируемой в процессе управления предприятием, и не требуют проведения специального выборочного обследования.

Экспертные методы основаны на использовании результатов опроса экспертной группы, располагающей информацией о надежности ТС и факторах, влияющих на качество изготавливаемой продукции.

Метод качеств основан на сравнении требуемых значений параметров ТС с их предельными возможными значениями, установленными в справочной и нормативно-технической документации (НТД) в зависимости от качеств точности применяемых средств технологического оснащения и предметов производства.

2.1.2. Методы оценки надежности технологических систем по параметрам точности

Целью оценки надежности ТС по параметрам точности является:

- определение возможности применения технологического процесса для изготовления продукции с определенными параметрами качества;

- анализ изменений точностных характеристик ТС во времени и определение их соответствия требованиям, установленным в НТД;
- получение информации для регулирования технологического процесса (операции).

Оценка надежности по параметрам точности производится по результатам контроля точности ТС технологических процессов (операций).

Вид контроля, номенклатуру контролируемых параметров и номенклатуру показателей точности ТС определяют в процессе анализа точности технологических процессов (операций) и устанавливают в НТД предприятия с учетом условий, вида и объема производства.

В процессе анализа точности технологических процессов (операций) определяют или уточняют:

- модели формирования погрешностей обработки;
- модели изменения точности ТС во времени;
- оценки параметров точности ТС;
- зависимости между параметрами изготавливаемой продукции и параметрами ТС;
- зависимости между погрешностями обработки на различных операциях технологического процесса;
- основные факторы, изменяющие точностные характеристики ТС;
- пути и средства повышения точности ТС в процессе эксплуатации;
- оптимальные стратегии технического обслуживания и ремонта средств технологического оснащения.

Контроль точности ТС производится по альтернативному или количественному признаку.

При **контроле по альтернативному признаку** проверяется соответствие параметров технологического процесса и средств технологического оснащения требованиям, установленным в НТД.

Контроль точности ТС по альтернативному признаку производится в следующих случаях:

- разработка технологических процессов на этапе технологической подготовки производства;
- управление технологическими процессами.

При контроле точности ТС по альтернативному признаку значения контролируемых параметров должны соответствовать требованиям, установленным в НТД.

При **контроле по количественному признаку** определяются значения показателей точности.

Основными показателями точности ТС являются: коэффициент точности (по контролируемому параметру), коэффициент мгновенного рассеяния (по контролируемому параметру), коэффициент смещения (контролируемого параметра) и коэффициент запаса точности (по контролируемому параметру).

Коэффициент точности (по контролируемому параметру)

$$K_T = \frac{\omega}{T}, \quad (2.1)$$

где ω – поле рассеяния или разность максимального и минимального значений контролируемого параметра за установленную наработку технологической системы;

T – допуск на контролируемый параметр.

Коэффициент мгновенного рассеяния

$$K_p(t) = \frac{\omega(t)}{T}, \quad (2.2)$$

где $\omega(t)$ – поле рассеяния контролируемого параметра в момент времени t (относится к мгновенной выборке).

Коэффициент смещения контролируемого параметра

$$K_c(t) = \frac{\bar{\Delta}(t)}{T}, \quad (2.3)$$

где $\bar{\Delta}(t)$ – среднее значение отклонения контролируемого параметра относительно середины поля допуска в момент времени t .

$$\bar{\Delta}(t) = \left| \bar{x}(t) - x_0 \right|, \quad (2.4)$$

где $\bar{x}(t)$ – среднее значение контролируемого параметра; x_0 – значение параметра, соответствующее середине поля допуска (при симметричном поле допуска x_0 совпадает с номинальным значением $x_{ном}$).

Коэффициент запаса точности

$$K_3(t) = 0,5 - K_c(t) - 0,5 K_p(t). \quad (2.5)$$

При контроле точности ТС по количественному признаку с использованием коэффициента точности должно выполняться условие

$$K_T = K_{T0} < 1,$$

где K_{T0} – нормативное (предельное, технически обоснованное) значение коэффициента точности.

При контроле точности ТС по количественному признаку с использованием коэффициента мгновенного рассеяния, коэффициента смещения контролируемого параметра и коэффициента запаса точности должно выполняться условие

$$K_3(t) > 0.$$

Контроль точности ТС по количественному признаку производится в следующих случаях:

- разработка технологических процессов на этапе технологической подготовки производства;
- выбор методов и планов статистического регулирования технологических процессов (операций);
- замена, модернизация или ремонт средств технологического оснащения;
- совершенствование ТС в части повышения их надежности и качества изготавливаемой продукции.

При контроле точности ТС по количественному признаку на этапе подготовки производства используются, главным образом, расчетные методы.

Основными расчетными методами являются:

- **метод случайных функций**, заключающийся в расчете характеристик изменения математического ожидания и дисперсии;
- **метод элементарных погрешностей**, основанный на расчете суммарной погрешности контролируемого параметра, исходя из известных значений элементарных погрешностей (погрешности установки детали в приспособлении, геометрической неточности, настройки станков, тепловых деформаций и т.д.).

Суммарная погрешность в этом случае равна

$$\delta_\Sigma = K \sqrt{\lambda_1 \Delta_1^2 + \lambda_2 \Delta_2^2 + \dots + \lambda_n \Delta_n^2}, \quad (2.6)$$

где K – коэффициент риска;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – коэффициенты, учитывающие закон распределения элементарных погрешностей при равновероятном их выходе за обе границы поля допуска;

$\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ – предельные значения элементарных погрешностей.

Значения коэффициента риска K устанавливаются с учетом вероятности получения брака P и в случае нормального распределения элементарных погрешностей могут быть определены по табл. 2.2.

Таблица 2.2

Значения коэффициента риска K

Вероятность получения брака, P , %	32,00	10,00	4,50	1,00	0,27	0,10	0,01
Коэффициент риска K	1,00	1,65	2,00	2,57	3,00	3,29	3,89

В технологических расчетах чаще всего принимается $P = 0,27$ % и, соответственно, $K = 3$. Коэффициенты $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ рассчитывают с учетом фактических данных о законе распределения элемен-

тарных погрешностей. При нормальном законе распределения $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n = 0,111$.

Для обеспечения надежности технологических операций по точности необходимо выполнение неравенства

$$\delta_{\Sigma} < T,$$

где T – допуск на контролируемый параметр.

2.2. Методические указания

В данной работе требуется определить коэффициент точности K_T и коэффициент запаса точности $K_3(t)$ и сделать заключение о точности выполнения технологической операции.

Расчеты проводятся на основании исходных данных, представленных в табл. 2.3 и 2.4 для разных вариантов заданий для случая выполнении технологической операции обработки корпусной заготовки на вертикально-фрезерном станке торцевой фрезой. Для расчета коэффициента точности K_T следует предварительно определить значение поля рассеяния ω , которое принимается численно равным суммарной погрешности δ_{Σ} . При расчете суммарной погрешности предполагается, что распределение элементарных погрешностей близко к нормальному распределению.

Таблица 2.3

Варианты заданий

Исходные данные	Номера вариантов			
	1	2	3	4
Геометрическая погрешность станка, мкм	40	30	35	45
Погрешность базирования, мкм	60	0	50	45
Погрешность закрепления, мкм	30	20	35	15
Погрешность изготовления приспособления, мкм	30	20	15	25
Погрешность изготовления инструмента, мкм	5	0	10	0
Погрешность настройки фрезы на размер, мкм	50	40	20	15
Погрешность, связанная с размерным износом инструмента, мкм	15	0	5	20
Погрешность измерений, мкм	100	90	60	40
Погрешность, вызванная упругими деформациями под действием сил резания, мкм	40	30	25	35
Допуск на контролируемый размер, мкм	300	200	130	250
Вероятность получения брака P , %	1,00	0,27	1,00	1,00

Пример 1. Определить коэффициент точности K_T при следующих исходных данных: геометрическая погрешность станка, мкм – 50; погрешность базирования, мкм – 65; погрешность закрепления, мкм – 40; погрешность изготовления приспособления, мкм – 10; погрешность изготовления инструмента, мкм – 15; погрешность настройки фрезы на размер, мкм – 30; погрешность, связанная с размерным износом инструмента, мкм – 10; погрешность измерений, мкм – 50; погрешность, вызванная упругими деформациями под действием сил резания, мкм – 20; допуск на контролируемый размер T , мкм – 350; вероятность получения брака P , % – 0,27.

Таблица 2.4

Варианты заданий

Исходные данные	Номера вариантов			
	1	2	3	4
Контролируемый размер, мм	40±0,08	50 ^{+0,39}	75 _{-0,46}	100 ^{+0,22}
Величина допуска, мм	0,16	0,39	0,46	0,22
Среднее значение контролируемого размера $\bar{x}(t)$, мм	40,05	50,3	74,7	100,1
Поле рассеяния $\omega(t)$ контролируемого размера в момент времени t , мм	0,12	0,1	0,1	0,08

По табл. 2.2 находим, что при вероятности получения брака $P = 0,27$ коэффициент риска $K = 3$.

Рассчитываем суммарную погрешность по формуле (2.6), принимая значения коэффициентов $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ равными 0,111:

$$\delta_{\Sigma} = 3\sqrt{0,111(50^2 + 65^2 + 40^2 + 10^2 + 15^2 + 30^2 + 10^2 + 50^2 + 20^2)} = 112 \text{ (мкм)}.$$

Определяем коэффициент точности по формуле (2.1):

$$K_T = \frac{\omega}{T} = \frac{112}{350} = 0,32.$$

Вследствие выполнения соотношения $K_T < 1$ надежность технологической операции по точности обеспечивается (поле рассеяния меньше допуска на контролируемый размер).

Пример 2. Определить коэффициент запаса точности $K_3(t)$ при следующих исходных данных: контролируемый размер, мм, $-150^{+0,40}$; величина допуска T , мм, $-0,40$; среднее значение контролируемого размера $\bar{x}(t)$, мм, $-150,3$; поле рассеяния $\omega(t)$ контролируемого размера в момент времени t , мм, $-0,06$.

Определяем коэффициент мгновенного рассеяния по формуле (2.2):

$$K_p(t) = \frac{\omega(t)}{T} = \frac{0,06}{0,4} = 0,15.$$

Определяем коэффициент смещения по формуле (2.3):

$$K_c(t) = \frac{\bar{\Delta}(t)}{T} = \frac{0,1}{0,4} = 0,25,$$

предварительно вычисляя среднее значение отклонения контролируемого размера относительно середины поля допуска x_0 в момент времени t по формуле (2.4).

$$\bar{\Delta}(t) = \left| \bar{x}(t) - x_0 \right| = 150,3 - 150,2 = 0,1.$$

Определяем коэффициент запаса точности по формуле (2.5):

$$K_3(t) = 0,5 - K_c(t) - 0,5 K_p(t) = 0,5 - 0,25 - 0,5 \cdot 0,15 = 0,175.$$

Вследствие выполнения соотношения $K_3(t) > 0$ надежность технологической операции по точности обеспечивается (имеет место запас точности по контролируемому размеру).

2.3. Порядок выполнения работы

При определении коэффициента точности K_T необходимо:

- 1) вычислить величину суммарной погрешности контролируемого параметра δ_Σ (поле рассеяния ω) с учетом исходных данных;
- 2) рассчитать коэффициент точности K_T по определенной величине $\delta_\Sigma(\omega)$ и заданному допуску на контролируемый параметр T ;
- 3) проанализировать полученные результаты и сделать заключение о точности операции по величине коэффициента K_T .

При определении коэффициента запаса точности $K_3(t)$ необходимо:

- 1) определить величину $\bar{\Delta}(t)$ с учетом значений $\bar{x}(t)$ и x_0 ;
- 2) рассчитать коэффициент мгновенного рассеяния K_p с учетом значений $\omega(t)$ и T ;
- 3) рассчитать коэффициент смещения K_c по величинам $\bar{\Delta}(t)$ и T ;
- 4) рассчитать коэффициент запаса точности $K_3(t)$ по величинам $K_c(t)$ и $K_p(t)$;
- 5) проанализировать полученный результат и сделать заключение о точности данной операции по величине $K_p(t)$.

2.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Основные положения
2. Исходные данные, необходимые для расчета K_T и $K_3(t)$.
3. Расчет значений K_T и $K_3(t)$.
4. Выводы.

2.5. Контрольные вопросы

1. Какие методы используются для оценки надежности технологических систем по параметрам качества изготавливаемой продукции?
2. Какие методы используются для оценки надежности технологических систем по параметрам точности?
3. В чем заключается сущность расчетных методов?
4. Как определяется коэффициент точности K_T ?
5. Как определяется коэффициент запаса точности $K_3(t)$?

Рекомендуемая литература [1; 2; 6–9].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ТРЕБУЕМОЕ КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ

Цель работы – приобретение навыков выбора и определения последовательности способов обработки заготовки деталей машин, обеспечивающей требуемое качество поверхности.

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- закономерности получения точности размеров, формы и взаиморасположения обрабатываемых поверхностей заготовок;
- закономерности формирования физико-механических и эксплуатационных свойств поверхностного слоя деталей.

Студент должен уметь:

- проектировать технологический процесс изготовления деталей сельскохозяйственных машин;
- разрабатывать технологические операции.

3.1. Основные положения

Технологическое обеспечение параметров качества поверхности (шероховатость, волнистость, макроотклонения) и поверхностного слоя (физико-механические свойства) является одним из определяющих факторов формирования требуемых эксплуатационных свойств изделий на стадии изготовления.

Как известно, эксплуатационные свойства деталей машин (износостойкость, выносливость, коррозионная стойкость, усталостная прочность, теплопроводность, контактная жесткость, прочность посадок, герметичность соединений, отражательная способность и т.д.) зависят от размерной точности и качества их поверхностей. Последнее в свою очередь определяется совокупностью характеристик шероховатости поверхности, физико-механическими свойствами (твердость, микротвердость, величина и знак остаточных напряжений и др.) и микроструктурой поверхностного слоя.

Размерная точность и шероховатость поверхностей детали определяется 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. Различным способам такой обработки присущи свои технологические возможности.

3.2. Методические указания

В данной работе необходимо произвести выбор и определение последовательности способов механической и упрочняющей обработки, обеспечивающих требуемую размерную точность и качество поверхности детали, а, следовательно, требуемые эксплуатационные свойства.

При выборе и определении способа (последовательности способов) механической и упрочняющей обработки следует руководствоваться 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), сжимающих остаточных напряжений и т.д.

Экономически целесообразно применять методы обработки, при которых достигается наименьшая технологическая себестоимость. Так, в случае, если достижение одинаковых параметров качества поверхности возможно при различных способах механической обработки, то производится сопоставление их себестоимости по приведенным затратам $C_{п.з.}$.

Себестоимость рассчитывается по формуле

$$C = \frac{C_{п.з.} T_{шт.}}{60},$$

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

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

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. 3.2.

Технологические возможности некоторых способов поверхностной упрочняющей обработки сведены в табл. 3.3.

Таблица 3.1

Варианты заданий

Номер	Тип поверхности	Материал, сталь	Требования к размерной точности и качеству поверхности детали				
			Квалитет допуска размера	Ra, мкм	Твердость, HRC	Остаточные напряжения сжатия, МПа	Толщина упрочненного слоя, мм
1	Наружная вращения	40X	6	0,2	54	600	1,0
2		35	7	0,4	60	800	0,1
3		18ХГТ	6	0,2	62	950	1,2
4		45	10	0,6	40	750	1,5
5		25	6	0,2	52	500	1,4
6		40ХН	8	0,4	54	650	0,6
7		12ХН2	6	0,2	62	900	1,0
8		30	7	0,6	50	550	0,8
9	Внутренняя цилиндрическая	20	6	0,2	62	900	1,0
10		50	7	0,4	66	1000	0,4
11		40X	8	0,1	55	650	1,6
12		Ст3	7	0,1	32	700	0,4
13		20X	7	0,2	58	680	0,4
14		45	8	0,4	52	500	0,8
15		20ХГР	7	0,2	56	850	0,1

Используя исходные данные, а также сведения из табл. 3.2 и 3.3, осуществляют выбор и определение последовательности способов обработки детали.

Необходимо иметь в виду, что при назначении промежуточных методов механической обработки следует руководствоваться тем, что каждая последующая обработка повышает точность размеров на 1–2 квалитета и уменьшает высотные параметры шероховатости в 2–6 раз. Так, например, если необходимо обработать наружную поверхность вращения вала с точностью по 6-му квалитету и параметром шероховатости $Ra = 0,6–1,0$ мкм, а заготовкой служит поковка, то необходимо предусмотреть следующие промежуточные операции или переходы:

- обтачивание черновое – 12-й квалитет, чистовое – 10-й квалитет ($Ra = 2,0–3,0$ мкм);
- шлифование предварительное – 8-й квалитет, чистовое – 6-й квалитет ($Ra = 0,6–1,0$ мкм).

Отделочная и упрочняющая обработки заготовки, как правило, выполняются на конечной стадии технологического процесса.

При выборе способа упрочняющей обработки необходимо иметь в виду, что стали с содержанием углерода до 0,4 % подвергаются химико-термической обработке (цементация, азотирование, силицирование, оксидирование, фосфатирование, сульфидирование, сульфацианирование и др.). Поверхностное пластическое деформирование (ППД) используется для нетермообработанных деталей.

Наружные и внутренние поверхности изделий типа тел вращения твердостью менее 45–50 HRC эффективно обрабатывать накатыванием роликовым или шариковым инструментом, а поверхности твердостью более 50 HRC – методом алмазного выглаживания.

Для упрочнения традиционных, более дешевых марок сталей обычного качества (Ст 3, Ст 4, Ст 5 ГОСТ 380–94) твердостью, не превышающей 200 НВ, рекомендуется применять электромагнитную наплавку (ЭМН) или комбинированный метод ЭМН с ППД порошковых материалов.

Таблица 3.2

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

Способ	Приведенные затраты $C_{п.з}$, у.е./ч	Штучное время $T_{шт}$, мин	Квалитет допуска размера	Параметр шероховатости Ra , мкм
1	2	3	4	5
Наружные поверхности вращения				
Обтачивание:				
– получистовое или однократное	22,4	2,29	11-13	16,0-2,0
– чистовое	22,4	2,49	8-10	3,2-0,8
– тонкое	26,9	2,19	6-9	1,6-0,2
Шлифование:				
– предварительное	23,0	2,14	8-9	6,3-0,4
– чистовое	23,0	2,14	6-7	3,2-1,25
– тонкое	31,7	2,66	5-6	0,25-0,05
Полирование обычное	–	–	4-5	0,08-0,008
Притирка, суперфиниширование	–	–	4-5	0,1-0,01
Внутренние цилиндрические поверхности				
Сверление и рассверливание	23,7	2,25	9-13	12,0-3,2
Зенкерование:				
– литого или прошеного отверстия	23,7	2,25	10-13	2,5-8,0
– чистовое после черного сверления	23,7	1,53	8-9	3,2-1,25
Развертывание:				
– нормальное	23,7	1,74	10-11	2,5-1,25
– точное	23,7	2,32	7-9	6,3-0,4
– тонкое	23,7	3,87	5-6	0,63-0,32

Окончание табл. 3.2

1	2	3	4	5
Протягивание:				
– литого или прошеного отверстия	26,8	0,8	10-11	1,25-0,8
– чистовое после черного сверления	26,8	0,8	6-9	1,25-0,32
Растачивание:				
– черновое	36,1	1,49	11-13	12,5-2,5
– чистовое	24,1	1,72	8-10	6,3-0,4
– тонкое	24,1	1,96	5-7	0,8-0,2
Шлифование:				
– предварительное или однократное	22,0	7,2	8-9	3,2-1,6
– чистовое	22,0	8,28	6-7	1,6-0,32
– тонкое	30,0	8,64	5	0,32-0,08
Хонингование:				
– черновое	22,8	–	5-6	3,2-1,25
– чистовое	22,8	–	4-5	1,25-0,25
– тонкое	22,8	–	4-5	0,25-0,04
Притирка	22,8	–	4-5	0,16-0,02

Классификация и технологические возможности способов упрочняющей обработки

Процессы и параметры поверхностного слоя, обуславливающие упрочнение	Способ упрочнения	Технологические возможности						
		Материал заготовки	Точность обработки	Параметр шероховатости R_a , мкм	Твердость обработанной поверхности, HRC	Остаточные напряжения в поверхностном слое, МПа	Толщина упрочненного слоя, мм	
							min	max
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Упрочнение пластическим деформированием поверхностного слоя (наклепом). Повышение физ.-мех. свойств поверхностного слоя, изменение величины и знака остаточных напряжений в поверхностном слое, улучшение микрогеометрии обработанной поверхности	Накатывание роликом	Чугун, сталь, сплавы из цветных металлов	Сохраняется от предыдущей обработки	1,6-0,05	Увеличивается на 20-50 %	600-800	1,0	2,0
	Накатывание шариком	То же	То же	0,4-0,05	Увеличивается на 10-20 %	То же	0,3	0,5
	Раскатывание шариком (роликом)	То же	7 ... 9-й квал.	0,4-0,05	То же	То же	0,1	0,5
	Алмазное выглаживание	То же	То же	0,4-0,02	–	–	0,1	0,6

183

Окончание таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Упрочнение поверхностной химико-терм. обработкой. Изменение физ.-хим. свойств и структуры поверхностного слоя, остаточных напряжений в поверхностном слое	Цементация	Малоуглеродистая сталь	Коробление 0,05-0,15 мм	Увеличивается в 2-4 раза	60-70	400-1000	0,5	2,0
	Азотирование	Сталь, чугун	Коробление 0,05-0,10 мм	То же	58-70	–	0,05	0,60
	Цианирование	Сталь	То же	То же	60-75	–	0,01	2,5
	Хромирование	Сталь	То же	То же	72-80	–	0,02	0,30
Упрочнение поверхн. термообработкой. Изменение физ.-мех. свойств и структуры поверхн. слоя, остаточных напряжений	Закалка с нагревом ТВЧ	Сталь	Коробление 0,03-0,07 мм	Не изменяется	–	–	0,2	10
Упрочнение поверхностей в электромаг. поле	Электромагнитная наплавка	Сталь	12-й квал.	20-6,3	50-56	600-800	0,6	1,2

184

Эти методы позволяют формировать в поверхностных слоях изделий типа тел вращения прогнозируемый уровень остаточных сжимающих напряжений, положительно влияющих на усталостную прочность, а также увеличивать ресурс деталей, работающих в условиях высоких нагрузок и интенсивного абразивного изнашивания.

Отделочными методами обработки (шлифование, хонингование, полирование, притирка и т.п.), которые производятся после термического, химико-термического упрочнения и ЭМН, возможно получение параметра шероховатости в диапазоне $Ra = 1,6-0,025$ мкм. В табл. 3.4 приведены различные диапазоны и предпочтительные значения получаемых параметров шероховатости после механической обработки упрочненных поверхностей.

Таблица 3.4

Параметры шероховатости

Ra , мкм		Ra , мкм	
Диапазон	Предпочтительное значение	Диапазон	Предпочтительное значение
80; 63; 40	50	0,63; 0,5; 0,32	0,4
40; 32; 20	25	0,32; 0,25; 0,16	0,2
20; 16; 10	12,5	0,16; 0,125; 0,08	0,1
10; 8; 5	6,3	0,08; 0,063; 0,04	0,05
5; 4; 2,5	3,2	0,04; 0,032; 0,02	0,025
2,5; 2; 1,25	1,6	0,02; 0,016; 0,01	0,012
1,25; 1; 0,63	0,8	0,01; 0,008	–

Ниже показаны примеры выполнения работы. Задания для рассматриваемых примеров приведены в табл. 3.5.

Пример 1. Анализируя задание, приходим к заключению, что требования к размерной точности и шероховатости наружной поверхности вращения можно обеспечить в результате следующей последовательности способов механической обработки: обтачивание предварительное и чистовое, шлифование предварительное,

чистовое и тонкое (табл. 3.2). Учитывая, что деталь изготавливается из малоуглеродистой стали ($C = 0,2\%$), в соответствии с требованиями к твердости, величине остаточных напряжений и толщине упрочненного слоя выбирается способ упрочняющей обработки (табл. 3.3) – цементация.

Таблица 3.5

Варианты заданий рассматриваемых примеров

Тип поверхности	Материал, сталь	Требования к размерной точности и качеству поверхности детали				
		Квалитет допуска размера	Ra , мкм	Твердость, HRC	Остаточные напряжения сжатия, МПа	Толщина упрочненного слоя, мм
Наружная вращения	20X	6	0,2	62	850	1,2
Внутренняя цилиндрическая	40X	6	0,4	55	640	0,3
Наружная вращения	Ст3	7	0,4	60	750	1,0

Тогда вся последовательность способов обработки, обеспечивающая требуемую размерную точность и качество поверхности, представляет собой следующее: обтачивание предварительное и чистовое, цементация, шлифование предварительное, чистовое. Принятая последовательность способов обработки изображается в виде схемы (рис. 3.1).

Пример 2. Действуя в той же последовательности, что и в первом случае, из табл. 3.4 выбирается комплекс способов механической обработки: зенкерование, черновое растачивание или протягивание, тонкое растачивание и однократное шлифование. В данном случае возможны три варианта предварительной обработки отверстия. Выбор способа обработки производится по результатам определения себестоимости. Используя данные табл. 3.4, определяем себестоимость каждого варианта обработки.

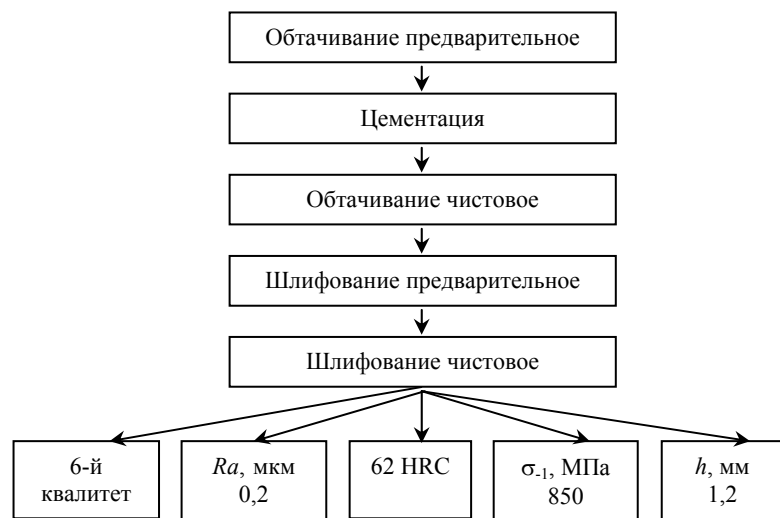


Рис. 3.1. Схема комплекса способов и результаты обработки наружной поверхности вращения

Обозначим себестоимость: зенкерования C_1 , черного растачивания C_2 и протягивания C_3 .

Тогда

$$C_1 = \frac{23,7 \cdot 1,53}{60} = 0,604 \text{ у.е.};$$

$$C_2 = \frac{36,1 \cdot 1,49}{60} = 0,896 \text{ у.е.};$$

$$C_3 = \frac{26,8 \cdot 0,80}{60} = 0,357 \text{ у.е.}$$

Таким образом, по минимальной себестоимости предпочтение следует отдать протягиванию.

Материал детали содержит 0,4 % С. С учетом требований к физико-механическим свойствам поверхностного слоя выбирается способ упрочнения (табл. 3.3) – поверхностная закалка с нагревом ТВЧ. Тогда вся последовательность способов обработки представляет собой следующее: протягивание, растачивание чистовое, поверхностная закалка с нагревом ТВЧ, шлифование однократное. Весь комплекс способов обработки представлен на рис. 3.2.

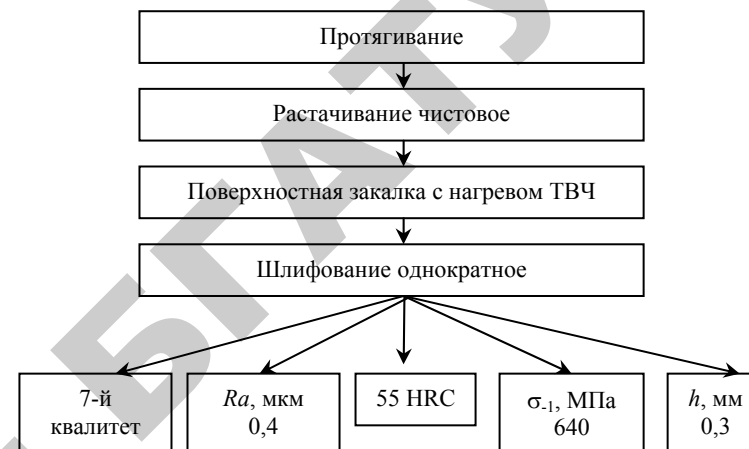


Рис. 3.2. Схема комплекса способов и результаты обработки внутренней цилиндрической поверхности

Пример 3. В результате проведенного анализа задания (материал обрабатываемой детали – сталь обычного качества марки Ст3) предложена разработка технологического процесса обработки и упрочнения изделия с использованием метода электромагнитной наплавки в сочетании с поверхностным пластическим деформированием, который позволяет упрочнить рабочую поверхность детали, а также восстановить ее геометрические размеры. Требования к размерной точности, шероховатости, твердости поверхностного слоя детали можно обеспечить в результате следующей последовательности способов механической и упрочняющей обработок: обтачивание предварительное, ЭМН с ППД, шлифование предварительное и чистовое (табл. 3.2 и 3.3). Принятая последовательность способов обработки представлена в виде схемы (рис. 3.3).

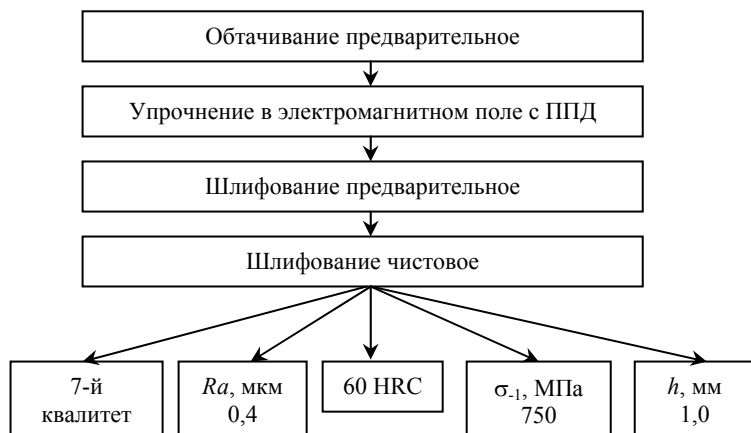


Рис. 3.3. Схема комплекса способов и результаты упрочнения в электромагнитном поле в сочетании с поверхностным пластическим деформированием и последующей обработкой наружной поверхности вращения

3.3. Порядок выполнения работы

1. Проанализировать полученное задание.
2. Выбрать последовательность механической обработки (табл. 3.1 и 3.2) в зависимости от типа поверхности и требований к размерной точности и шероховатости поверхности.
3. Произвести сравнение вариантов механической обработки по себестоимости.
4. Выбрать способ упрочняющей обработки (табл. 3.3) в зависимости от материала детали и требований к физико-механическим свойствам поверхности.
5. Определить общую последовательность способов обработки, обеспечивающую требуемое качество поверхности.
6. Составить схему выбранной последовательности способов обработки.
7. Проанализировать полученные результаты.
8. Составить отчет.

3.4. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Основные положения
3. Содержание задания.
4. Анализ задания и обоснование выбранной последовательности механической обработки и способа упрочнения.
5. Схема последовательности способов обработки.
6. Выводы.

3.5. Контрольные вопросы

1. Какими исходными данными необходимо пользоваться для выбора последовательности способов обработки?
2. Как определяется себестоимость механической обработки по приведенным затратам?
3. Как выбирается способ поверхностного упрочнения?
4. В каких случаях применяются способы химико-термического и термического упрочнения?
5. Для обеспечения каких физико-механических свойств используются способы поверхностного пластического деформирования?

Рекомендуемая литература [1; 2; 5–9].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Толочко, Н. К.* Основы технологии сельскохозяйственного машиностроения: пособие / Н. К. Толочко, Л. Е. Сергеев; под ред. Н. К. Толочко. – Минск : БГАТУ, 2011. – 304 с.
2. *Технология сельскохозяйственного машиностроения: учеб. пособие / Л. М. Кожуро [и др.]; под ред. Л. М. Кожуро.* – Минск : Новое знание, 2006. – 512 с.
3. *Некрасов, С. С.* Практикум и курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения / С. С. Некрасов. – М. : Мир, 2004. – 240 с.
4. *Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. / под ред. А. М. Дальского [и др.].* – М. : Машиностроение – 1, 2001. – Т. 1. – 912 с.
5. *Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / под ред. А. М. Дальского [и др.].* – М. : Машиностроение – 1, 2001. – Т. 2. – 944 с.
6. *Технология машиностроения : в 2-х т. / В. М. Бурцев [и др.]; под ред. А. М. Дальского.* – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1997. – Т. 1. Основы технологии машиностроения. – 564 с.
7. *Сборник практических работ по технологии машиностроения : учеб. пособие / А. И. Медведев [и др.]; под ред. И. П. Филонова.* – Минск : БНТУ, 2003. – 486 с.
8. *Технология машиностроения: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Л. В. Лебедев [и др.].* – М. : Изд. центр «Академия», 2006. – 528 с.
9. *Суслов, А. Г.* Технология машиностроения: учебник для студ. машиностр. специальностей вузов / А. Г. Суслов. – М. : Машиностроение, 2004. – 400 с.
10. *Ящерицын, П. И.* Металлорежущие станки / П. И. Ящерицын, В. Д. Ефремов; под ред. А. И. Кочергина. – Минск : БГАТУ, 2001. – 446 с.
11. *Технологическая оснастка : учебник / М. Ф. Пашкевич [и др.]; под общ. ред. М. Ф. Пашкевича.* – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 320 с.
12. *Кожуро, Л. М.* Проектирование технологических процессов в сельскохозяйственном машиностроении / Л. М. Кожуро, А. В. Миранович, В. В. Тризна. – Минск : БГАТУ, 2007. – 190 с.
13. *Ткачев, А. Г.* Проектирование технологического процесса изготовления типовых деталей / А. Г. Ткачев, И. Н. Шубин / Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 112 с.
14. *Проектирование технологических процессов в машиностроении / И. П. Филонов [и др.]; под общ. ред. И. П. Филонова.* – Минск : «Технопринт», 2003. – 910 с.
15. *Клименков, С. С.* Проектирование и производство заготовок в машиностроении : учебник / С. С. Клименков. – Минск : Техноперспектива, 2008. – 407 с.
16. *Технологичность конструкции изделий : справочник / Ю. Д. Амиров [и др.]; под ред. Ю. Д. Амирова.* – М. : Машиностроение, 1995. – 367 с.
17. *Кожуро, Л. М.* Курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения : метод. указ. / Л. М. Кожуро. – Минск : БГАТУ, 2002. – 65 с.
18. *Проектирование технологических процессов сборки машин : учебник / А. А. Жолобов [и др.]; под общ. ред. А. А. Жолобова.* – Минск : Новое знание, 2005. – 410 с.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

РЕПОЗИТОРИЙ БГАТУ

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

Толочко Николай Константинович, **Сергеев** Леонид Ефимович,
Миранович Алексей Валерьевич

**ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ:**

Практикум

Ответственный за выпуск *Н. К. Толочко*
Редактор *Н. А. Антипович*
Компьютерная верстка *Д. О. Хмелевской*

Подписано в печать 11.11.2011 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 11,39. Уч.-изд. л. 8,9. Тираж 100 экз. Заказ 994.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.
Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.