ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Н.В. ЛЫСЕНКО, Н.В. НОСОВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Самара 2008

УДК 621.91

Проектирование технологических процессов в машиностроении: Метод. пособ. *Н.В. Лысенко, Н.В. Носов*; Самар. гос. техн. ун-т. Самара, 2008. 90 с.

Рассматриваются вопросы организации и выполнения курсового проектирования (работы) по основам технологии машиностроения, излагаются требования к объему и содержанию его составных частей. Приводятся методические рекомендации по разработке и оформлению технологических процессов изготовления деталей машин, по оформлению расчетно-пояснительной записки и графической части проекта. Подробно рассматриваются вопросы анализа конструкции детали на технологичность, выбора заготовок, методов обработки отдельных поверхностей, формирования структуры технологического процесса, а также вопросы выбора технологических баз, схем базирования, использования технологического оборудования и оснастки, технического нормирования. Приводятся необходимые справочные материалы для выполнения курсового проекта (работы).

Предназначено для студентов машиностроительных специальностей, изучающих курс «Основы технологии машиностроения». Может также быть использовано студентами специальности 151001, 151002, 151003, 150205, 150206, 150207, 080502, 130602

Ил. 17. Табл. 38. Библиогр.: 31 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного технического университета

Рецензенты: канд.техн.наук, доц. В.Г. Круцило

ISBN5-7964-0632-9

© Н.В. Лысенко, Н.В. Носов, 2008
© Самарский государственный технический университет, 2008

ЛЫСЕНКО Николай Васильевич, НОСОВ Николай Васильевич

Проектирование технологических
процессов в машиностроении

Редактор С.И. К о с т е р и н а
Технический редактор В.Ф. Е л и с е е в а

Подп. в печать 21.12.08.
Формат 60х841/16. Бумага офсетная
Печать офсетная. Усл. п.л. 4,9. Усл.кр. – отт. 4,9.
Уч.-изд.л. 5,69. Тираж 200 экз. С.- 382.

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Самарский государственный технический университет»
443100. г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование технологических процессов изготовления деталей машин является одним из наиболее ответственных этапов технологической подготовки производства. Технологический процесс должен обеспечивать высокую производительность труда и требуемое качество изделий при минимальных затратах материальных средств на их изготовление.

Задачей данного методического пособия является помощь студентам машиностроительных специальностей в работе над курсовым и дипломным проектом по технологии машиностроения. В пособии излагаются основные требования к тематике, организации и содержанию курсового проекта, приводятся подробные методические указания к выполнению отдельных разделов проекта. Содержащиеся в пособии сведения позволяют оценить технологичность конструкций деталей, определить тип производства, проектировать технологические процессы. Рассматриваются вопросы экономического обоснования принятых технических решений. Методические положения изложены с учетом требований стандартов ЕСТД, ЕСКД и ЕСТПП.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовой проект (работа) по основам технологии машиностроения является важным этапом обучения студентов и имеет цель привить практические навыки проектирования технологических процессов изготовления деталей и сборки машин.

При выполнении курсового проекта (работы) студентом самостоятельно решаются следующие задачи.

1. Изучается анализ служебного назначения узлов и деталей машин, рабочих чертежей, технических требований и разработки технологического чертежа.
2. Оценивается технологичность деталей и сборочных единиц.
3. Производится выбор методов получения заготовок на основе технико-экономического анализа.
4. Обосновываются методы обработки отдельных поверхностей.

5. Выбираются технологические базы, схемы базирования заготовок и установки.
6. Формируется структура технологического процесса, разрабатывается маршрут обработки, строятся операции, составляется технологическая документация.
7. Осуществляется выбор оборудования и средств технологического оснащения (СТО).
8. Выполняются расчёты режимов резания, техническое нормирование технологических операций и технико-экономический анализ вариантов операций.
9. Производится выбор технологической оснастки, режущего инструмента и средств контроля, необходимых для реализации перспективного технологического процесса.
10. Совершенствуется умение пользоваться технической литературой, справочными материалами, ГОСТами.

Курсовой проект (работа) по основам технологии машиностроения является основополагающим документом в подготовке студента к выполнению дипломного проекта.

2. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

Темой проекта является разработка технологического процесса механической обработки деталей средней сложности (12-15 операций) или процесса сборки изделия. Темы курсовых проектов (работ) могут носить характер технологических разработок как деталей существующего производства, так и вновь проектируемых или осваиваемых в производстве конструкций.

В отдельных случаях задание на курсовой проект (работу) может быть выдано по материалам из банка данных кафедры или соответствовать теме исследовательской работы, выполненной студентом.

При разработке должны решаться практические инженерные задачи, с тем чтобы результаты работы над проектом по возможности полностью или частично могли быть использованы студентом при выполнении дипломного проекта.

Непременным условием курсового проектирования является обеспечение более высокого технологического уровня изготовления деталей по сравнению с существующим на производстве как в области применения новых методов получения заготовок, механической обработки, так и по технико-экономическим показателям.

Задание по номенклатуре и программе выпуска выдаётся в задании на курсовое проектирование руководителем проекта и должно соответствовать реальным условиям работы предприятия на перспективу.

3. ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

Курсовой проект (работа) включает в себя расчётно-пояснительную записку объёмом 40-50 с. стандартного размера 210х297 мм (А4) и технологическую документацию (маршрутные и операционные карты), вид и количество которых определяются руководителем проекта.

Расчётно-пояснительная записка является основным документом курсового проекта (работы). Графические материалы служат иллюстрацией и размещаются в расчётно-пояснительной записке.

При выполнении курсового проекта графические материалы выносятся на листы формата А1, количество и содержание которых определено техническим заданием на курсовое проектирование.

4. СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

4.1 Реферат. Создание реферата диктуется необходимостью автоматизированного поиска в базе данных предприятия научно-исследовательских и технологических разработок – аналогов, выполненных ранее.

Общие требования к реферату изложены в ГОСТ 7.9-77

Реферат должен содержать следующее:

сведения об объёме, количестве иллюстраций, таблиц, количестве использованных источников;

перечень ключевых слов;

текст реферата.

Перечень ключевых слов должен характеризовать содержание курсового проекта (работы) и включать от 10 до 15 слов в именительном падеже, напечатанных в строку через запятые.

Текст реферата должен отражать следующее:

цель работы;

полученные результаты и их новизну.

Объём реферата 0,5 – 0,8 страницы.

4.2 Введение. Введение должно содержать краткие сведения о перспективах развития отрасли и предприятия, для которых ведётся проек-

тирование технологического процесса. Даётся краткая характеристика состояния производственного процесса, формулируются технологические задачи и цель курсового проектирования. Объём введения - 1-2 с.

4.3 Служебное назначение детали. В этом подразделе определяется служебное назначение детали в сборочной единице, приводится практическое описание ее работы, указываются наиболее точные поверхности или конструктивные элементы, анализируется правильность выбора материала конструктором и твёрдость поверхностей детали, выданной в качестве объекта курсового проектирования.

4.4 Анализ рабочего чертежа выполняется в соответствии с указаниями, изложенными в работе [2].

Студент должен проанализировать конструкторский чертёж и определить достаточность числа проекций сечений, разрезов, оценить простановку размеров и предельных отклонений, допуски формы и расположение поверхностей, соответствие точности поверхности и шероховатости [2, табл.2; табл. П.3].

Достаточность простановки размеров определяют путём мысленного построения детали, аналогично тому, как это делает конструктор при выполнении чертежа [5].

При необходимости студент вносит изменения в конструкторский чертёж, т.е. устраняет недостатки конструкторской подготовки производства.

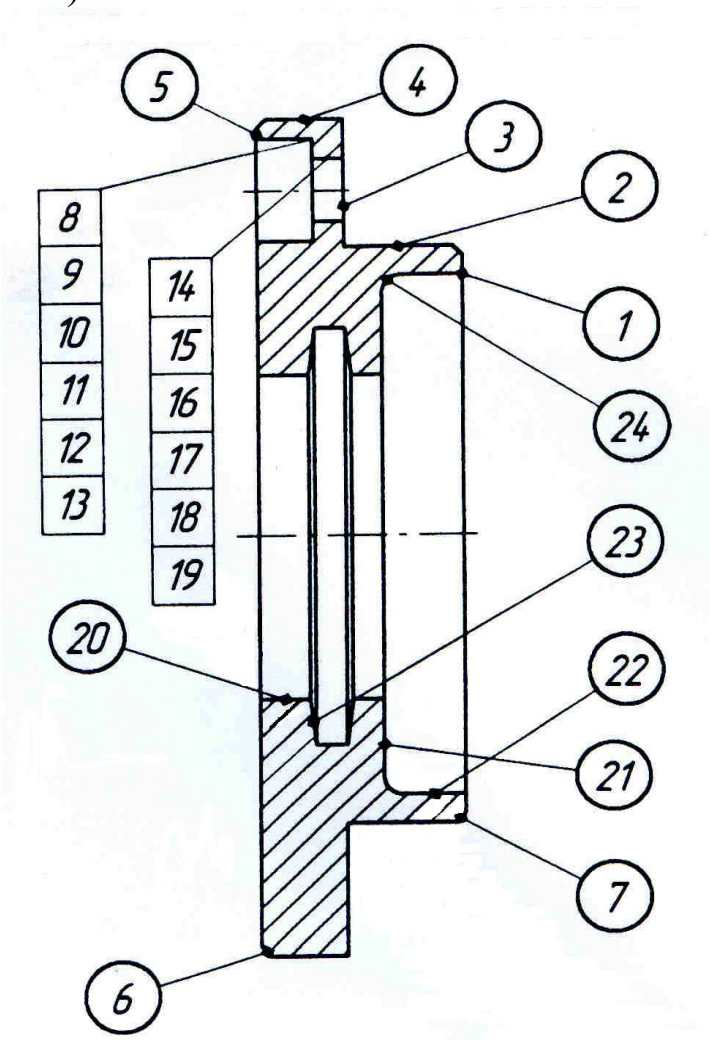
После анализа конструкторского чертежа и внесённых изменений студент оформляет чертёж детали, который включает в себя следующее:

необходимое число проекций, разрезов, сечений;
достаточность простановки размеров, предельных отклонений;
допуски формы и расположения;
обозначение шероховатости поверхности по ГОСТ2789-73;
материал детали;
твёрдость рабочих поверхностей детали, вид термической обработки;
точность обработки свободных поверхностей.

Для специфических деталей могут быть указаны и другие технические требования (например, допустимая величина неуравновешенности масс, давление и время выдержки при контроле герметичности, вид покрытия, требования к качеству поверхностного слоя и др.).

4.5 Разработка технологического чертежа. Перед началом разработки технологического процесса студенту необходимо оформить технологический чертеж детали по правилам, изложенным в работах [2, 20]. При разработке технологического чертежа изображают деталь без размеров и производят присвоение номера каждой поверхности, подлежащей обработке, следующим образом: расстановка номеров поверхностей деталей производится против часовой стрелки, начиная с крайнего правого торца.

Нумеруются все поверхности детали, как бы мала ни была их протяженность (рис. 4.1).



Р и с. 4.1. Технологический чертеж

При наличии на поверхности детали различных свойств (точности, шероховатости, термообработки и т.д.) каждый участок рассматривается как отдельный элемент, каждому присваивается отдельный номер.

Сложные комбинированные поверхности детали, обрабатываемые одним комбинированным инструментом (сверлом, разверткой, фасонным резцом, шлифовальным кругом), при подготовке чертежа обводят-

ся пунктирной линией, комбинированной поверхности присваивается один номер в общем порядке.

Наружные и внутренние галтели нумеруются только в том случае, когда они обрабатываются отдельно.

В заключение рабочий чертеж и технические требования приводят к виду, удобному для разработки технологического процесса.

Студент оценивает состояние каждой поверхности детали и все сведения сводит в таблицу (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Состояние поверхности детали

№ п/п	Номинальный размер поверхности, мм	Допуск на размер $T_р$, мкм	Допуск формы $T_ф$, мкм	Допуск расположения $T_р$, мкм	Шероховатость поверхности R_a, мкм	Твердость поверхности	Примечания
1	Наружная, плоская, торцевая	630	3/5	-	6,3	Нв 180… 220	
2	Наружная, цилиндрическая	54	27	-	6,3	Нв 180… 220	
⋮							
n							

4.6 Анализ технологичности детали. Методика определения технологичности детали представлена в работе [11].

Методика предусматривает сравнительную оценку технологичности всех поверхностей отдельно взятой детали. Оценка позволяет выявить наименее и наиболее технологичные поверхности, сразу привлечь внимание к ожидаемым технологическим трудностям (см.прил., табл. П1,П2).

Предлагается определять технологичность поверхности Т на основе балльной оценки следующих критериев:

$$E = = Б_1 + Б_2 + Б_3 + Б_4 + Б_5 + Б_6 + Б_7 + Б_8,$$

где $Б_1$ – зависимость баллов от величины допуска на размер; $Б_2$ - зависимость баллов от величины допуска на форму; $Б_3$ - зависимость баллов

от величины допуска на расположение; $Б_4$ - зависимость баллов от величины допуска на шероховатость; $Б_5$ - зависимость баллов от формы поверхности; $Б_6$ – зависимость баллов от вида поверхности; $Б_7$ – зависимость баллов от открытости поверхности; $Б_8$ – зависимость баллов от относительных размеров (жёсткости). (Величины $Б_1$ – $Б_4$ – прил. 1; $Б_5$ – $Б_8$ – прил., табл. П2).

Последовательность определения технологичности детали следующая:

подготавливают технологический чертёж детали;

подготавливают таблицу для расчёта критериев технологичности;

заполняют таблицу на основе данной методики;

суммируют баллы для каждой поверхности;

делают вывод о наиболее и наименее технологичных поверхностях.

Составляют иерархическую структуру поверхностей деталей и вносят в таблицу технологичности. Например, имеются поверхности 1-го, 2-го и так далее порядка. Порядок поверхностей означает их последовательность образования, т. е. последовательность выполнения технологических переходов и операций в технологических процессах.

Результаты оценки технологичности поверхностей по баллам заносят в таблицу (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Оценка технологичности поверхностей по баллам

№ поверхности	Вид поверхности	$Б_1$	$Б_2$	$Б_3$	$Б_4$	$Б_5$	$Б_6$	$Б_7$	$Б_8$		Сумма баллов $\sum Б$
1 2 3 .. .. n											

Количественная оценка технологичности в соответствии с МР 186-85 может быть выполнена также по согласованию с руководителем при условии внесения изменений в конструкцию детали после качественного анализа технологичности. В этом случае может быть произведена сравнительная оценка по некоторым основным и дополнительным показателям. При этом количество показателей должно быть минимальным, но достаточным для оценки технологичности.

Основные показатели, такие, как абсолютная трудоемкость изготовления и технологическая себестоимость, рекомендуется определять после разработки технологического процесса изготовления детали. На первоначальной стадии при анализе служебного назначения детали и оценке ее технологичности необходимо использовать дополнительные показатели, такие, как масса детали, коэффициенты использования материала ($К_{им}$), точности обработки ($К_{тч}$), шероховатости ($К_{ш}$), которые определяются следующим образом:

$$K_{ИМ} = \frac{M_D}{M_З},$$

где M_D и $M_З$ – соответственно массы детали и заготовки, кг;

$$K_{ТЧ} = 1 - \frac{1}{A_{СР}},$$

где $A_{СР}$ – средний квалитет точности обработки детали по всем поверхностям;

$$K_{Ш} = 1 - \frac{1}{Б_{СР}},$$

где $Б_{СР}$ – среднее числовое значение параметра шероховатости всех поверхностей детали.

4.7 Определение типа производства. Тип производства согласно ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операции за одним рабочим местом или единицей оборудования:

$$K_{зо} = \frac{N}{P_т},$$

где N – число различных операций , выполняемых в течение календарного времени; $P_т$ – число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Типы производства характеризуются следующими значениями коэффициентов закрепления операций:

Тип производства	$К_{з.о}$
Массовое …….	1
Серийное:	
крупносерийное……..	Св.1 до10
среднесерийное ……..	« 10» 20
мелкосерийное ……	« 20 «40
Единичное ……	« 40

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций, который показывает число различных операций, закрепленных в среднем по цеху (участку) за каждым рабочим местом в течение месяца.

Студенты выполняют курсовой проект по материалам Конструкторско-технологической практики, имея базовый вариант технологического процесса. Поэтому для предварительного расчета коэффициента закрепления операций могут быть использованы нормы времени $t_{шт}$ или $t_{шт\text{-}к}$, взятые из базового техпроцесса.

Для расчета коэффициента закрепления операций составляется таблица (табл. 4.3). В первую графу записываются все операции базового техпроцесса, во вторую – нормы времени $t_{шт}$ или $t_{шт\text{-}к}$.

Определяется и записывается в третью графу таблицы расчетное количество станков m_p для каждой операции:

$$m_p = \frac{N \cdot t_{шт}\left(t_{шт\text{-}к}\right)}{60 \cdot F_д \cdot \eta_{з.н.}}, \qquad (1)$$

где N – годовой объем выпуска деталей, шт; $t_{шт}$ ($t_{шт\text{-}к}$) – штучное или штучно-калькуляционное время, мин.; $F_д$ – действительный годовой фонд времени, ч; $\eta_{з.н.}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования (для расчетов в курсовом проекте принимается $\eta_{з.н.} = 0{,}75\ldots0{,}85$).

Принятое число рабочих мест P (четвертая графа) устанавливают округлением значений m_p (третья графа) до ближайшего большего целого числа.

Далее для каждой операции вычисляют значение фактического коэффициента нагрузки.

$$O = \frac{\tau_в \cdot k_в \cdot \eta_н}{T_{шт.к.}}$$

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P} \qquad (2)$$

Количество операций (последняя графа), выполняемых на рабочем месте, определяется по формуле:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} \text{ или } O = \frac{60 \cdot F_д \cdot k_в \cdot \eta_{з.н.}}{T_{шт.к.} \cdot N_M} \qquad (3)$$

Коэффициент закрепления операций рассчитывается по формуле:

$$k_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} \qquad (4)$$

Таблица 4.3

Расчет коэффициента закрепления операций

Операция	$T_{шт\text{-}к}$, мин	$m_р$	P	$\eta_{з.н}$	O
05. Токарная	4,2	0,084	1	0,084	9,20
10. Протяжная	1,2	0,024	1	0,024	33,3
15. Зубофрезерная	8,6	0,178	1	0,178	4,49
20. Зубошевинговальная	3,4	0,070	1	0,070	11,43
25. Внутришлифовальная	4,1	0,085	1	0,085	9,41
30. Плоскошлифовальная	3,6	0,074	1	0,074	10,81

$$\sum P = 6, \quad \sum O = 78{,}64.$$

По ГОСТ 3.1121-84 приняты следующие коэффициенты закрепления операций $k_{з.о.}$:

- массовое производство - $k_{з.о} = 1$;
- крупносерийное - $k_{з.о} = 2…10$;
- среднесерийное - $k_{з.о} = 10…20$;
- мелкосерийное - $k_{з.о} = 20…40$;
- единичное - $k_{з.о} > 40$.

В качестве примера рассмотрим техпроцесс изготовления шестерни (табл. 1). Подробно рассчитываем только токарную операцию.

Исходные данные $N = 4000$ деталей; $F_д = 4016$ ч; $\eta_{з.н.} = 0{,}8$; $t_{шт\text{-}к} = 4{,}2$ мин.

Расчетное количество станков определяем по формуле (1):

$$m_р = \frac{4000 \cdot 4{,}2}{60 \cdot 4016 \cdot 0{,}8} = 0{,}084.$$

Принятое число рабочих мест $P = 1$.

Коэффициент загрузки станка определяем по формуле (2):

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0{,}084}{1} = 0{,}084$$

Количество операций, выполняемых на рабочем месте, определяем по формуле (3):

$$O = \frac{0,8}{0.084} = 9,52$$

Коэффициент закрепления операций технологического процесса, согласно формуле (4)

$$к_{з.о.} = \frac{78,64}{6} = 13,1.$$

Следовательно, производство шестерни будет среднесерийным.

Для серийного производства рассчитывается размер партии деталей по формуле:

$$П = \frac{N \cdot a}{Ф} \qquad (5)$$

где a – количество дней запаса деталей на складе; $Ф$ – количество рабочих дней в году.

Рекомендуется принимать a =23 дня для крупных деталей, a =35 дней для средних деталей, a =510 дней для мелких деталей.

Для массового и крупносерийного производства рассчитывается такт выпуска по формуле:

$$t_в = \frac{60 \cdot F_д}{N}, \qquad (6)$$

где $F_д$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч.

В исключительных случаях при отсутствии базового техпроцесса тип производства предварительно можно определить по годовому выпуску и массе деталей, пользуясь табл. 4.3.1 и 4.3.2.

Таблица 4.3.1

Выбор типа производства по годовому выпуску и массе деталей, шт.

Тип производства	Годовой объем выпуска деталей		
	Крупных, 50 кг и более	Средних, 8…50 кг.	Мелких, до 8 кг
Единичное	до 5	до 10	до 100
Среднее	5…1000	10…5000	100…50000
Массовое	св. 1000	св. 5000	св. 50000

При этом после расчета норм времени по всем операциям выполняется раздел «Уточнение типа производства» на основе расчета коэффициента закрепления операций по приведенной выше методике.

Таблица 4.3.2

Выбор серийности производства, шт.

Серийность производства	Количество деталей в партии (серии)		
	Крупных, 50 кг и более	Средних, 8…50 кг.	Мелких, до 8 кг
Мелкосерийное	5…10	5…25	10…50
Среднесерийное	11…50	26…200	51…500
Крупносерийное	св. 50	св. 200	св. 500

4.8 Выбор вида и технико-экономическое обоснование способа получения заготовки. В машиностроении основными видами заготовок для деталей являются стальные и чугунные отливки, отливки из цветных металлов и сплавов, штамповки и всевозможные профили проката.

Способ получения заготовки должен быть наиболее экономичным при заданном объёме выпуска деталей. Для выбора формы, размеров и способа получения заготовки большое значение имеет конструкция и материал детали. Вид заготовки оказывает значительное влияние на характер технологического процесса, трудоёмкость и экономичность её обработки.

При выборе вида заготовки необходимо учитывать не только эксплуатационные условия работы детали, её размеры и форму, но и экономичность производства. Если при выборе заготовок возникают затруднения, какой метод изготовления принять для той или другой детали, то производят технико-экономический расчёт двух или нескольких выбранных вариантов. После обоснования способа получения заготовки необходимо дать краткое описание технологического процесса её получения и обосновать выбор плоскости разъёма формы или штампа, величину принятых радиусов скруглений и формовочных уклонов.

Технико-экономическое обоснование выбора заготовки для обрабатываемой детали производят по нескольким направлениям (металлоёмкость, трудоёмкость и себестоимость), учитывая при этом конкретные производственные условия. Технико-экономическое обоснование ведётся по двум или нескольким выбранным вариантам. При экономической оценке определяют металлоёмкость, себестоимость и трудоёмкость каждого выбранного варианта изготовления заготовки, а затем их сопоставляют.

Технико-экономический расчёт изготовления заготовки производят в следующем порядке [6, 10]

устанавливают метод получения заготовки согласно типу производства, конструкции детали, материалу и другим техническим требованиям на изготовление детали;
назначают припуски на обрабатываемые поверхности детали согласно выбранному методу получения заготовки по нормативным таблицам или производят расчёт аналитическим методом;
определяют расчётные размеры на каждую поверхность заготовки;
назначают предельные отклонения на размеры заготовки по нормативным таблицам в зависимости от метода получения заготовки;
производят расчёт массы заготовки на сопоставляемые варианты;
определяют норму расхода материала с учётом неизбежных технологических потерь для каждого вида заготовки (некратность, на отрезание, угар, облой и т. д.);
определяют коэффициент использования материала по каждому из вариантов изготовления заготовок с технологическими потерями и без потерь;
определяют себестоимость изготовления заготовки, выбранных вариантов для сопоставления и определения экономического эффекта получения заготовки;
определяют годовую экономию материала от сопоставляемых вариантов получения заготовки;
определяют годовую экономию от выбранного варианта заготовки в денежном выражении.

Укрупненный технико-экономический анализ можно выполнить по методике [30]. Так, в серийном производстве вал из стали 45 можно изготовить горячей объемной штамповкой или из горячекатаного проката диаметром 90 мм (рис. 4.2, а-в). Для
принятия решения воспользуемся данными, приведенными в табл. 4.4.

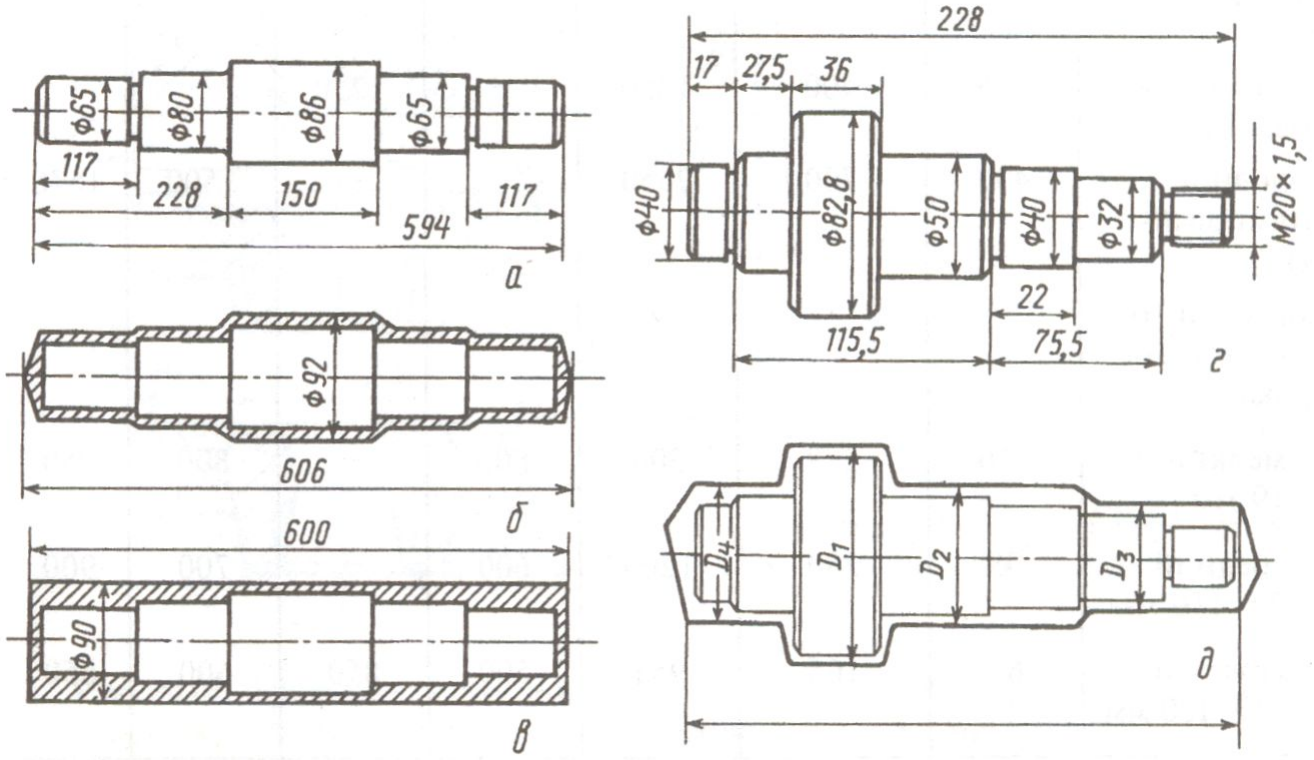
Расход проката на одну заготовку составляет 30кг. Следовательно, ее стоимость будет

$$C_1 = \frac{12400}{1000} \cdot 30 = 372\,руб.$$

Стоимость одной штамповки массой 25 кг. равна

$$C_2 = \frac{17110}{1000} \cdot 25 = 427{,}75\,руб.$$

Таким образом, в рассматриваемом случае целесообразно использовать горячекатаную заготовку.



Р и с. 4.2. Вал ступенчатый:

а, г - готовая деталь*; б*- штампованная заготовка*; в*- заготовка из горячекатаного проката*; д* - заготовка, полученная ковкой

Таблица 4.4

Средняя стоимость 1т материала в условных денежных единицах

Заготовки	Сталь					Цветные металлы		
	Ст. 3	Ст.45	Ст. 40Х	Шх 15	12х43А	Алюминий	Бронза	Латунь
Отливки: в песчаные формы	Оптовые цены на отливки, поковки и штамповки							
в оболочковые формы по выплавляемым моделям	Определяется по прейскуранту №25-01, 1990г. с учетом поправок на инфляцию							
Поковки	16,93	17,11	18,88	19,47	35,99	-	-	-
Сортовой горячекатаный прокат:								
мелкий до 19 мм	16,52	17,11	18,88	25,96	35,4	129,8	132,16	134,2
средний 20-110 мм	14,36	14,87	16,41	22,57	30,78	124,3	129,4	130,6
крупный 120-150 мм	12,25	12,4	13,72	18,12	23,98	123,7	128,3	129,6
Листы, ленты, полосы	13,2	14	25,96	25,96	-	117,41	128,3	129,6
Трубы	21,4	22,45	28,44	35,4	49,56	130,6	134,2	135,7

Примечание. Средняя стоимость отходов (стружки) составляет в среднем 10-12% от стоимости материала.

4.9 Выбор методов обработки отдельных поверхностей [4]. Оптимальный способ обработки поверхностей детали означает, что удалось отыскать технологический переход. Таким образом, это является началом поиска структуры технологической операции, а затем и всего технологического процесса.

Применяют табличный, расчётный и таблично-расчётный методы выбора способа обработки поверхностей.

Табличным методом пользуются для быстрых ориентировочных решений, а
также для выбора способов обработки поверхностей с невысокими технологическими требованиями.

Для более точных поверхностей рекомендуется использовать таблично-расчётный метод, основанный на определении уточнения. Задача решается в три этапа. На первом этапе отыскивают способы обработки, обеспечивающие требуемую точность размера поверхности. На втором этапе проверяют, обеспечивается ли заданное качество поверхностного слоя данной поверхности посредством способа обработки, выбранного на первом этапе. Если нет, то добавляют дополнительно такие способы обработки, которые позволяют решить задачу обеспечения качества поверхностного слоя либо заменяют часть способов, выбранных на втором этапе, на иные. На третьем этапе проверяют , обеспечиваются ли технические требования по точности формы и точности расположения поверхностей (если они оговорены в рабочем чертеже особо). Если нет, то также добавляют дополнительно такие способы обработки, которые позволяют решить и эту задачу.

Задача. Требуется выбрать способы обработки подшипниковых шеек шпинделя, диаметр которых равен $\varnothing 60^{-0,025}_{-0,035}$, шероховатость R_a=0,04 мкм. Должны быть выдержаны отклонения от цилиндричности 0,001 мм, биение радиальное относительно центральной оси 0,003 мм и волнистость не более 0,008 мм. Материал шпинделя - сталь 38ХВФЮА. Заготовка - поковка, полученная свободной ковкой, 1-я группа точности ГОСТ 7062-67 с допуском $T_з$=6 мм на диаметр.

Решение. Находим общее уточнение:

$$\varepsilon_{общ} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = 6/0,01 = 600.$$

Далее методом подбора определяем необходимое количество *i* способов обработки из известного соотношения

$$\varepsilon_{общ} = \Pi\varepsilon_i = \varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3 \ldots \varepsilon_i .$$

Наиболее экономичным способом обработки наружных цилиндрических поверхностей является обтачивание, а затем шлифование. Погрешность размера

диаметра детали после чернового обтачивания ступенчатых валов [8, табл. 4] должна быть не более 400 мкм. Тогда

$$\varepsilon_1 = T_3 / T_1 = 6 / 0{,}4 = 15;$$

IT 13 $R_A = 6{,}3$ *мкм.*

Следующий способ обработки - чистовое обтачивание – обеспечивает точность размера T_2=120 мкм. Уточнение после повторной обработки

$$\varepsilon_2 = T_1 / T_2 = 0{,}4 / 0{,}12 = 3{,}33;$$

IT 10 $R_A = 2{,}5$ *мкм.*

Дальнейшего повышения точности поверхности шеек можно достигнуть точным алмазным обтачиванием или предварительным шлифованием. Шлифование предпочтительнее, так как обработку можно выполнять после термообработки. Предварительное шлифование обеспечивает точность обработки с допуском T_3=60 мкм и шероховатостью R_a=1,25 мкм. Уточнение после третьего метода обработки

$$\varepsilon_3 = T_2 / T_3 = 0{,}12 / 0{,}06 = 2.$$

Общее уточнение после трёхкратной обработки

$$\varepsilon_{общ_3} = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 = 15 \cdot 3{,}33 \cdot 2 = 100.$$

Требуются одна или две обработки, чтобы обеспечить дальнейшее уточнение 60/10=6. Итоговую точность поверхностей с допуском T=0,009 мм обеспечивают притирка или суперфиниш. Однако после предварительного шлифования невозможно технически произвести шестикратное уточнение, поэтому необходимо ввести ещё одну обработку – способом тонкого шлифования, обеспечивающую точность с допуском $T_ч$=20 мкм. Тогда уточнение после тонкого шлифования равно $\varepsilon_4 = T_3 / T_4 = 0{,}06 / 0{,}02 = 3$ и после черновой притирки $\varepsilon_5 = T_4 / T_5 = 0{,}02 / 0{,}009 = 2{,}22$. Таким образом, для достижения требуемой точности шейки шпинделя должны подвергнуться пятикратной обработке (пяти переходам) с общим уточнением $\varepsilon_{общ} = 15 \cdot 3{,}33 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 2{,}22 = 666$, т.е. даже несколько выше требуемого.

После выбора методов обработки всех поверхностей детали на основе расчёта уточнений необходимо заполнить таблицу (табл. 4.5)

Таблица 4.5

Методы обработки поверхностей детали

Номера поверхностей	Методы обработки	Квалитет точности	Допуск обработки, мкм	Шероховатость обработанной поверхности, мкм	Твердость поверхности
1 2 … *n*					

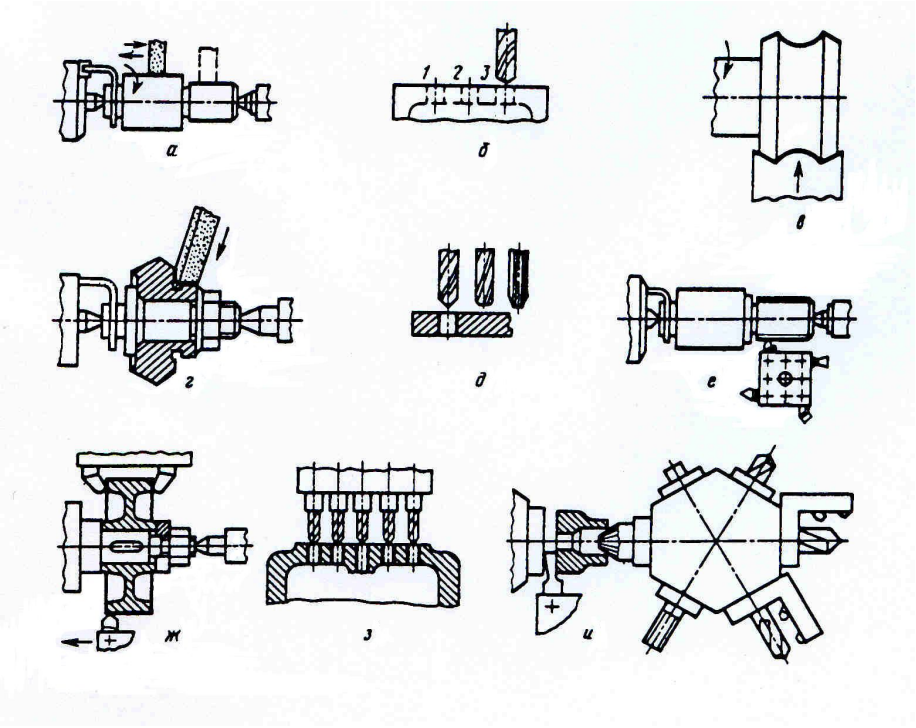
4.10 Формирование структуры технологического процесса. Структура технологического процесса обработки детали зависит от типа производства и определяется рядом факторов. К таким относят следующие.

Количество обрабатываемых деталей и последовательность их обработки. На технологической операции одновременно могут обрабатывать одну (рис. 4.3) или несколько деталей (рис. 4.4). В процессе обработки одной детали она может последовательно занимать несколько фиксированных положений по отношению к инструменту. При одновременной же обработке нескольких деталей операцию могут выполнить на одной либо на нескольких позициях. В каждой позиции детали при обработке могут располагать по одному или нескольким потокам. Если детали располагают в один поток, то они могут вступать в обработку только последовательно. Многопоточное расположение деталей позволяет выполнять параллельную или последовательно-параллельную их обработку.

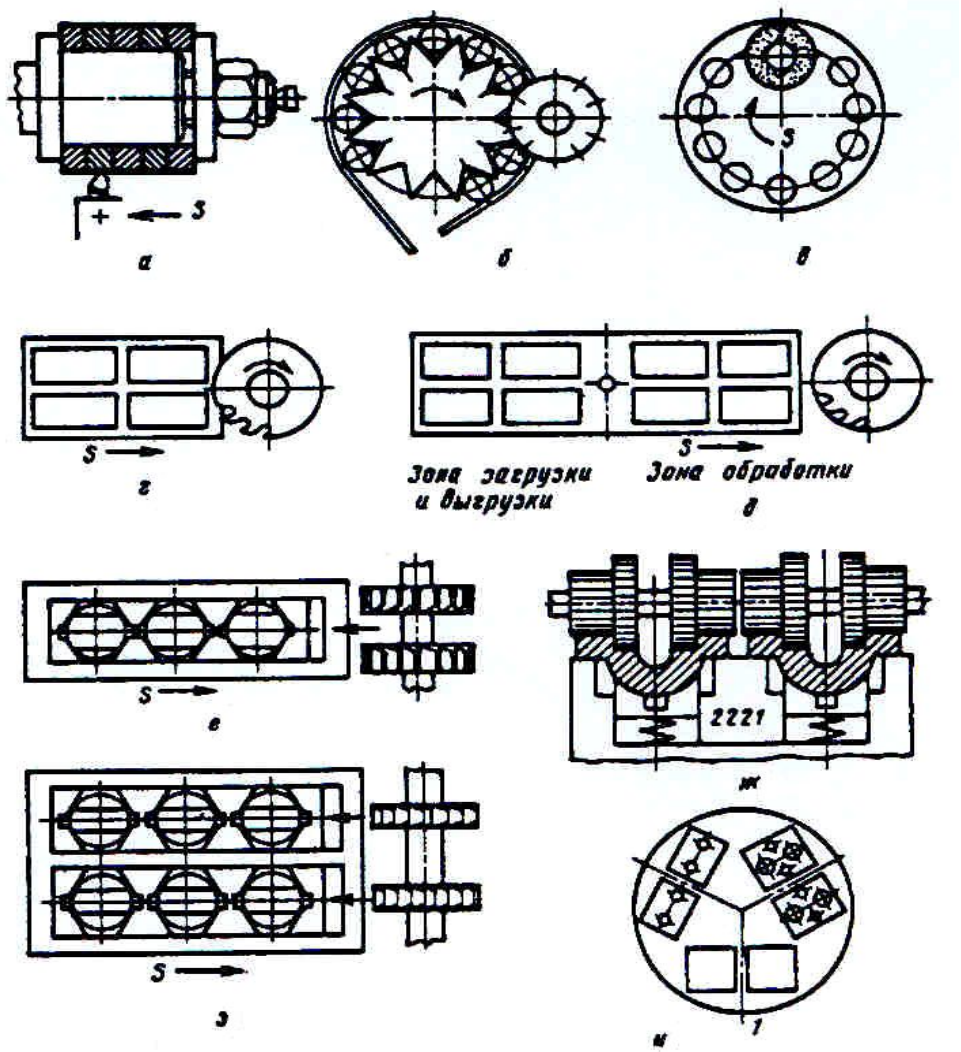
Количество инструментов, участвующих в работе. В зависимости от этого фактора инструмент может работать последовательно (Х), параллельно(У) либо параллельно-последовательно (ХУ) (табл. 4.6).

Способ установки заготовки в приспособление может быть автоматическим; вручную поочерёдно каждой детали; предварительно вручную вне станка в кассету, на оправку, на плите и др.; вручную на загрузочной позиции

Все факторы определяют так или иначе степень концентрации. Степень концентрации экономически должна быть тем выше, чем выше требуется производительность. Таким образом, чем больше заданный объём выпуска деталей, тем выше должна быть концентрация операций. Обоснование выбора структуры операции из вариантов выполняют на основе анализа технической организационной и экономической их целесообразности.



Р и с. 4.3. Одноместная обработка (I)



Р и с. 4.4. Многоместная обработка (II)

Техническая целесообразность определяется возможностью достижения при их использовании требований к точности и качеству поверхностного слоя, а также высокой производительности труда.

Таблица 4.6

Классификации структур технологических операций

<table>
<tr><td></td><td>1</td><td colspan="4">Число заготовок, обрабатываемых на операции</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Класс</td><td></td><td>Одна</td><td>Символ</td><td>Несколько</td><td>Символ</td></tr>
<tr><td></td><td>Одноместная обработка</td><td>I</td><td>Многоместная</td><td>II</td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="4">Число одновременно работающих инструментов</td></tr>
<tr><td></td><td>Один</td><td></td><td>Несколько</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>Одноинструментальная обработка</td><td>А</td><td>Многоинструментальная обработка</td><td>Б</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Структурная группа</td><td>3</td><td colspan="4">Последовательность обработки поверхностей</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td colspan="3">Последовательного исполнения</td><td>Х</td></tr>
<tr><td colspan="3">Параллельного исполнения</td><td>У</td></tr>
<tr><td colspan="3">Параллельно-последовательного исполнения</td><td>ХУ</td></tr>
</table>

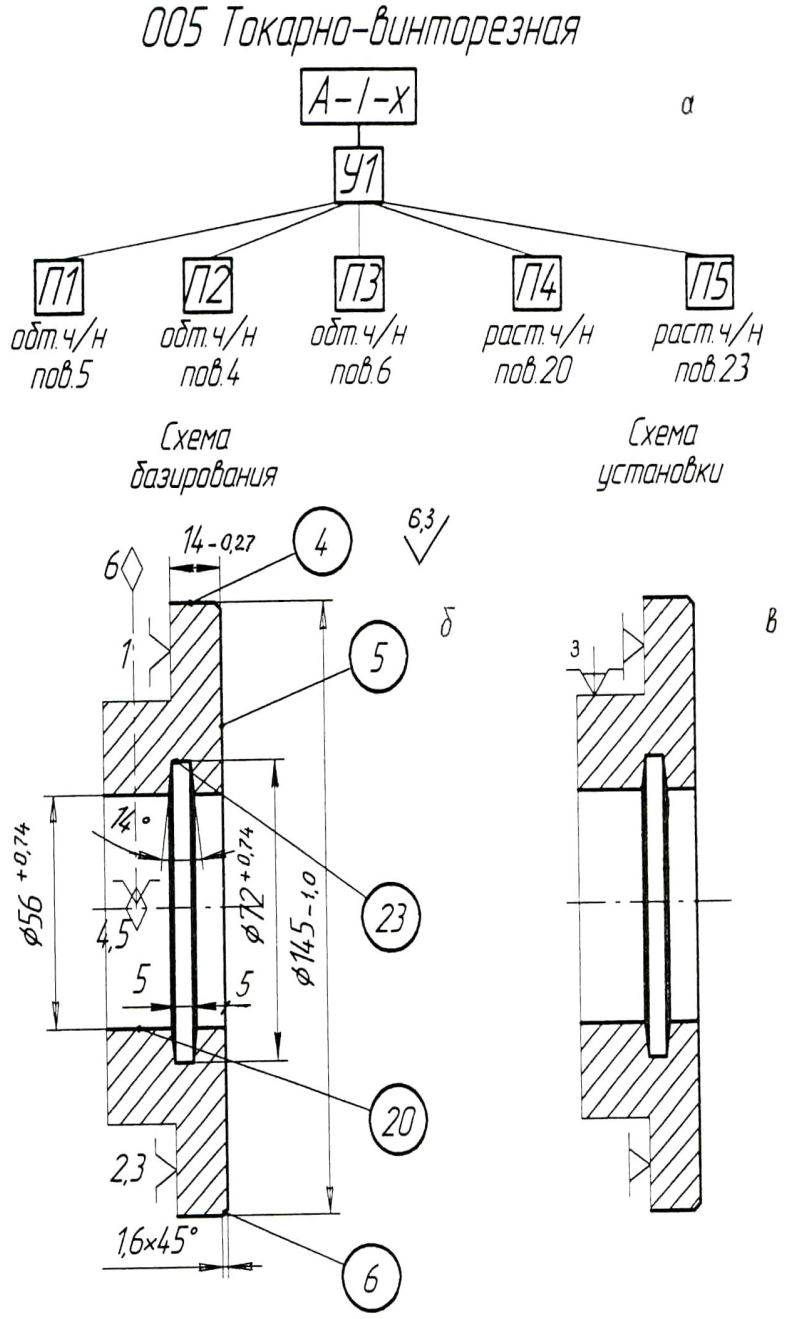
Новый шаг в повышении производительности труда может быть сделан при переходе к схемам многоместной многоинструментальной обработки. Наиболее высокую производительность может дать применение многоместной многоинструментальной параллельно-последовательной обработки заготовок.

На основе выбранных методов обработки поверхностей детали студенту необходимо сформировать 2-3 альтернативных варианта

маршрута механической обработки, отличающихся друг от друга методами обработки или содержанием технологических операций.

Пример структуры одной технологической операции для детали «крышка подшипника» (см. рис.4.1) представлен на рис 4.5, а.

Варианты маршрутов обработки со схемами базирования и установки заготовок по всем операциям должны быть представлены на листах графической части.



Р и с. 4.5. Структура операции со схемой базирования и установки.

4.11 Выбор и обоснование технологических баз, схем базирования и установки. Непосредственно в процессе изготовления деталей

машин и их сборки заготовки и изделия занимают определённое положение в технологических системах в соответствии с требованиями конструкторской и технологической документации. При этом для контроля технических требований заготовки, изделия и средства измерения должны занимать определённое положение, чтобы получить необходимую точность и достоверность результатов.

Одна из важных задач, возникающая на различных этапах производственного процесса, - выбор баз для формирования систем координат заготовок и изделий и придания им требуемых положений. Эта задача выполняется в соответствии с ГОСТ 23495-76 и рекомендациями работ [22, 23].

Принципиальные схемы базирования заготовок. Согласно теоретической механике требуемое положение твердого тела (заготовки) относительно выбранной системы координат достигается наложением геометрических связей, лишающих тело трех перемещений вдоль осей XYZ и трех поворотов вокруг этих осей, т.е. тело становится неподвижным в системе координат OXYZ. Каждая опорная точка, т.е. точка, символизирующая одну из связей заготовки с выбранной системой координат, лишает заготовку только одной степени свободы. Следовательно, для базирования заготовки, т.е. придания ей вполне определенного (однозначного) положения в приспособлении, необходимо и достаточно наличие шести опорных точек, лишающих заготовку шести степеней свободы (правило шести точек) [21].

При базировании заготовки в приспособлении необходимо совместить системы координат, построенных на вспомогательных базах приспособления и основных технологических базах заготовки. Схема расположения опорных точек на базах заготовки называется схемой базирования. Наиболее распространенные схемы базирования заготовок (рис. 4.6): а - по трем плоским поверхностям; б - по торцу и наружной цилиндрической поверхности; в - по торцу и внутренней цилиндрической поверхности; г - по торцу и наружной цилиндрической поверхности в призме; д - по внутренней цилиндрической поверхности с зазором, по коническому отверстию и на оправке без зазора; е - по плоскости симметрии корпусной заготовки; ж - по центровым отверстиям вала с упором в торец; з - по плоскости и двум отверстиям; и - по плоскости симметрии с помощью призм.

По числу степеней свободы, которых лишают заготовку технологические базы, они подразделяются на установочные, направляющие, опорные, двойные направляющие и двойные опорные [21]. База, лиша-

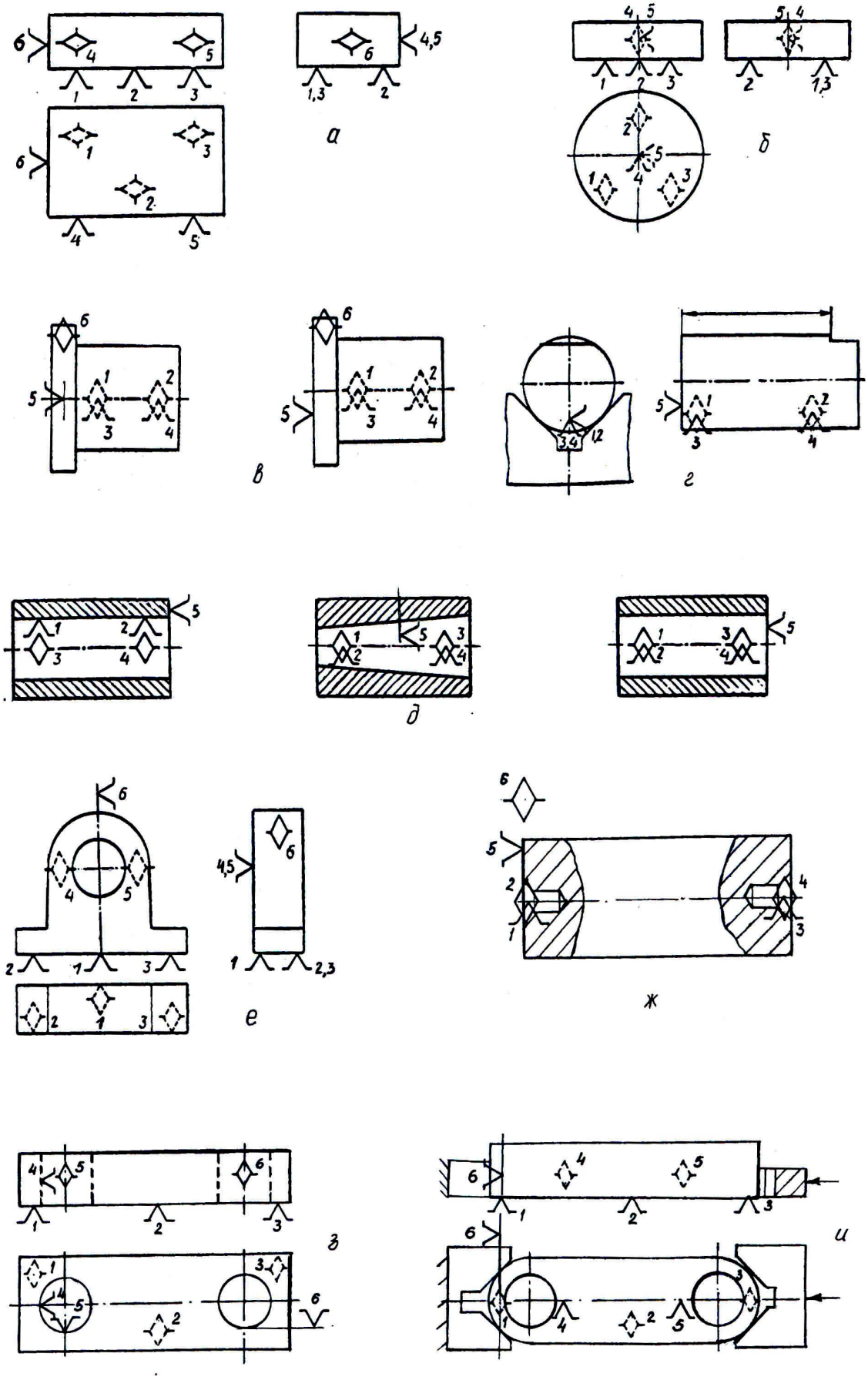
ющая заготовку или изделие трех степеней свободы перемещения вдоль одной из координатных осей и поворота вокруг двух других осей, называется установочной базой (см. рис. 4.6 а, б, е, з, и – точки 1, 2, 3). База, лишающая заготовку двух степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси, называется направляющей базой (см. рис. 4.6 а – точки 4, 5). База, лишающая заготовку одной степени свободы перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси, называется опорной базой (см. рис. 4.6 г, д, а, и – точка 6). База, лишающая заготовку или изделие четырех степеней свободы неперемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей, называется двойной направляющей базой (см. рис. 4.6 в, г, д - точки 1, 2, 3, 4). База, лишающая заготовку двух степеней свободы перемещения вдоль двух координатных осей, называется двойной опорной базой (см. рис. 4.6 б – точки 4 и 5; ж – точки 1, 2, 3 и 4).

В первую очередь студенту необходимо выбрать схему базирования на первой технологической операции. На первой операции базы являются необработанными – черновыми. Отсюда следуют особые требования к ним.

1. В связи с тем, что точность необработанных поверхностей, выполняющих функции черновых технологических баз, всегда ниже точности обработанных поверхностей, а шероховатость выше, черновые базы должны использоваться только один раз на первой установке.

2. Необходимо обеспечить правильное взаимное положение обработанных и необработанных поверхностей в готовом изделии. Чтобы обеспечить заданные требования к положению обработанных и необработанных элементов изделия, черновыми базами необходимо назначить поверхности, которые в готовом изделии остаются черновыми.

Если невозможно изготовить изделие с использованием одной установки, то в качестве баз первой установки целесообразно выбрать конструктивные элементы с наиболее высокой точностной характеристикой и при возможности с использованием самоцентрирования. В этом случае при выполнении последующих установок обработка точных элементов изделия, служивших черновыми базами, обеспечит наибольшую точность и равномерную глубину обработки для достижения требуемого качества.



Р и с. 4.6. Распространенные схемы базирования заготовок

При выборе технологических баз необходимо руководствоваться следующими методическими указаниями.

1. На основании анализа конструкции, служебного назначения детали и сборочной единицы, простановки конструкторских размеров и допусков определяются конструкторские базы.

2. По принципу совмещения баз предпочтительным комплектом технологических баз выбирается соответствующая совокупность конструкторских баз с учётом формы, доступности, обработки габаритных размеров, точности размера, точности формы и расположения.

3. Последовательно рассматривается возможность обработки различных поверхностей и их сочетаний от выбранного комплекта баз с учётом условий производства, включая возможность обработки набором инструментов и различные методы наладки технологических систем.

4. Если условия производства не позволяют осуществить принятый вариант базирования, то выбирается следующий комплект баз по приоритету вышеуказанной характеристики формы, доступности, габаритных размеров, размерного шага положения, точности размеров, точности формы и положения.

5. Выбранные варианты базирования проверяются на соответствие точности и возможности реализации технологических операций в заданных производственных условиях. При необходимости смены технологических баз с неприемлемым ужесточением допусков рассматривается возможность применения искусственных баз.

6. С учётом требований к черновым базам выбирается комплект баз первой установки разрабатываемого технологического процесса.

В данном разделе расчётно-пояснительной записки должны быть представлены схемы базирования и установки по ГОСТ3.1107-81 [24] на первой и последующих технологических операциях. Обработанные поверхности заготовки на этих схемах выделяются линией удвоенной толщины.

Погрешности установки заготовок в приспособлениях. Точность обработки заготовок на станках в значительной мере зависит от точности установки заготовок в приспособлениях. При обработке заготовок, установленных в приспособлениях, необходимо, чтобы погрешность Δ обработки была меньше допуска δ на выполняемый на данной операции размер: $\Delta < \delta$; $\delta > \varepsilon_y + \omega$, где ε_y - погрешность установки; ω - погрешности, возникающие при обработке заготовки (по-

грешности станка и установки инструмента, износ инструмента, температурные деформации и др.)

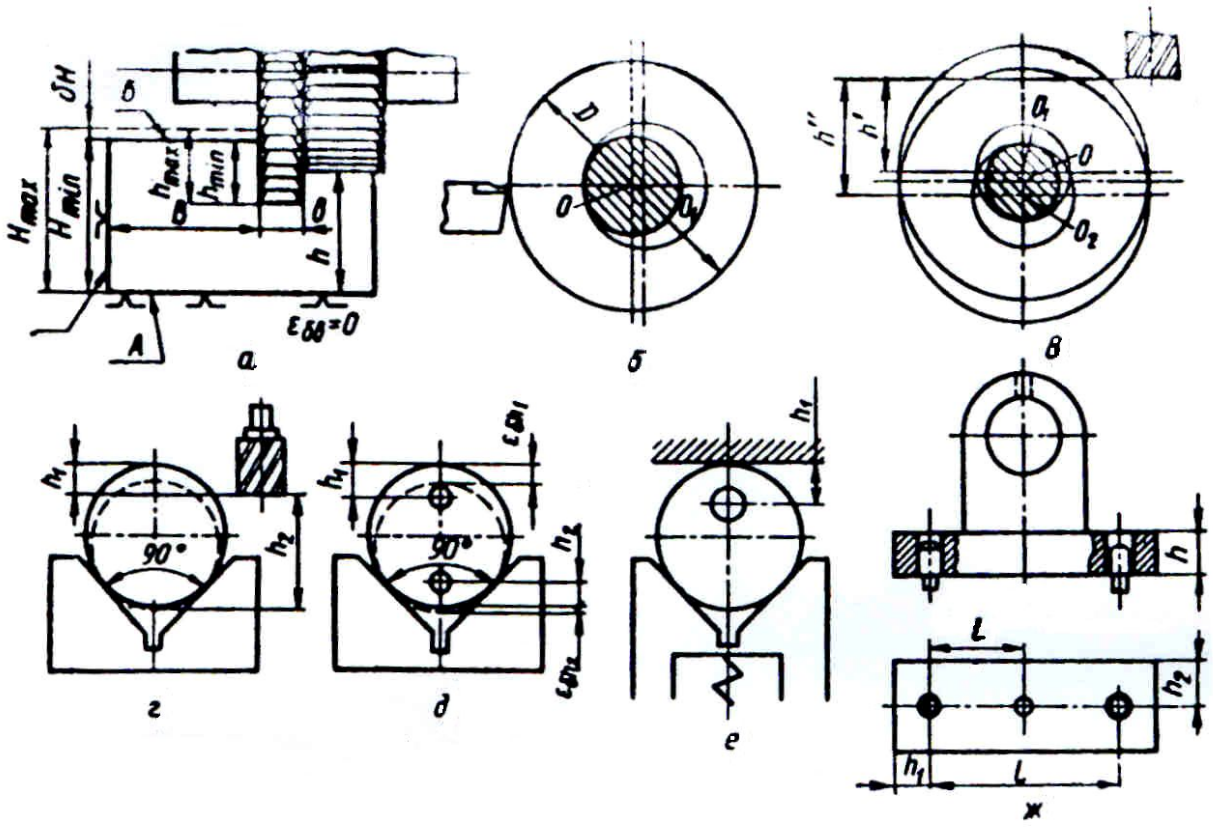
Одной из основных причин, вызывающих погрешности обработки, является погрешность установки ε_y, возникающая при установке заготовки в приспособление, т.е. отклонение фактически достигнутого положения заготовки от требуемого, возникающее в результате наличия погрешностей базирования $\varepsilon_б$ и закрепления $\varepsilon_з$ заготовки, а также вследствие погрешности изготовления приспособления и установки его на станке $\varepsilon_{ПР}$:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2 + \varepsilon_{ПР}^2}.$$

Все составляющие погрешности установки являются полем рассеяния (допуска) случайных величин и, следовательно, могут суммироваться по правилу квадратного корня. Необходимо отметить, что погрешность установки ε_y возникает при установке заготовки в приспособление до обработки, т.е. до включения станка.

Погрешностью базирования называется отклонение фактически достигнутого положения заготовки при базировании от требуемого. При обработке заготовок в приспособлениях на станках с ЧПУ размеры получаются автоматически, при этом положение измерительной базы относительно настроенного на размер инструмента влияет на допуск выдерживаемого размера.

Измерительной базой называется база, используемая для определения относительного положения заготовки и средств измерения. Поскольку инструмент настраивается на размер относительно технологических баз приспособления, погрешность базирования представляет собой расстояние между предельными положениями измерительной базы относительно настроенного на размер инструмента. При совмещении технологической и измерительной баз погрешность базирования равна нулю (принцип совмещения баз). Следовательно, для сведения погрешности базирования к нулю необходимо совместить технологическую и измерительную базы. Некоторые схемы базирования заготовок и возникающие при этом погрешности базирования показаны на рис. 4.6. При выполнении размера h (рис. 4.7,а) установочная и измерительная базы (поверхность *А*) совмещены. Следовательно, $\varepsilon_{бh} = 0$. При выполнении размера h_1 установочной базой будет поверхность *А*, а измерительной – поверхность *Б.* Поскольку в этом случае не со- блюдается принцип единства баз, будет иметь место погрешность базирования,



Р и с. 4.7. Схемы для определения погрешностей базирования

равная разности расстояний между предельными положениями измерительной базы:

$$\varepsilon_{бh_1} = h_{\max} - h_{\min} = H_{\max} - H_{\min} = \delta H .$$

При обработке мерным инструментом (например пальцевой фрезой) паза шириной *b* погрешность базирования равна нулю, так как погрешность размера *b* зависит только от ширины фрезы и возникает не в процессе установки заготовки, а в процессе обработки. При обработке наружной цилиндрической поверхности (рис. 4.7,б) погрешность базирования размера *D* равна нулю, так как в этом случае технологической базой будет центр оправки *O,* и инструмент настраивается от него на размер *D/2*. при установке заготовки по отверстию на оправку с зазором (рис. 4.7,в) погрешность базирования равна максимальному зазору между заготовкой и оправкой:

$$\varepsilon_{бh} = h'' - h' = O_1O_2 = S_{\max} .$$

Следовательно, для совмещения технологической и установочной баз необходимо ликвидировать зазор, что достигается применением жестких беззазорных (прессовых или конусных) или разжимных оправок.

При установке цилиндрической заготовки в призму с углом 90° (рис.4.7,г),

$$\varepsilon_{бh_1} = 1{,}21\delta D \text{ и } \varepsilon\delta_{бh_2} = 0{,}2\delta D_1 ,$$

где δ – допуск на размер D.

Следовательно, при обработке отверстия, размер до центра которого задан от наружной поверхности (рис. 4.7,д), целесообразно устанавливать заготовку таким образом, чтобы отверстие располагалось в нижней зоне. Для сведения к нулю погрешности базирования в этом случае необходимо установить заготовку верхней образующей на плоскую поверхность и поджать снизу призмой (рис. 4.7,е). В этом случае технологическая и измерительная базы при выполнении размера h_1 будут совмещены. При установке заготовки по плоскости и двум отверстиям (рис. 4.7,ж) погрешность базирования при выполнении размеров l, h_1,h_2 будет равна $S_{1\,max}$, а при выполнении размера h будет равна нулю. Для сведения к нулю погрешности базирования необходимо ликвидировать зазор, что достигается применением конических подпружиненных пальцев (гладких и срезанных) или разжимных пальцев - цилиндрического и ромбического. При установке заготовки в центрах погрешность базирования линейного размера от торца заготовки будет равна разности максимальной и минимальной глубин центрового отверстия. Для сведения к нулю погрешности базирования необходимо применять подпружиненный центр, при этом опорной базой будет не центровое гнездо, а торец заготовки.

Задача. Предложить схему базирования и установки заготовки корпусной детали при обработке ее на операции фрезерования с выполнением технических требований (рис. 4.8).

Решение.

1. Пользуясь эскизом детали, устанавливаем, что в качестве технологических баз, используя принцип совмещения баз, рационально выбрать следующие поверхности: плоскость A основания, которая является конструкторской базой детали, и два отверстия (из четырех имеющихся), расположенных диагонально, для правильной угловой ориентации в процессе обработки.

2. Схема базирования заготовки (рис. 4.9): поверхность *А* – установочная база, лишает заготовку трех степеней свободы (опорные точки 1, 2, 3); поверхность одного из отверстий обеспечивает базирование по двум опорным точкам – перемещение вдоль двух взаимно перпендикулярных координат (двойная опорная база, точки 4, 5); другое отверстие по диагонали обеспечивает базирование с лишением заготовки одной степени свободы (6-я опорная точка).

3. В качестве установочных элементов используем плоскую поверхность *А*, поверхность одного из отверстий совмещаем с цилиндрическим пальцем по посадке с зазором, другое отверстие - со срезанным пальцем (рис. 4.10).

4. Максимальный угловой перенос заготовки с установкой ее по плоскости и двум отверстиям может быть определен на основе схемы (рис. 4.10) по формуле и в нашем случае равен

$$tg\alpha_{\max} = \frac{S_{\max}}{L}.$$

Если учесть, что $D_{отв max}$ = 20,033 мм, а палец установочной *20d9* ($20^{-0,065}_{-0,117}$) имеет минимальный диаметр d_{min}=19,883мм, то

$$S_{\max} = D_{отв.\max} - d_{пал.\min} = 20,33 - 19,883 = 0,15 мм.$$

Расстояние между базовыми отверстиями, принятыми в качестве технологических баз,

$$L = \sqrt{250^2 + 160^2} = 296,82 \text{ мм},$$

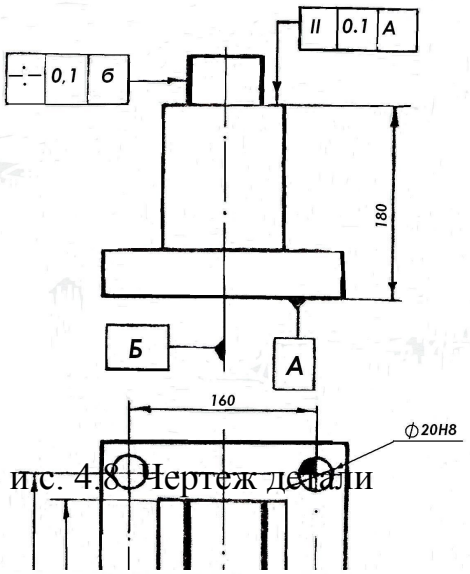
откуда

$$tg\alpha_{\max} = \frac{0,15}{296,82} = 0,0005.$$

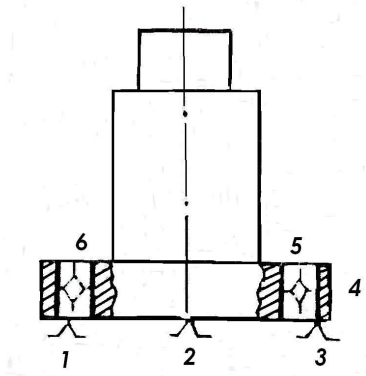
При длине обрабатываемой плоскости l = 200 мм (см. рис. 4.8) линейное смещение заготовки

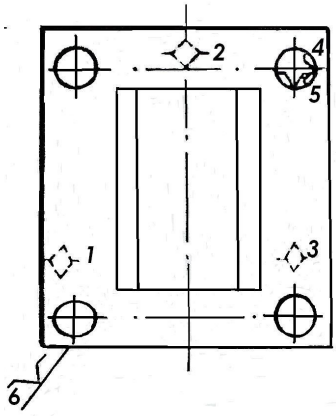
$$x = l \cdot tg\alpha_{\max} = 200 \cdot 0,0005 = 0,1 мм.$$

Таким образом, максимальное смещение заготовки при базировании по плоскости и двум отверстиям находится в доступных пределах и обеспечивает выполнение технических требований на операции фрезерования.

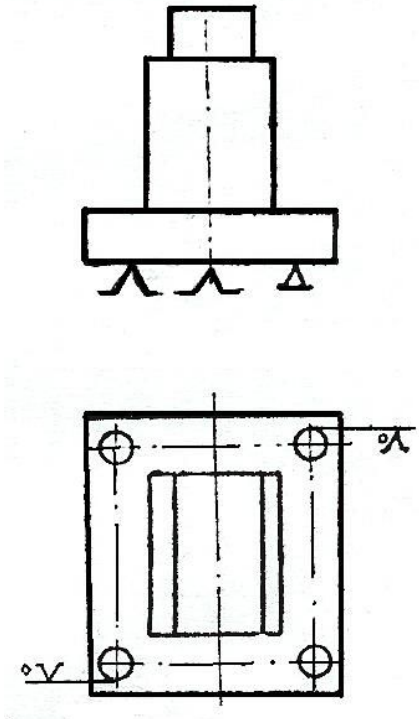


Р ис. 4.8. Чертеж детали

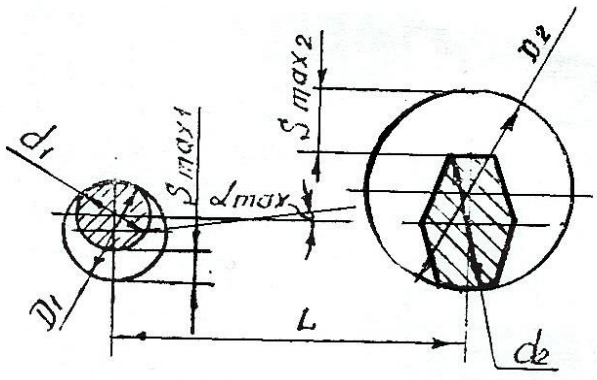




Р и с. 4.9. Схема базирования заготовки



Р и с. 4.10. Схема установки заготовки



Р и с. 4.11. Схема к расчету погрешности базирования

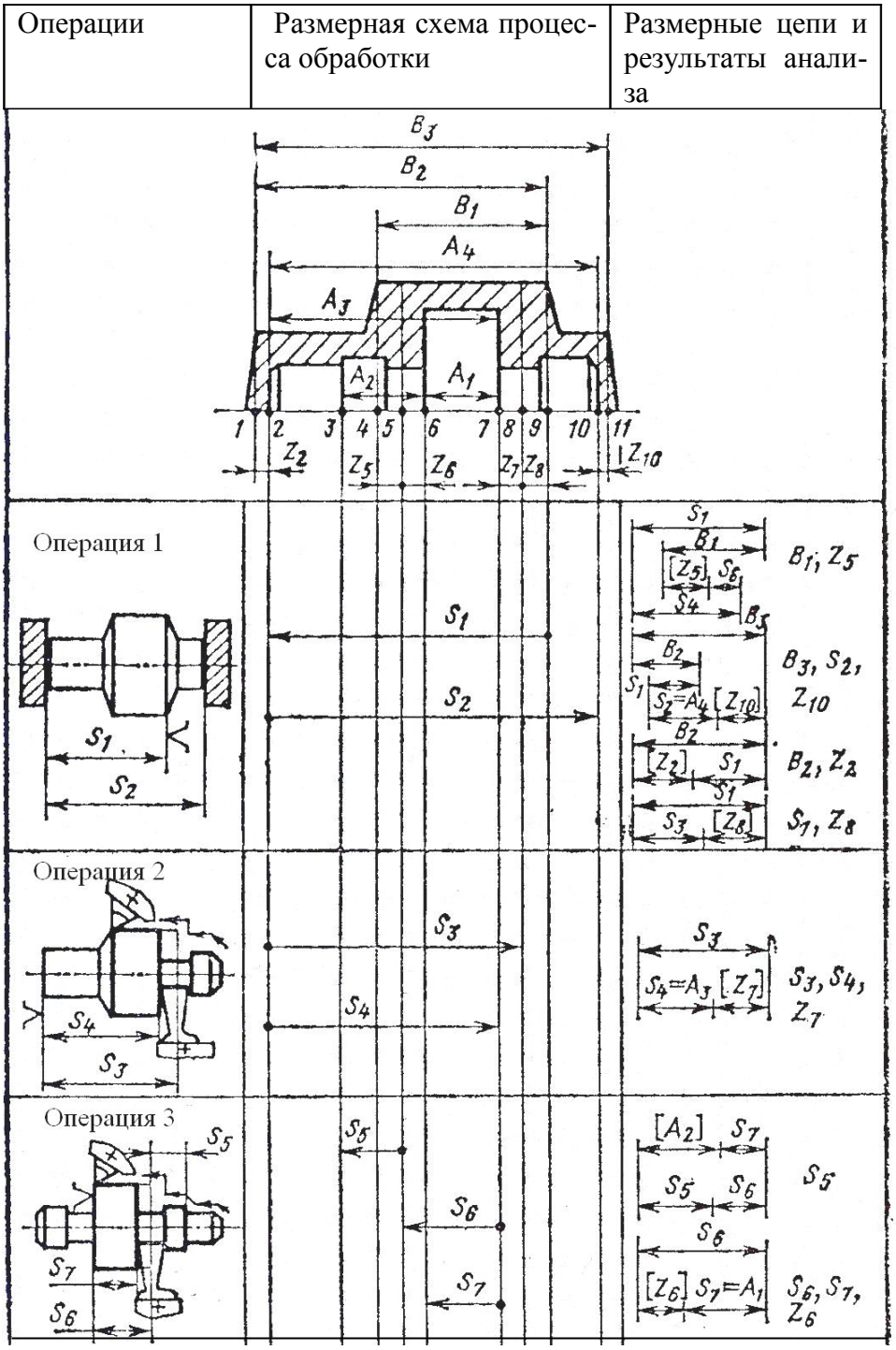
Построение, расчет и анализ технологических размерных цепей. При проектировании технологических процессов механической обработки заготовок чаще всего возникают задачи по правильному и обоснованному определению операционных размеров и допусков на них. Они могут быть решены с помощью размерного анализа [27].

Обычно допуски и предельные отклонения на размеры деталей определяют исходя из расчета сборочных размерных цепей. Это предопределяет последовательность обработки отдельных поверхностей, которая не всегда может быть выполнена при обработке заготовок на настроенных станках, поскольку технологические базы могут не совпадать с конструкторскими [25]. Возникает необходимость устанавливать на основе выявления и расчета размерных цепей технологические размеры для выполнения отдельных операций и переходов. Однако может оказаться, что принятая последовательность обработки является неприемлемой, так как допуски на технологические размеры трудновыполнимы. В этом случае необходимо пересмотреть последовательность обработки поверхностей заготовок.

Размерный анализ технологического процесса механической обработки проводится в следующем порядке (рис. 4.12). Вычерчивают совмещенный эскиз детали и заготовки (в одной или нескольких проекциях), на котором указывают размеры детали A_i с допусками, заданными конструктором, и размеры заготовки B_j, подлежащие определению. В соответствии с предварительно разработанным технологическим процессом обработки заготовки на эскиз детали условно наносят припуски Z_n , где n – номер поверхности , к которой относится припуск. Все поверхности заготовки и детали нумеруют по порядку, слева направо, и через них проводят вертикальные линии. Между вертикальными линиями указывают технологические размеры S_k, получаемые в результате выполнения каждого технологического перехода (при этом точка ставится на линии, соответствующей поверхности, которая используется в качестве базовой при установке заготовки или настройки инструмента). Расчет размерных цепей начинают с последней операции, т.е. по размерной схеме снизу вверх. Для размерного анализа важно, чтобы в каждой новой цепи был неизвестен только один размер. При этом замыкающим размером (на рис. 4.12 он заключен в квадратные скобки) может быть либо припуск, либо конструкторский размер детали.

Построение технологических размерных цепей рекомендуется проводить при помощи графов. Порядок построения графа технологических размерных цепей (рис. 4.13) следующий. Вначале строят производное дерево, затем исходное и после этого производят совме-

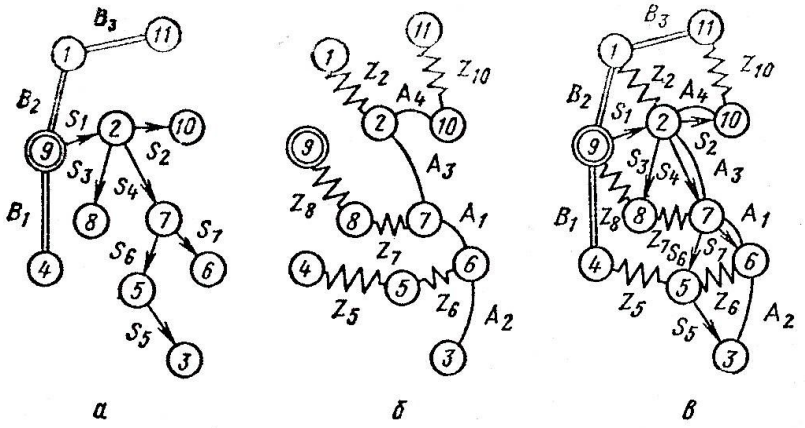
щение деревьев. Для построения производного дерева в качестве корня (вершины) следует выбирать поверхность, от которой начинается обработка заготовки (в рассматриваемом примере в качестве вершины графа принята поверхность 9). Такую вершину вычерчивают в виде двойного кружка и из него проводят ребра, соответствующие выполняемым от этой вершины размерам (см. рис. 4.12).



Р и с. 4.12. Размерная схема процесса механической обработки

На ориентированных концах этих ребер указывают в виде кружков вершины (поверхности), в которые они упираются стрелками. Ребра производного дерева, изображающие размеры заготовки, можно не ориентировать (на рис. 4.12 они выполнены в виде двойных линий). Аналогичным образом строится исходное дерево, ребра которого изображают неориентированными в виде дуг (конструкторские размеры) и ломаных линий (припуски на обработки)

Любой замкнутый контур совмещенного графа образует размерную цепь, у которой ребро исходного дерева является замыкающим звеном, а ребра производного дерева— составляющими звеньями.



Р и с. 4.13. График размерных связей процесса механической обработки: *а* – производное дерево*; б* –исходное дерево*;* *в* – совмещенный граф.

Технологическая размерная цепь, таким образом, представляет собой совокупность размеров, образующих замкнутый контур и определяющих взаимное расположение поверхностей (или осей) заготовки Замкнутость размерной цепи приводит к тому, что на размеры, входящие в размерную цепь, не могут назначаться независимо допуски и отклонения. Любая технологическая размерная цепь (см. рис. 4.12 и 4.13) имеет одно замыкающее звено и два или более составляющих (увеличивающих или уменьшающих) звеньев. В процессе обработки заготовки замыкающее звено получается последним.

Решение о том, какое звено размерной цепи является замыкающим, может быть принято лишь на основе размерного анализа технологического процесса обработки заготовки.

Технологические размерные цепи решают методами полной и неполной взаимозаменяемости.

При решении прямой задачи, когда по параметрам замыкающего звена (номинальное значение, верхнее и нижнее отклонения и т. п.)

требуется определить параметры составляющих звеньев, для упрощения определения допусков на составляющие размеры (за исключением одного из них) рекомендуется определять среднюю точность по квалитету составляющих звеньев в числах единиц допуска a_0 [27 с. 107] в зависимости от значения допуска замыкающего звена $T_{A\Delta}$, мкм:

при методе полной взаимозаменяемости

$$a_c = \frac{T_{A\Delta}}{\sum_1^m |\xi_{Ai}| i_{Ai}}, \qquad (4.1)$$

где m – число составляющих (увеличивающих и уменьшающих) звеньев, ξ_{Ai} - передаточное отношение, роль которого выполняют тригонометрические функции, используемые при проектировании составляющих звеньев на направление замыкающего звена (для цепей с параллельными звеньями ξ_{Ai} =+1 – для увеличивающих звеньев и ξ_{Ai} =-1 – для уменьшающих звеньев), i_{Ai} - значение единицы допуска для диапазона размеров, которому принадлежит увеличивающий или уменьшающий размер цепи [27,с. 34,107];

при методе неполной взаимозаменяемости

$$a_c = \frac{T_{A\Delta}}{t\sqrt{\sum_1^m \xi_{Ai}^2 \lambda_{Ai}^2 i_{Ai}^2}}, \qquad (4.2)$$

где t – коэффициент риска, значение которого принимается в зависимости от процента риска P, процента выхода размера замыкающего звена за пределы его допуска [27, с.16], λ_{Ai}^2 - коэффициент относительного рассеяния размеров цепи ($\lambda_{Ai}^2 = \frac{1}{9}$ - для нормального закона, $\lambda_{Ai}^2 = \frac{1}{6}$ - для закона Симпсона; $\lambda_{Ai}^2 = \frac{1}{3}$ - для закона равной вероятности).

Некоторые особенности имеет методика расчета размерных цепей, у которых замыкающим звеном является припуск на обработку. Вначале табличным способом или
расчетом определяют его минимальную величину Z_{min}. Затем определяют значение наименьшего предельного размера увеличивающего звена S_{gmin} или наибольшего предельного размера уменьшающего звена S_{lmax}.

$$Z_{\min} = \sum_1^{n_g} S_{g\min} - \sum_1^{n_l} S_{l\max}, \qquad (4.3)$$

где n_g и n_l – соответственно число увеличивающих и уменьшающих звеньев.

После этого для данного звена устанавливают допуск, назначают предельные отклонения(верхнее *EsS* и нижнее *EiS*) и определяют его номинальный размер

$$S_g = S_{g\min} - EiS \tag{4.4}$$

или

$$S_l = S_{l\max} - EsS \tag{4.5}$$

Далее определяют номинальный размер припуска Z и его наибольшее значение Z_{max}:

$$Z = \sum_1^{n_g} S_g - \sum^{n_l} S_l ; \tag{4.6}$$

$$Z_{\max} = \sum_1^{n_g} S_{g\max} - \sum^{n_l} S_{l\min} . \tag{4.7}$$

Находят верхнее *EsZ* и нижнее *EiZ* предельные отклонения припуска:

$$EsZ = Z_{\max} - Z ; \tag{4.8}$$

$$EiZ = Z_{\min} - Z . \tag{4.9}$$

Правильность расчетов проверяют по уравнениям

$$\begin{aligned} EsZ &= \sum_1^{n_g} EsS_g - \sum_1^{n_l} EiS_l ; \\ EiZ &= \sum_1^{n_g} EiS_g - \sum_1^{n_g} EsS_l . \end{aligned} \tag{4.10}$$

На практике возможны следующие задачи по построению, расчету и анализу технологических размерных цепей:

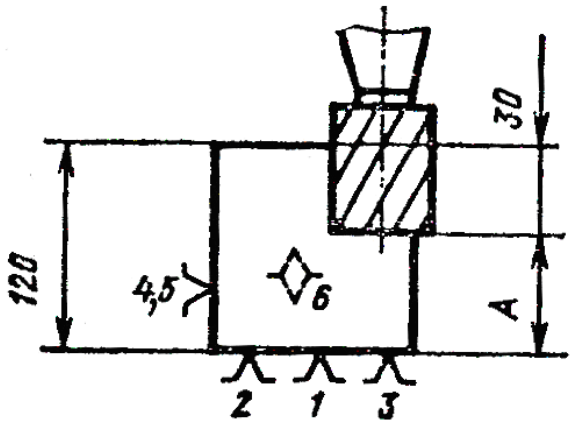
определение параметров (номинального размера, допуска, верхнего и нижнего отклонений) замыкающего звена (обратная задача);

определение параметров одного из составляющих звеньев (прямая задача);

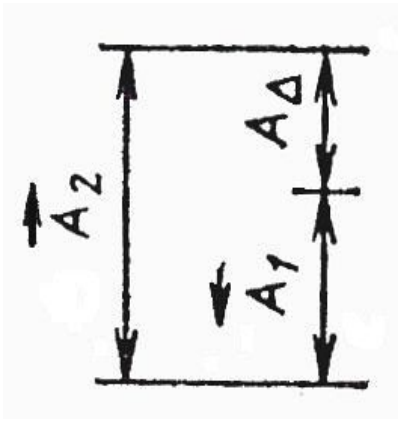
проведение размерного анализа технологических процессов обработки заготовок резанием.

Рассмотрим пример.

Задача. Установить допуск и подобрать отклонения на операционный размер 120 мм (рис. 4.13) в соответствии с ГОСТ 25347-82, если размер 30 мм задан с отклонениями ±0,065.



Р и с. 14. Схема механической обработки заготовки



Р и с. 15. Схема размерной цепи

$\vec{A}_1$ - уменьшающий размер;
$\vec{A}_2$ - увеличивающий размер

Решение. Составим схему размерной цепи (рис. 15). В данном случае

$$T_{A_\Delta} \neq T_{A_1} + T_A; \quad 0{,}13 \neq T_{A_1} + 0{,}14.$$

Требуется по заданному допуску и отклонениям замыкающего звена определить допуски, верхние и нижние отклонения составляющих звеньев.

Допуски на составляющие размеры обычно (особенно при небольшом числе звеньев в размерной цепи) назначают методом подбора, используя значения, приведенные в ГОСТ 25347-82. Средняя точность по квалитету составляющих звеньев может быть определена по уравнению (4.1):

$$a_c = \frac{130}{i_{A_1} + i_{A_2}} = \frac{130}{2{,}17 + 2{,}17} = 29{,}95.$$

Значения единиц допуска i_{Ai} для размеров A_1=90мм и A_2=120мм, а также среднюю точность по квалитету находим по [27, с. 34,107].Принимаем ближайшее меньшее табличное значение a_c=25, которому соответствует точность 8-го квалитета. В таком случае

$$T_{A_1} = T_{A_2} = 0{,}054 \quad \text{и} \quad T_{A_\Delta} = T_{A_1} + T_{A_2} = 0{,}054 = 0{,}054 = 0{,}108 < 0{,}13,$$

т.е. заданная точность замыкающего звена обеспечивается с некоторым запасом:

$$k = T_{A_{\Delta\,ЗАД}} / T_{A_{\Delta\,ФАКТ}} = 0{,}13/0{,}108 = 1{,}2,$$

где $T_{A_{\Delta\,ЗАД}}$ и $T_{A_{\Delta\,ФАКТ}}$ - соответственно заданное и фактически обеспечиваемое значения допуска замыкающего звена. Следует стремиться при назначении допусков на составляющие звенья к тому, чтобы $k = 1$.

Вполне приемлемым является вариант, когда допуск на составляющие звенья выполняют с точностью по разным квалитетам, учитывая трудность выполнения того или иного размера при обработке. В данном случае можно принять $T_{A_1} = 0{,}087$ (точность по 9-му квалитету) и $T_{A_2} = 0{,}035$ (точность по 7-му квалитету). Тогда

$$T_{A_\Delta} = T_{A_1} + T_{A_2} = 0{,}087 + 0{,}035 = 0{,}122 мм;$$
$$k = 0{,}13/0{,}122 = 1{,}07.$$

Поскольку на операционный размер предстоит подобрать отклонения в соответствии с ГОСТ 25347-82, допуск на него определим из уравнения

$$0{,}13 = T_{A_1} + 0{,}035; \quad T_{A_1} = 0{,}095 мм.$$

Очевидно, A_2=$120_{-0{,}035}$ и координата середины поля допуска на размер A_2 $E_C A_2$=-0,0175. Определим координату середины поля допуска на размер A_1:

$$E_C A_\Delta = -E_C A_1 + E_C A_2,$$
$$0 = -E_C A_1 + (-0{,}0175),\ E_C A_1 = -0{,}0175.$$

Тогда верхнее и нижнее отклонения на размер A_1

$$EsA_1 = -0{,}0175 + \frac{1}{2}0{,}095 = 0{,}03 мм;$$
$$EiA_1 = -0{,}0175 - \frac{1}{2}0{,}095 = -0{,}065 мм.$$

Наиболее подходящими отклонениями (по ГОСТ 25347-82) на размер A_1=90 мм являются $EsA_1 = 0$ и $EiA_1 = -0{,}054 мм$ (8-й квалитет).

В таком случае фактическое значение координаты середины поля допуска замыкающего звена

$$EsA_{\Delta\,факт} = -EcA_1 + EcA_2 = -(-0{,}027) + (0{,}0175) = 0{,}0095 мм.$$

Верхние и нижние отклонения на размер A_Δ=30мм

$$EsA_{\Delta\,факт} = 0{,}0095 + \frac{1}{2}(0{,}054 + 0{,}035) = 0{,}054 мм;$$
$$EiA_{\Delta\,факт} = 0{,}0095 - \frac{1}{2}(0{,}054 + 0{,}035) = -0{,}035 мм,$$

т.е. находятся внутри заданного поля допуска.

4.12 Разработка маршрутной технологии. Построение операций [4]. При разработке маршрута механической обработки детали следует учитывать, что на первой технологической операции необходимо обработать те поверхности, которые будут в дальнейшем использоваться в качестве технологических баз. В первую очередь необходимо также обработать те поверхности, на которых могут обнаружиться пороки заготовки (раковины, трещины, рыхлоты и т.д.), чтобы не затрачивать понапрасну труд на обработку остальных поверхностей.

Дальнейшую последовательность обработки устанавливают в зависимости от требуемой точности. Чем точнее поверхность, тем

позднее она должна обрабатываться, так как обработка последующей поверхности может вызвать погрешности ранее обработанной. Это происходит из-за перераспределения внутренних напряжений, деформаций детали после снятия каждого нового слоя металла.

Последними должны обрабатываться наиболее точные поверхности, а также поверхности с наименьшими шероховатостью и волнистостью.

Процесс механической обработки должен укладываться в следующие этапы.

1. Обработка поверхностей, образующих установочные базы для всех последующих операций.
2. Черновая обработка основных поверхностей детали.
3. Чистовая обработка основных поверхностей детали.
4. Черновая и чистовая обработка второстепенных поверхностей.
5. Термическая обработка детали, если она предусмотрена чертежом и техническими требованиями.
6. Выполнение второстепенных операций, связанных с термической обработкой.
7. Выполнение отделочных операций основных поверхностей.
8. Выполнение доводочных операций основных поверхностей.

Формирование операций для поточных видов производства должно быть подчинено получению трудоёмкости каждой операции равной или кратной такту.

Станкоёмкость каждой операции по возможности должна быть равна или кратна такту для лучшего использования оборудования во времени.

Переходы, в которых удельный вес машинного времени достаточно велик, следует формировать в операции с расчётом возможности обслуживания одним рабочим нескольких станков или даже различных видов оборудования.

При большой программе выпуска экономично использовать наиболее производительные виды оборудования с максимальной концентрацией переходов в одной операции и максимальным совмещением их во времени. Здесь уместны три «много»: многоместная, многоинструментальная, многопозиционная обработка.

С уменьшением количества деталей формирование операций ведут путём включения в них переходов, при помощи которых решаются аналогичные задачи у разных деталей.

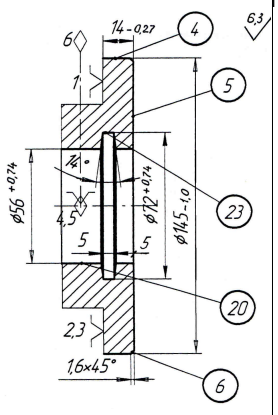
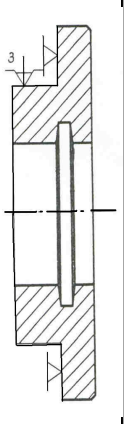
При формировании операций в условиях действующего завода необходимо учитывать возможности имеющегося оборудования, перспективы его модернизации, замены или пополнения новым.

Из сформированных операций составляют технологический маршрут обработки детали. При этом необходимо в самых широких пределах использовать типовые технологические процессы, опыт предприятий, справочную и периодическую литературу.

Пример заполнения карты маршрутно-операционного технологического процесса представлен в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Маршрутно-операционная карта технологического процесса

Номер операции	Наименование операции	Уст. поз.	Номер перехода	Наименование перехода	Оборудование	Режущий инструмент	Приспособление	Схемы	
								базирования	установки
005	Токарно-винторезная	1	1 2 3 4 5	Обтачивание ч/н 5 Обтачивание ч/н 4 Обтачивание ч/н 6 Растачивание ч/н 20 Растачивание ч/н 23	Токарно – винторезный станок 1А620	Резец подрезной ГОСТ… Резец проходной ГОСТ… Резец подрезной ГОСТ… Резец расточной ГОСТ… Резец. фасонный ГОСТ…			
010									
…									
110									

Каждая графа таблицы должна быть заполнена с полным содержанием переходов, названием модели технологического оборудования, режущего инструмента, с указанием марки инструментального материала и типа резца.

На схеме базирования должны быть проставлены размеры обработки и размеры от баз с предельными отклонениями, номера обрабатываемых поверхностей, указана шероховатость поверхности после обработки.

4.13 Выбор оборудования и средств технологического оснащения.

4.13.1. Выбор станочного оборудования (табл. П28) является одной из важнейших задач при разработке технологического процесса механической обработки заготовки. От правильного его выбора зависит производительность изготовления детали, экономное использование производственных площадей, механизации и автоматизации ручного труда, электроэнергии и в итоге себестоимость изделия.

В зависимости от объёма выпуска изделий выбирают станки по степени специализации и высокой производительности, а также станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

Выбор каждого вида станка должен быть экономически обоснован. Производится расчёт технико-экономического сравнения обработки данной операции на разных станках. При заданном объёме выпуска изделий необходимо принимать ту модель станка, которая обеспечивает наименьшие трудовые и материальные затраты, а также себестоимость обработки заготовки. При выборе необходимо дать краткое описание моделей станков, применяемых в технологическом процессе, указать предпочтение выбранной модели станка по сравнению с другими аналогичными.

Характеризуя выбранные модели станка, можно ограничиваться краткой их технической характеристикой. Если выбранные станки специальные, агрегатные или специализированные, то следует описать их принципиальную схему.

При выборе станочного оборудования необходимо учитывать следующее:

характер производства;

методы достижения заданной точности при обработке;

необходимую сменную (или часовую) производительность;

соответствие станка размерам детали;

мощность станка;

удобство управления и обслуживания станка;

габаритные размеры и стоимость станка;

возможность оснащения станка высокопроизводительными приспособлениями и средствами автоматизации и механизации;

кинематические данные станка (диапазоны подачи, частота вращения шпинделя и т.д.).

При выборе станочного оборудования необходимо также учитывать современные достижения отечественного станкостроения.

4.13.2. Выбор приспособления. При разработке технологического процесса механической обработки заготовки необходимо правильно выбрать приспособления, которые должны способствовать повышению производительности труда, ликвидации предварительной разметки заготовки и выверки их при установке на станке.

Применение станочных приспособлений и вспомогательных инструментов при обработке заготовок даёт ряд преимуществ:

повышает качество и точность обработки деталей;

сокращает трудоёмкость обработки заготовок за счёт резкого уменьшения времени, затрачиваемого на установку, выверку и закрепление;

расширяет технологические возможности станков;

создаёт возможность одновременной обработки нескольких заготовок, закреплённых в общем приспособлении.

Выбор станочного приспособления должен быть основан на анализе затрат на реализацию технологического процесса в установленный промежуток времени при заданном числе заготовок. Правила выбора технологической оснастки (ГОСТ 14.305-78) предусматривает шесть систем технологической оснастки, которые предназначены для выполнения различных видов работ в зависимости от типа производства.

К системам технологической оснастки относятся следующие [22]:

системы неразборной специальной оснастки (НСО);

системы универсально-наладочные оснастки (УНО);

системы универсально-сборной оснастки (УСО);

системы сборно-разборной оснастки (СРО);

системы универсально - безналадочной оснастки (УБО);

системы специализированной наладочной оснастки (СНО).

4.13.3. Выбор режущего инструмента (табл. П17)**.** При разработке технологического процесса механической обработки заготовки выбор режущего инструмента, его вида, конструкции и размеров в значительной мере предопределяется методами обработки, свойствами об-

рабатываемого материала, требуемой точностью обработки и качеством обрабатываемой поверхности заготовки.

При выборе режущего инструмента необходимо стремиться принимать стандартный инструмент, но, когда целесообразно, следует применять специальный, комбинированный, фасонный инструмент, позволяющий совмещать обработку нескольких поверхностей.

Правильный выбор режущей части инструмента имеет большое значение для повышения производительности и снижения себестоимости обработки. Для обработки стали рекомендуется применять инструмент, режущая часть которого изготовлена из титановольфрамовых твёрдых сплавов (Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т15К6Т, Т30К4), быстрорежущих инструментальных сталей (Р18, Р9, Р9Ф4, Р14Ф4), вольфрамовых твёрдых сплавов (ВК2, ВК3М, ВК4, ВК8) и др. Для обработки чугуна, цветных металлов и неметаллических материалов используют инструмент из вольфрамовых твёрдых сплавов. Выбор материала для режущего инструмента зависит от формы и размеров инструмента, материала обрабатываемой заготовки, режимов резания и типа производства.

Режущий инструмент необходимо выбирать по соответствующим стандартам и справочной литературе в зависимости от методов обработки деталей.

Если технологические особенности детали не ограничивают применение высоких скоростей резания, то следует применять высокопроизводительные конструкции режущего инструмента, оснащённого твёрдым сплавом, так как практика показала, что это экономически выгодней, чем применение быстрорежущих инструментов. Особенно это распространяется на резцы (кроме фасонных, малой ширины, автоматных), фрезы, зенкеры, конструкции которых оснащены твёрдым сплавом и хорошо отработаны.

В пояснительной записке необходимо сделать анализ выбранного режущего инструмента на операцию или переход.

При выборе режущего инструмента необходимо руководствоваться данными работы [8]. Рекомендации по выбору абразивного инструмента даны в ГОСТ 3647-71 и технической литературе [8].

4.13.4. Выбор методов контроля. Метод контроля должен способствовать повышению производительности труда контролёра и станочника, создавать условия для улучшения качества выпускаемой продукции и снижения её себестоимости.

В единичном и серийном производствах обычно применяется универсальный измерительный инструмент (штангенциркуль, штангенглубинометр, микрометр, угломер, индикатор и т. д.).

В массовом и крупносерийном производствах рекомендуется применять предельные калибры (скобы, пробки, шаблоны и т. п.) и методы активного контроля, которые получили широкое распространение во многих отраслях машиностроения.

В пояснительной записке необходимо дать объяснение применяемого метода контроля и краткую техническую характеристику измерительного инструмента или контрольного приспособления на данную технологическую операцию.

4.14 Выбор и расчет припусков и межоперационных размеров. Величина припуска влияет на себестоимость изготовления детали. При увеличенном припуске повышаются затраты труда, расход материала и другие производственные расходы, а при уменьшенном приходится повышать точность заготовки, что также увеличивает стоимость изготовления детали.

Обычно в заготовках, полученных методом литья, могут содержаться раковины, песочные включения, а в штампованных заготовках имеются обезуглероженный слой, микротрещины и другие дефекты.

Дефектный слой чугунных отливок по деревянным моделям составляет 1-6 мм, у поковок - 0,5-1,5 мм и у горячекатаного проката - 0,5-1,0 мм. Для более точного определения припуска на обработку и предотвращения перерасхода материала применяют аналитический метод для каждого конкретного случая с учётом всех требований выполнения заготовок и промежуточных операций.

Для получения деталей более высокого качества необходимо при каждом технологическом переходе механической обработки заготовки предусматривать производственные погрешности, характеризующие отклонения размеров, геометрические отклонения формы поверхности, микронеровности, отклонения расположения поверхностей. Все эти отклонения должны находиться в пределах поля допуска на размер поверхности заготовки.

Аналитический метод определения припусков базируется на анализе производственных погрешностей, возникающих при конкретных условиях обработки заготовки.

Величина промежуточного припуска [6,8,10] для плоских поверхностей заготовки

$$Z_{i\min} = (R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\sum i-1} + \varepsilon_i \ ; \qquad (4.11)$$

для поверхностей типа тел вращения (наружных и внутренних)

$$2Z_{\min} = 2[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta^2_{\sum i-1} + \varepsilon^2_i})], \quad (4.12)$$

где Rz – высота микронеровностей поверхности, оставшихся при выполнении предшествующего технологического перехода, мкм; h – глубина дефектного поверхностного слоя, оставшегося при выполнении предшествующего технологического перехода, мкм; Δ_o – суммарные отклонения расположения, возникшие на предшествующем технологическом переходе, мкм; ε_y – величина погрешностей установки заготовки при выполняемом технологическом переходе, мкм.

Отклонения при чистовой обработке обычно исключают при расчётах из-за их малой величины. Отклонения и погрешности в установке определяют в каждом конкретном случае в зависимости от метода получения заготовки.

Максимальный припуск на обработку поверхности заготовки:

для плоских поверхностей

$$z_{\max} = z_{\min} + \delta_п - \delta_в;$$

для поверхностей типа тел вращения

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + \delta_{Dп} - \delta_{Dв},$$

где $\delta_п$ и $\delta_{Dп}$ - допуск на размер на предшествующем переходе, мм;

$\delta_в$ и $\delta_{Dв}$ - допуск на размер на выполняемом переходе, мм.

Допуски и шероховатость поверхности на окончательных технологических переходах (операциях) принимают по рабочему чертежу.

Для удобства распределения промежуточных припусков перед их расчётом исходные и расчётные данные по каждой операции на конкретную обрабатываемую поверхность в технологической последовательности заносят в таблицу [6,8] (см. табл. 4.8).

Таблицу рекомендуется заполнять в такой последовательности:

в графу «Заготовка и технологическая операция» записывают вид заготовки и операции, установленные на данную обрабатываемую поверхность в технологической последовательности;

в графу «Точность заготовки и обрабатываемых поверхностей» записывают степень точности выбранной заготовки и квалитет на промежуточные размеры без предельных отклонений;

в графу «Элементы припусков» заносят величину микронеровностей R_z и глубину дефектного поверхностного слоя T на заготовку и на все опе-

рации в технологической последовательности в зависимости от метода обработки, а величину погрешностей установки заготовки на выполняемой операции определяют по таблице или производят расчёт по формуле;

суммарное значение отклонений ρ рассчитывают аналитическим методом и значения расчёта заносят в графу таблицы;

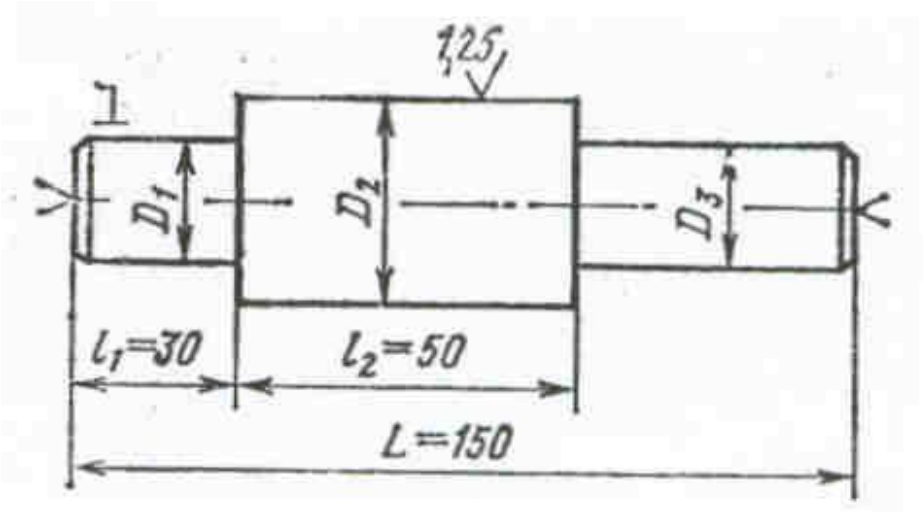
в графу «Допуски на размер» заносят значения допуска на заготовку и промежуточные размеры согласно степени точности заготовки и квалитету, установленным на размер по каждой операции.

Остальные значения промежуточных припусков и размеров вносят в таблицу после расчётов.

Графы промежуточных размеров D_{min} и D_{max} определяют и заполняют от окончательных промежуточных размеров до размеров заготовки.

Ниже приведен пример расчёта припуска на обработку.

Задача. Трёхступенчатый вал (сталь 45) изготовляют из штампованной заготовки (рис. 4.16). Масса заготовки 2 кг. Токарной операции предшествовала операция фрезерно-центровальная, в результате которой были профрезерованны торцы и зацентрированны отверстия. Базирование заготовки при фрезерно-центровальной операции осуществлялось по поверхностям D_1 и D_3 (D_1=D_3=25 мм). Шейка вала диаметром D_2 ступени имеет диаметр $55h6_{(-0,02)}$. Рассчитать промежуточные припуски для обработки шейки D_2- пов. 5 аналитическим методом. Рассчитать промежуточные размеры для выполнения каждого перехода.



Р и с. 4.16. Эскиз ступенчатого вала.

Решение. Соответственно заданным условиям устанавливаем маршрут обработки ступени D_2 [8, с.8-9, табл. 4]:

черновое обтачивание;

чистовое обтачивание;

предварительное шлифование;

окончательное шлифование.

Таблица 4.8

Результаты расчёта припусков на обработку и предельных размеров

по технологическим переходам

Маршрут обработки поверхности диаметром D_2	Элементы припуска, мкм				Расчетные величины		Допуск на выполняемые размеры, мкм	Принятые (округленные) размеры заготовки по переходам, мм		Предельный припуск, мкм	
	R_z	T	ρ	ε	припуск Z_i, мкм	минимального диаметра		наибольшие	наименьшие	Z_{max}	Z_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штамповка	160	200	500	-	-	ø57,122	2000	ø 59	ø 57	-	-
Точение											
черновое	50	50	30	0	1720	ø 55,402	400	ø 55,8	ø 55,4	3,2	1,6
чистовое	25	25	1,2	0	260	ø 55,142	120	ø 55,27	ø 55,15	0,53	0,25
Шлифование											
предварительное	10	20	0	0	102	ø 55,04	60	ø 55,1	ø 55,04	0,17	0,11
окончательное	-	-	-	-	60	ø 54,98	20				

Вся указанная обработка выполняется с установкой заготовки в центрах.

Заносим маршрут обработки в графу 1 (см. табл. 4.8) Данные для заполнения граф 2, 3 для штампованной заготовки взяты из [8, с. 186, табл. 12], для механической обработки – из [8, с. 188, табл. 25]. Данные графы 8 для заготовки взяты из [10, с. 245, табл. 47], а данные для обработки резанием – из [8, с. 8, табл. 4].

Расчёт отклонений расположения поверхностей следующей.

Величину отклонений Δ_E для штампованной заготовки при обработки в центрах определяют по [8, с. 187, табл. 18]:

$$\Delta_E = \sqrt{\Delta_{E^к}^2 + \Delta_y^2} = \sqrt{24^2 + 500^2} = 500 мкм,$$

где $\Delta_{E_к}$ - общее отклонение оси от прямолинейности;

$$\Delta_{E_к} = 2\Delta_K l_K = 2 \cdot 0{,}15 \cdot 80 = 24 мкм$$

Здесь l_k – размер от сечения, для которого определяется кривизна до торца заготовки, равный $(l_k=l_1+l_2)$ для рассматриваемого случая l_1+l_2=80 мм; $\rho_к$ - удельная кривизна, мкм на 1 мм длины (в маршруте предусмотрена правка заготовки на

прессе, после которой $\rho_к$=0,15 мкм/мм) [8, с.186, табл. 16]. Средний диаметр заготовки нужно знать для выбора величины $\Delta_к$. Он определяется как

$$D_{CP} = \frac{D_1 l_1 + D_2 l_2 + ... + D_n l_n}{L} = \frac{25*30 + 55*50 + 25*70}{150} = 35 мкм;$$

Δ_y - смещение оси заготовки в результате погрешности центрования,

$$\Delta_y = 0{,}25\sqrt{T^2 + 1} = 0{,}25\sqrt{1{,}8^2 + 1} = 0{,}5 мм,$$

где T=1,8 – допуск на диаметральный размер базы заготовки, использованной при центровании, мм [10, с. 245, табл. 47].

Черновое обтачивание. Величину пространственных отклонений Δ_r определяют по уравнению

$$\Delta_r = K_y \rho_E = 0{,}06 \cdot 500 = 30 мкм,$$

где $К_у$=0,06 – коэффициент уточнения [8, с. 190, табл. 29].

Чистовое обтачивание. Величина остаточных пространственных отклонений $\Delta_r = K_y \Delta_E = 0{,}04 \cdot 30 = 1{,}2 мкм,$ где $К_у$=0,04 [8, с. 190, табл. 29]. Расчётные величины расположения поверхностей заносим в графу 4 табл. 4.8.

Расчёт минимальных припусков на диаметральные размеры для каждого перехода производят по следующим уравнениям:

черновое обтачивание $2Z_i min$= 2(160+200+500)=1720 мкм;

чистовое обтачивание $2Z_i min$= 2(50+50+30)=260 мкм;

предварительное шлифование $2Z_i min$= 2(25+25+1,2)=102 мкм;

окончательное шлифование $2Z_i min$= 2(10+20)=60 мкм;

Расчётные значения припусков заносим в графу 6 табл. 4.8.

Расчёт наименьших расчётных размеров по технологическим переходам производим, складывая значения наименьших предельных размеров, соответствующих предшествующему технологическому переходу, с величиной припуска на выполняемый переход:

ø 54,98+0,06=55,0 мм;

ø 55,04+0,102=55,142 мм;

ø 55,142+0,26=55,402 мм;

ø 55,402+1,72=57,122 мм.

Наименьшие расчётные размеры заносим в графу 7 табл. 4.8. Наименьшие предельные размеры (округлённые) заносим в графу 10 табл. 4.8.

Затем определяем наибольшие предельные размеры по переходам:

ø 54,980+0,020=55 мм;

ø 55,040+0,060=55,1 мм;

ø 55,150+0,120=55,27 мм;

ø 55,400+0,400=55,8 мм;

ø 57+2=59 мм.

Результаты расчётов вносим в графу 9 табл. 4.8.

Расчёт фактических максимальных и минимальных припусков по переходам производим, вычитая соответственно значения наибольших и наименьших предельных размеров, соответствующих выполняемому и предшествующему технологическим переходам.

Максимальные припуски Минимальные припуски

ø 55,1- ø 55=0,1 мм; ø 55,0- ø 54,98=0,06 мм;
ø 55,27- ø 55,1=0,17 мм; ø 55,15-v55,04=0,11 мм;
ø 55,8- ø 55,27=0,53 мм; ø 55,4- ø 55,15=0,25 мм;
ø 59- ø 55,80=3,2 мм, ø 57- ø 55,4=1,6 мм.

Результаты расчётов заносим в графы 11 и 12 табл. 4.8.

Расчёт общих припусков производим по следующим уравнениям:
наибольшего припуска $Z_{o\,max}=\sum Z_{max}=0,1+0,17+0,53+3,2=4$ мм;
наименьшего припуска $Z_{o\,max}=\sum Z_{min}=0,06+0,11+0,25+1,6=2,02$ мм.
Проверку правильности расчётов проводим по уравнению
$Z_{o\,max} - Z_{o\,min} = 4\text{-}2,02 = T_з - T_д = 2,0\text{-}0,02 = 1,98$мм.

4.15 Выбор и расчет режимов резания. Рассчитанные или выбранные режимы резания при выполнении технологической операции должны обеспечивать требуемую точность обработки при максимальной производительности труда и минимальной себестоимости.

При выборе режимов обработки необходимо придерживаться определённого порядка, т. е. при назначении и расчёте режима обработки учитывают тип и размеры режущего инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип оборудования и его состояние. Следует помнить, что элементы режимов обработки находятся во взаимной функциональной зависимости, устанавливаемой эмпирическими формулами.

При расчёте режимов резания сначала устанавливают глубину резания в миллиметрах. Глубину резания назначают по возможности наибольшую, в зависимости от требуемой степени точности, шероховатости обрабатываемой поверхности и технических требований на изготовление детали. После установления глубины резания устанавливается подача станка. Подачу назначают максимально возможную с учётом погрешности обработки жёсткости технологической системы, мощности привода станка, степени точности и качества обрабатываемой поверхности по нормативным таблицам. Величину подачи согласовывают с паспортными данными станка. От правильно выбранной подачи во многом зависят точность и качество обработки и производительность труда. Для черновых технологических операций назначают максимально допустимую подачу.

После установления глубины резания и подачи определяют скорость резания по эмпирическим формулам с учётом жёсткости технологической системы.

Аналитический расчёт режимов резания производится с учётом необходимых поправочных коэффициентов на две технологические операции.

Для остальных операций технологического процесса механической обработки детали режимы резания определяются по табличным нормативам соответствующей учебной и справочной литературы.

Особенностью расчета режимов резания при многоинструментных наладках является необходимость согласования работы отдельных позиций, шпинделей, суппортов и отдельных инструментов между собой с подчинением расчета общему кинематическому параметру или времени обработки. Общими параметрами при точении на одношпиндельных многорезцовых станках являются общая для всех инструментов одного суппорта подача на оборот и общая частота вращения шпинделя станка; при обработке многошпиндельными сверлильными головками – одинаковая минутная подача всех инструментов, при работе на многошпиндельных станках – время обработки.

После назначения режимов резания необходимо провести проверку станка на мощность. Потребная мощность для резания не должна превышать фактической мощности электродвигателя станка. При недостаточной мощности привода станка рекомендуется уменьшить скорость резания или перенести обработку на более мощное оборудование.

При выполнении курсового проекта (работы) подробный расчет режимов резания, как правило, приводится в расчетно-пояснительной записке на три разнотипных операции. При использовании для обработки заготовки станков с ЧПУ, по согласованию с руководителем проекта, количество операций с подробным расчетом режимов резания может быть уменьшено. Методика расчета режимов резания при обработке на станках различных типов достаточно подробно изложена в технической литературе [8, 25, 31]. На остальные операции технологического процесса режимы резания могут быть назначены по нормативам и сведены в таблицу без подробного пояснения.

Применение смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) при резании в основном определяется видом обработки, а также характеристикой конструкционных и инструментальных материалов. Рекомендации по выбору СОЖ при механической обработке приведены в справочниках.

Режимы резания целесообразно рассчитывать на те технологические операции, в которые внесены изменения по сравнению с базовым вариантом технологического процесса. Назначенные режимы резания и последующее нормирование этих операций дают возможность экономического анализа вариантов операций.

4.16 Техническое нормирование. Под техническим нормированием понимается установление нормы времени на выполнение определенной работы. Техническая норма времени, определяющая затраты времени на обработку (сборку), служит основой для оплаты работы, калькуляции себестоимости детали и изделия. На основе технических норм времени рассчитываются длительность производственного цикла, необходимое количество станков, инструментов и рабочих, определяется производственная мощность цехов или участков. Норма времени является одним из основных факторов для оценки совершенства технологического процесса и выбора наиболее прогрессивного варианта обработки заготовки.

При выполнении курсового проекта все операции механической обработки, для которых рассчитывались или выбирались режимы резания, обязательно подлежат техническому нормированию. При этом для трех разнотипных операций выполняется подробный поэлементный расчет штучного или штучно-калькуляционного времени, который приводится в расчетно-пояснительной записке. Для остальных операций рассчитанные нормы времени, без подробного пояснения, оформляются в таблицах расчетно-пояснительной записки и заносятся в операционные и маршрутные карты технологического процесса.

В единичном, мелкосерийном и среднесерийном производствах определяется норма штучно-калькуляционного времени ($t_{ш-к}$), а в массовом и крупносерийном – норма штучного времени ($t_{шт}$):

$$t_{ш-к} = t_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n}; \qquad (4.13)$$

$$t_{шт} = t_{о} + t_{в} + t_{об} + t_{от}, \qquad (4.14)$$

где $T_{п-з}$ - подготовительно-заключительное время, определяемое на партию деталей, мин; $t_{о}$ - основное время, рассчитываемое для каждой операции на основании назначенных режимов резания, мин; $t_{в}$ - вспомогательное время, определяемое по нормативам, мин; $t_{об}$ - время на обслуживание рабочего места, мин; $t_{от}$ - время перерывов на отдых и личные физические потребности человека, мин.

Подготовительно-заключительное время ($T_{п-з}$) включает время на ознакомление рабочего с работой и на чтение чертежа; время на подготовку рабочего места, настройку станка, инструмента и приспособления для обработки заданной партии деталей; время на пробную обработку заготовок; время на снятие инструмента и приспособления со станка по окончании обработки данной партии деталей. Для определения величины подготовительно-заключительного времени при работе на станках с ручным управлением можно воспользоваться общемашиностроитель-

ными нормативами времени или технической литературой [6,14]. Подготовительно-заключительное время при работе на станках с ЧПУ, оснащенных устройством автоматической смены режущих инструментов, включает время на получение и изучение технологической документации, которое для всех моделей станков с ЧПУ принимается равным 12 мин; время на ввод управляющей программы с пульта оператора, равное примерно 25 мин, и привязку инструментов к системе координат станка (около 20 мин); время, необходимое для проверки управляющей программы в покадровом режиме (примерно 10 мин). Кроме того, в подготовительно-заключительное время, как и при работе на станках с ручным управлением, включается время на получение и сдачу инструментов, приспособлений, а также время на обработку пробных деталей. Ориентировочно величину $T_{п-з}$ при работе на станках с ЧПУ можно определить из технической литературы.

Основное время t_o затрачивается на непосредственное изменение размеров, формы и качества обрабатываемой заготовки или на соединение деталей при сборке. Основное время может быть машинным, если процесс обработки совершается только станком, без непосредственного участия рабочего, и машинно-ручным или ручным, если процесс обработки ведется при непосредственном управлении инструментом или перемещении детали рукой рабочего. Расчет основного времени производится по формулам, установленным на основании кинематики используемого метода обработки и выбранных режимов резания, приведенных в литературе [14]. В некоторых случаях допускается принимать основное время по данным хронометража. Как правило, это имеет место при закруглении или притирке зубьев зубчатых колец, зубострогании, круговом протягивании зубьев, суперфинишировании и внутреннем бесцентровом шлифовании.

При определении основного времени многоинструментальных работ и работ на многошпиндельных станках допускается введение корректирования (в сторону уменьшения) режимов резания для нелимитирующих по продолжительности обработки инструментов. Корректирование желательно осуществлять за счет некоторого уменьшения скорости резания. Снижение скорости на нелимитирующих инструментах значительно облегчает условия их работы и экономит время на смену или переточку. Определяя основное время, необходимо учитывать одновременность работы суппортов и не включать в расчет перекрывающиеся времена.

Вспомогательное время ($t_в$) затрачивается на различные действия, обеспечивающие выполнение основной работы. При определении ве-

личины вспомогательного времени суммируют следующие его элементы: время на установку и снятие заготовки; время на пуск и остановку станка, включение и выключение подачи, изменение частоты вращения, поворот и перемещение частей станка и приспособлений, смену инструмента, быстросменных кондукторных втулок и другие приемы, непосредственно обеспечивающие выполнение обработки; время на измерение деталей. При обработке на станках с ЧПУ вспомогательное время дополнительно может включать время на позиционирование, ускоренное перемещение рабочих органов станка, подвод и отвод режущих инструментов в зоне обработки, смену режущих инструментов. Эти составляющие вспомогательного времени зависят от скорости и длины перемещений рабочих органов, от компоновки основных элементов станка и конструкции вспомогательных устройств. Вспомогательное время может быть неперекрываемым. Если вспомогательные работы выполняют не в процессе обработки заготовки, то такое вспомогательное время называют неперекрываемым. Если же часть вспомогательных работ выполняют в процессе обработки заготовки, то эта часть вспомогательного времени называется перекрываемой. При расчете нормы штучного или штучно-калькуляционного времени учитывают лишь ту часть вспомогательного времени, которая не может быть перекрыта основным машинным временем.

Определение вспомогательного времени производится по общемашиностроительным нормативам или технической литературе [6,14].

При использовании многооперационных станков, оснащенных многопозиционными столами со сменными паллетами – спутниками, вместо времени на установку и снятие заготовки во вспомогательное время включается время на смену паллеты и перемещение стола в рабочую позицию.

Сумма основного и вспомогательного времени называется оперативным временем.

Время на обслуживание рабочего места ($t_{об}$) состоит из времени на техническое и организационное обслуживание. Время технического обслуживания затрачивается на смену затупившегося и отработавшего режущего инструмента, на правку шлифовального круга, на регулировку и подналадку станка во время работы, ввод исходных данных и коррекций в систему ЧПУ, уборку стружки из зоны резания. Время на организационное обслуживание включает затраты времени на раскладку инструмента в начале смены и уборку его в конце смены, осмотр и опробование оборудования, получение инструктажа в течение рабочего дня, смазку и чистку станка, уборку рабочего места в конце смены.

Время на обслуживание рабочего места может устанавливаться по нормативам или определяться в процентах от оперативного времени: 4-8% - для станков с ручным управлением и 6-12% - для станков с ЧПУ.

Время перерывов на отдых и личные физические потребности ($t_{от}$) зависит от массы обрабатываемой заготовки, величины оперативного времени, характера подачи (ручная или механическая), регламентируется законодательством и исчисляется в процентах к оперативному времени. Для механических цехов это время составляет 2-4% к оперативному времени.

Иногда в технической литературе задается суммарное значение времени на обслуживание рабочего места и перерывы на отдых и физические потребности, которое в зависимости от конкретных условий производства может составлять 8-14% от оперативного времени.

Необходимые данные по определению $t_в$, $t_{об}$, $t_{от}$ приведены в приложении.

Пример. Исходные данные: деталь – «Тяга» (рис. 4.17); материал – 45, $\sigma_в$ = 680 МПа; заготовка-штамповка массой 1,2 кг; оборудование – вертикально-сверлильный станок (модель 2Н125); приспособление – кондуктор с накладной кондукторной плитой и эксцентриковым зажимом; обработка – с охлаждением; размер партии - 200 шт.

Содержание операции.

Установить и снять деталь.

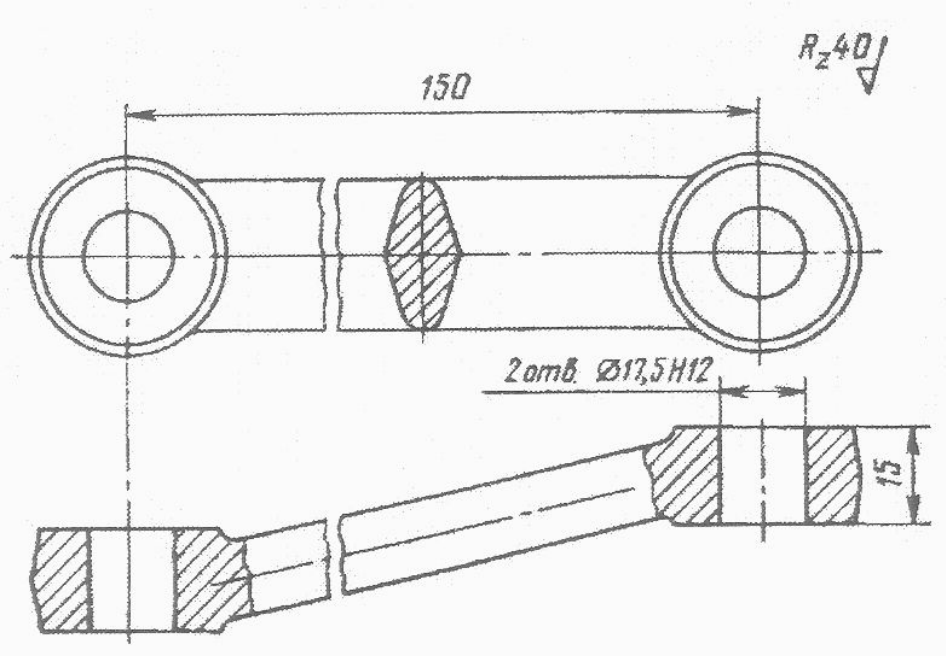
1. Сверлить два отверстия D_o = 17,5 мм. Режущий инструмент сверло D_c = 17,5 мм из стали Р18 с двойной подточкой перемычки ДП. Измерительный инструмент – штангенциркуль.

Последовательность расчета.

1. Режущий инструмент устанавливается из условия, что для сплошного сверления отверстий на проход в детали из стали 45 при нормальной жесткости технологической системы рекомендуются сверла из твердого сплава Т5К10 и из стали Р18.

Принимаем сверло из стали Р18 как наиболее распространенное.

Для сверл диаметром до 20 мм при обработке стали форма заточки двойная, с подточкой перемычки.



Р и с. 4.17. Тяга

2. Размеры обработки и расчетная глубина обработки определяются по чертежу детали. Диаметр отверстия D_o = 17,5 мм. Глубина сверления l = 15 мм. Расчетная глубина обработки определяется по формуле $L = l + l_1$, где l_1 - величина резания и перебега, равная 8 мм.

Таким образом, $L = 15 + 8 = 23$ мм.

3. Глубина резания t при сверлении в сплошном металле определяется как $t = D/2$, т.е. $t = 17{,}5/2 = 8{,}75$ мм.

4. Подача s_o определяется из условия, что при обработке стали с пределом прочности менее $\sigma_в = 80$ МПа сверлом диаметром до 20 мм, для жесткой детали с припуском под последующую обработку отверстия устанавливается подача s_o =0,35…0,43 мм/об.

Далее подача уточняется по паспортным данным станка. Ближайшее значение подачи на станке s_o = 0,4 об/мин.

В данном примере проверка по осевой силе, допускаемой прочностью механизма подачи станка, не производится.

5. Скорость резания V определяется из условия: для стали 45 $\sigma_в = 680$ МПа при сверлении отверстия диаметром до 20 мм и длине 15 мм сверлом из стали Р18 с подачей 0,4 мм/об. V=27,5 м/мин. Поправочный коэффициент на механическую характеристику стали $k_{мv}$=1.

6. Частота вращения шпинделя определяется по формуле

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi D} = \frac{27{,}5 \cdot 1000}{3{,}14 \cdot 17{,}5} = 500 \text{ об/мин.}$$

Ближайшая имеющаяся частота вращения по паспорту станка n = 500 об/мин.

7. Фактическая скорость резания определяется по формуле

$$V_Ф = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 17{,}5 \cdot 500}{1000} = 27{,}47 м/мин.$$

8. Минутная подача $s_м$ определяется по формуле $s_м = s_o \cdot n = 0{,}4 \cdot 500 = 200 мм/мин.$

9.Число проходов $i = 2$, так как сверлится два отверстия.

10. По выбранным режимам резания проверяется мощность, необходимая для выполнения данной операции. При $\sigma_в = 680$ МПа, диаметре сверла D_c до 20 мм, подаче s_o=0,4 мм/об, скорости резания *V=27,5* м/мин мощность на резание *N* = 1,8 кВт.

По паспорту вертикально-сверлильного станка модели 2Н125 мощность двигателя $N_Д$=2,8кВТ и КПД = 0,8.

Мощность электродвигателя с учетом КПД станка $N_Э$=2,8 · 0,8 = 2,24 кВт. Следовательно, установленный режим резания при такой мощности осуществим.

11. Основное технологическое время обработки определяется по формуле

$$T_o = \frac{L}{ns_o} i \text{, или } T_o = \frac{L}{s_м} i = \frac{23}{200} \cdot 2 = 0{,}23 \text{ мин.}$$

12.Вспомогательное время определяется по элементам:

а) вспомогательное время на установку и снятие детали при массе детали до 3 кг равно 0,12 мин, на крепление накидной крышки кондуктора рукояткой эксцентрикового зажима 0,07 мин, т.е. $t_{в.у.} = 0{,}12 + 0{,}07 = 0{,}19$ мин;

б) вспомогательное время, связанное с переходом, при сверлении по кондуктору с механической подачей $t_{в.пер.}$=0,08 мин;

в) вспомогательное время, связанное с переходом на приемы, не вошедшие в комплекс, т.е. время на управление станком. Например, включение и выключение вращения шпинделя – 0,02 мин, перемещение детали с кондуктором - 0,015 мин, т.е. $t_{в.упр.}$=0,02+0,015=0,035 мин;

г) вспомогательное время на контрольные измерения [14] $t_{в.изм.}$=0,20 мин.

Общее вспомогательное время на операцию

$$T_в = (t_{в.у.} + t_{в.пер.} + t_{в.упр.} + t_{в.изм.}) = 0{,}19 + 0{,}08 + 0{,}035 + 0{,}20 = 0{,}5 \text{ мин,}$$

оперативное время $T_{ОП} = T_o + T_в = 0{,}23 + 0{,}5 = 0{,}73$ мин.

13. Время на обслуживание рабочего места ($t_{об} = 4\%$)

$$T_{об} = T_{ОП} \frac{t_{об}}{100} = 0{,}73 \cdot 0{,}04 = 0{,}029 \text{ мин.}$$

14. Время перерывов на отдых и личные надобности ($t_{о.л.н.} = 4\%$)

$$T_{о.л.н.} = T_{ОП} \frac{t_{о.л.н.}}{100} = 0{,}73 \cdot 0{,}04 = 0{,}029 \text{ мин.}$$

15. Норма штучного времени определяется по формуле

$$T_{ш} = T_{ОП}\left(1 + \frac{t_{об} + t_{о.л.н.}}{100}\right) = 0{,}73 \cdot \left(1 + \frac{4 + 4}{100}\right) \cong 0{,}8 \text{ мин.}$$

16. Подготовительно- заключительное время на партию:

а) на наладку станка, приспособления и инструмента - 13 мин;

б) на получение инструмента и приспособления до начала и сдачу их после окончания работы - 5 мин.

Итого: $T_{П.З.} = 13 + 5 = 18$ мин.

17. Штучно-калькуляционное время на операцию определяется по формуле

$$T_{ш.к.} = T_{ш} + \frac{T_{П.З.}}{200} = 0{,}8 + \frac{18}{200} = 0{,}8 + 0{,}09 = 0{,}89 \text{ мин.}$$

4.17 Технико-экономический анализ вариантов одной операции. Для технико-экономического сравнения вариантов необходимо подобрать ранее разработанные операции. Для сравнения двух вариантов операций необходимо использовать более прогрессивное оборудование, станочное приспособление, режущий и измерительный инструмент. По каждому варианту операции должна быть определена технологическая себестоимость и произведено сравнение.

Сравнению подлежат одинаковые объёмы работ, т.е. обработка одних и тех же поверхностей, но различными методами.

Технологическая себестоимость обработки заготовки складывается из следующих затрат:

стоимости материалов заготовки;

основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих с начислением по содержанию;

затрат на силовую электроэнергию

затрат на инструмент и приспособления;

амортизационных отчислений от балансовой стоимости оборудования;

затрат на содержание технологического оборудования;

затрат на текущий ремонт технологического оборудования;

Анализ конкурирующих вариантов операций технологического процесса по себестоимости изложен в методических указаниях [15] и справочнике технолога [8].

После выполнения расчётов необходимо сделать вывод об эффективности того или иного варианта технологической операции.

Данные по элементам затрат можно выбрать по справочнику [8, т. 2, гл. 7, с.417-437].

Без технико-экономического анализа и сравнения показателей вновь разработанного варианта и базового (уже реализованного на промышленном предприятии) курсовой проект (работа) не может считаться завершённым.

4.18 Технико-экономические показатели ТП

1) Коэффициент использования материала

$$K_{и.м.} = m_д/m_з$$

где $m_д$ - масса детали, $m_з$ – масса заготовки.

2) Снижение материалоемкости

$$\Delta M = (m_{з.б.}-m_{з.н.})\cdot N$$

где $m_{з.б.}$ – масса заготовки базовая, $m_{з.н.}$ – масса заготовки новая, N – объем выпуска

3) Коэффициент основного времени

$$\eta_0 = t_0/t_{шт}$$

чем выше η_0 – тем производительнее используется станок.

4) Трудоемкость мехобработки детали

$$T_д = \sum_i^n t_{шт}$$

где n – число операций ТП.

$$T_д = t_{п.з.}+t_{шт}\cdot n_д$$

$t_{п.з.}$ – время подготовительно-заключительное, $n_д$ – число деталей в партии.

5) Трудоемкость нового ТП

$$T_{д.н.} = T_{д.б.}\sqrt[3]{(m_{з.н.}/m_{з.б.})^2}$$

6) Сокращение нормы времени на операцию ТП

$$H_{вр} = \frac{t_{ш1} - t_{ш2}}{t_{ш1}}\cdot 100\%$$

7) Рост производительности труда операции ТП

$$П = \frac{100\cdot H_{вр}}{100 - H_{вр}}$$

8) Рост производительности ТП

$$П_0 = \sum_i^n П_i$$

9) Определение себестоимости

2 метода:

- бухгалтерский;
- прямое калькулирование.

Бухгалтерский метод определяется по формуле:

$$С = М_0 + З_0 + Ц$$

где $М_0$ – стоимость основных материалов или заготовки за вычетом стоимости реализуемых отходов; $З_0$ – заработная плата основных производственных рабочих; $Ц$ – цеховые расходы, связанные с амортизацией и ремонтом оборудования, электроэнергии, режущего и ме-

рительного инструмента и приспособления, заработная плата вспомогательных и обслуживающих рабочих, заработная плата ИТР.

Метод калькулирования себестоимости

$$C = M_0 + З_0(1 + \frac{Ц}{100})$$

где $Ц$ – процент цеховых (накладных) расходов.

Метод прямого расчета полной себестоимости.

$$C = M_0 + З_0 + З_в + A_0 + И + A_{т.о.} + Л + P_0 + П + Р$$

где $З_в$ – заработная плата вспомогательных рабочих, A_0 – амортизация оборудования 5% или 10% от стоимости (5-ускоренная), $И$ – затрата на инструмент и приспособление (если время работы менее 1 года), $A_{т.о.}$ – амортизация стоимости технологического оснащения (если больше 1 года), $Л$ – затраты на электроэнергию, P_0 – затраты на ремонт оборудования, $П$ – затраты на содержание производственных площадей, $Р$ – затраты на ремонт и обслуживание управляющих устройств и программ (станки ЧПУ)

10) Сравнение вариантов себестоимости (экономический эффект)

$$Э = (C_б - C_н) \cdot N_н$$

11) Суммарные затраты

$$П = C + K$$

где K – капиталовложения по новому ТП

12) Годовой экономический эффект

$$Э_г = П_н - П_б$$

$$\text{или } Э_г = (C_б + K_б)\frac{N_н}{N_б} - (C_н + K_н)$$

13) Срок окупаемости

$$\tau_р = \frac{K_н - K_б}{C_б - C_н}$$

5. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА

Качество графической части проекта, внешний вид чертежей, легкость и безошибочность их чтения во многом зависят от точного соблюдения правил, установленных в стандартах Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Все чертежи проекта выполняются с помощью компьютерной графики или черным карандашом. Толщина сплошной основной линии должна быть в пределах 1-1,5 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Цифры. буквы и знаки

должны быть отчетливы, их начертание и размеры соответствовать ГОСТ 2.304-81. Проект выполняется на листах чертежной бумаги формата Al (594х841) по ГОСТ 2.301-88 (этот формат принят в качестве единицы измерения объема графической части дипломного проекта). Рекомендуется масштаб чертежей 1:1, так как он обеспечивает лучшее представление о действительных размерах элементов конструкций. Применение других масштабов (1:2 или 2: 1 по ГОСТ 2.302-88) в каждом конкретном случае решается студентом совместно с руководителем проекта.

Перечень обязательного графического материала указан в задании на курсовое проектирование и включает в себя:

1 лист. Рабочий чертеж детали и чертеж заготовки. Технологический чертеж может быть представлен по согласованию с руководителем проекта.

2 лист. Блок-схема технологического процесса изготовления детали для условий мелкосерийного производства со схемами базирования и установки.

3 лист. Эскизы обработки нескольких операций по переходам с расчетом основного и штучного времени.

Рабочие чертежи деталей и заготовок выполняются в карандаше на листах чертежной бумаги формата Al (594х841) или А2 (594Х420) по ГОСТ 2.301-88. Масштаб, как правило, выдерживается 1: 1. Для изображения деталей и заготовок простой формы размером более 600 мм допускается применение масштаба 1 :2. Детали и заготовки сложных форм размером менее 60 мм изображаются в масштабе 2: 1. К выполнению чертежа детали студент приступает после отработки ее конструкции на технологичность, так как в процессе этой работы в заводские чертежи могут быть внесены изменения и исправления. Разрешается не выполнять чертеж сложной детали, например, стола, салазок, передней бабки. если заводской чертеж соответствует всем требованиям ГОСТ. Чертежи детали и заготовки делают, как правило, раздельно. Чертеж поковки, согласно ГОСТ 7505-89, выполняется отдельно от чертежа детали, чертеж отливки допускается совмещать с последним (ГОСТ 3.1125-88).

Внешнее оформление чертежей, формат, обводка рамок, форма основной надписи, наименование и обозначение самого документа, заполнение отдельных граф должны соответствовать стандартам ЕСКД, принятым образцам и примерам. Количество изображений (видов, разрезов, сечений) на чертеже должно быть минимальным, но вместе с тем и достаточным для полного представления о предмете.

Чертежи детали и заготовки (с техническими требованиями) должны содержать все данные, необходимые для их изготовления, контроля и приемки. Выполняются они в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД (ГОСТ 3.1125-88, ГОСТ 7505-89, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 8479-70).

Чертеж заготовки разрабатывается на основании чертежа готовой детали с учетом припусков, допусков и напусков в том же масштабе, который принят для изображения детали: выполняется в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Контур заготовки вычерчивают сплошными контурными линиями по номинальным размерам. Готовую. деталь на чертеже заготовки наносят сплошной тонкой линией, давая лишь необходимые ее контуры, наглядно показывающие наличие припусков на обработку. Числовые значения припусков также дают на чертеже. Внутренний контур обрабатываемых поверхностей, а также отверстий, впадин и выточек, не выполняемых в отливке, вычерчивают сплошной тонкой линией.

На чертежах готовой детали и заготовки должны быть указаны технические требования. Требования, которые не могут быть выражены на чертеже графическим способом, располагаются на его поле над основной надписью. При этом даются технические требования, предъявляемые к материалу детали, термической обработке, качеству поверхностей, размеры, предельные отклонения размеров, формы, взаимного расположения поверхностей (если не указаны графически) и др. Порядок нанесения технических требований на чертеже регламентируется ГОСТ 2.316-88.

Для заготовок (поковка, штамповка, отливка) указываются термообработка и твердость, допускаемая величина остатков заусенца, способ очистки поверхности. глубина внешних дефектов, дефекты формы (сдвиг, эксцентричность сечений и отверстий, кривизна или стрела прогиба, смещение стержней) и другие пространственные погрешности, принятые при расчете припусков на механическую обработку.

В случае, когда чертежи готовой детали и заготовки совмещены, технические требования пишутся раздельно. В графе основной надписи чертежа заготовки над наименованием детали следует писать: … поковка… или … отливка…. В случае совмещенного выполнения чертежей детали и заготовки контур детали вычерчивается сплошными основными линиями, а припуски – сплошными тонкими линиями. При этом направление штриховки припусков, попадающих в разрезы или сечения, принимается одинаковым с направлением штриховки, применен-

ной для этих же разрезов и сечений детали. Припуски, не попадающие в разрезы или сечения, не штрихуются.

Когда припуск на обработку резанием однозначно определяется одним видом или разрезом, нет надобности наносить его изображение на другие проекции.

В курсовом проекте для наглядности часть технологических операций или переходов (4-8) изображается на листах чертежной бумаги форматом А1 в виде эскизов обработки. На этих листах приводятся основные наиболее интересные и оригинальные операции технологического процесса, а также те операции, в которые внесены существенные изменения по сравнению с базовым вариантом.

Эскизы обработки должны быть выполнены с необходимым числом проекций, видов и разрезов; в них должны быть показаны устройства для установки режущих инструментов на выдерживаемые размеры и для ограничения их хода. На чертеже показываются конструктивные элементы приспособлений, обеспечивающих установку заготовки в требуемое положение.

Деталь на чертежах - схемах изображается синим цветом. Ее конфигурация должна соответствовать конфигурации, полученной в процессе обработки на данной операции или переходе. Обработанные поверхности детали вычерчиваются красным карандашом или линией удвоенной толщины.

Указываются операционные и настроечные размеры, их предельные отклонения, пара метры шероховатости.

Предпочтительный масштаб изображения 1: 1. Для мелких деталей (часовое, приборное и другие производства) масштаб может быть увеличенным, а для крупных корпусных и других деталей уменьшенным (в отдельных случаях допускается произвольный масштаб).

Режущий инструмент, применяемый на данном переходе, вычерчивается в конечном положении. Показываются рабочие движения обрабатываемой детали и режущего инструмента, а также циклы движения суппортов или циклограммы движении инструментов.

Допускаются следующие варианты выполнения чертежей эскизов обработки: 1) при сложной операции на одном и более листах формата А1;

2) при простых операциях - на листах формата А2. При этом эскиз обработки на каждую операцию выполняется как самостоятельный чертеж. Не допускаются разграничения переходов и позиций одной операции.

На листе вычерчивается и заполняется штамп с основной надписью и технологическая таблица, содержащая следующие столбцы: номер операции; номер позиции, переходов; оборудование; режущий инструмент; режимы резания (скорость круга, скорость детали, подача продольная, подача поперечная, глубина резания и др.). При числе характеристик режима резания свыше трех рекомендуется таблицу располагать не над штампом, а на свободном поле листа.

На эскизах обработки изделие показывается обязательно в том положении, в каком проходит указанную в этом документе обработку, и в том виде и с теми размерами, которые приобретает после ее окончания. Дается только то, что необходимо для осуществления данной технологической операции или перехода - технологические базы, места, направления и виды зажимов, размеры с предельными отклонениями, шероховатость поверхностей и технические требования. На эскизах, входящих в состав графической части проекта (на чертежных листах форматом А1), для наглядности приводится упрощенное изображение режущих инструментов в положении окончания обработки. При многоинструментальной обработке на операционном эскизе должны быть показаны все режущие инструменты в том расположении относительно друг друга и обрабатываемой детали, в каком они находятся в наладке в конечный момент резания. На эскизах, входящих в альбом технологических карт, режущие инструменты даются только в случае многоинструментальной обработки.

Таблицы, схемы и технические требования размещают на свободном поле карты эскизов справа от изображения или под ним. На операционные эскизы масштабы не установлены. Необходимое количество изображений (видов, разрезов, сечений и выносных элементов) на операционном эскизе устанавливается из условия обеспечения наглядности и ясности изображения обрабатываемых поверхностей или для указания взаимного расположения деталей и сборочных единиц в изделии.

Обрабатываемые поверхности следует обводить сплошной линией удвоенной толщины по ГОСТ 2.303-88. По согласованию с руководителем проекта допускается на эскизах обработки контур детали изображать синим цветом, а обрабатываемую поверхность – красным. На операционных эскизах все размеры обрабатываемых поверхностей и выдерживаемые технические требования условно нумеруют арабскими цифрами. Номер поверхности проставляют в окружности диаметром 6-8 мм и соединяют с размерной линией. При этом размеры и предельные отклонения обрабатываемой поверхности в содержании операции (перехода) не указываются.

6. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКЕ

Структура проекта отражена в пояснительной записке (ПЗ), которая включает оформление титульного листа; разработку технического задания; составление реферата; составление текста пояснительной записки, включая выводы и список литературы; оформление приложений в виде заполненных бланков спецификации, карт маршрутной и операционной технологий.

Объем ПЗ не должен превышать 40 с. текста, набранного в текстовом редакторе Word размером шрифта №14 на листах формата А4 с полями с левой стороны листа 40 мм, а с правой - 10мм. В верхнем правом углу листа все страницы текста, начиная с третьей, должны быть пронумерованы. Текст ПЗ должен быть изложен кратко, предпочтение отдается таблицам и рисункам.

Допустимы только общепринятые сокращения (например т.е., др.). Пояснительная записка должна соответствовать ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам».

Рисунки и таблицы должны иметь сквозную нумерацию. Все рисунки должны иметь подписи. Все обозначения, имеющиеся на рисунках, должны быть разъяснены в подписях или в тексте ПЗ. Каждая таблица должна иметь заголовок.

Реферат в ПЗ размещается на второй странице после титульного листа.

Объем реферата - 0,5 с. В реферате кратко излагается основное содержание проекта, дающее представление о характере принимаемых технологических решений, постановке технологических задач, методическом обеспечении технологического процесса и основных результатах.

Литература дается общим списком на отдельном листе. В тексте ПЗ ссылка на литературу указывается цифрой, помещенной в прямоугольные скобки (например, [3]). Оформляется литература в следующем порядке. Для книг указываются инициалы и фамилии всех авторов, полное название, издательство, место издания, год издания, количество страниц.

Выводы размещаются .на отдельной странице ПЗ и включают констатацию выявленных фактов с указанием положительного эффекта от их реализации. Последовательность выводов нумеруется.

Приложения должны включать технологический чертеж изделия, маршрутные и операционные технологические карты. Бланк ТЗ с подписями исполнителя, руководителя, утвержденный заведующим кафедрой, располагается вначале приложений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пособии рассмотрены вопросы, которые позволяют студентам использовать теоретические основы технологии машиностроения, других общеинженерных и общетехнических дисциплин для решения конкретных технологических задач, поставленных в задании на выполнение курсового проекта (работы), а также использовать на практике стандарты ЕСКД, ЕСТПП, ЕСТД.

В учебном пособии нашли отражение следующие вопросы курсового проектирования: основные положения, общие требования, включающие содержание и оформление технологических разработок расчетно-пояснительной записки; выбор методов обработки и формирование структуры технологического процесса; методические указания по выполнению различных разделов; технико-экономическое обоснование разработанного технологического процесса. Приведены примеры расчетов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методическое руководство к курсовому проектированию по технологии машиностроения и технологическим основам автоматизации для студентов специальности 0501, 0636 / Куйбыш. политехн. ин-т; Сост. Л. В. Бойцова, В. А. Николаев, В. А. Прилуцкий, Куйбышев, 1979. – 24 с.

2. Метод. указ. к практ. занятиям, курсовому и дипломному проектированию Анализ рабочего чертежа, технических требований и разработка технологического чертежа по технологии машиностроения / Куйбыш. политехн. ин-т; Сост. Н. В. Лысенко. – Куйбышев, 1988. –17с.

3. Разработка типового технологического процесса механической обработки деталей: Метод. указ. к практ. занятиям, курсовому и дипломному проектированию по технологии машиностроения / Самар. политехн. ин-т; Сост. В. А. Прилуцкий. Самара, 1991. – 13с.

4. Разработка вариантов структуры технологического процесса изготовления детали: Метод. указ. к курсовому и дипломному проектированию./ Самар. гос. техн. ун-т; Сост. В. А. Прилуцкий. Самара, 1993. – 40с.

5. Ерёмин А. В., Прилуцкий В. А., Лысенко Н. В. Проектирование структуры технологического процесса механической обработки (при использовании скрытых баз.): Учеб. пособ. – Куйбышев: КПтИ, 1985. – 71с.

6. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск, Вышейш. школа, 1983. - 232с.

7. Худобин Л. В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения, 1989. – с.

8. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. Т1. 656с; Т2. 496с.

9. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин и др.; Под общ. ред. А. А. Панова. – М.: Машиностроение. 1988. – 736с.

10. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник технолога. М.: Машиностроение, 1976. – 288с.

11. Анализ действующего технологического процесса механической обработки деталей: Метод. указ. к практ. занятиям, курсовому и дипломному проектированию/ Самар. гос. техн. ун-т; Сост. В. А. Прилуцкий. Самара, 1992. – 11с.

12. Разработка технологических операций обработки деталей на станках с ЧПУ и ОЦ. Станки с ЧПУ сверлильной и токарной групп: Метод. указ. / Куйбыш. политехн. ин-т; Сост. В.А. Ахматов. Куйбышев, 1989. – 35с.

13. Разработка технологических операций на станках с ЧПУ и ОЦ: Учеб. пособ. / В. А. Ахматов, Б. А. Лившиц; Самар. политехн. ин-т. Самара, 1991. – 66с.

14. Нормирование станочных работ: Метод. указ. к выполнению курсовых и дипломных проектов и практическим занятиям. / Куйбыш. политехн. ин-т; Сост. А. Н. Филин. Куйбышев 1989. – 42с.

15. Анализ конкурирующих вариантов операций технологического процесса по себестоимости: Метод. указ. к выполнению курсовых и дипломных проектов,

практическим занятиям / Куйбыш. политехн. ин-т; Сост. В. А. Ахматов. Куйбышев, 1988. – 21с.

16. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – 7-е изд. – М.: Машиностроение, 1979. – 303с.

17. Кузнецов Ю. И.. Конструкции приспособлений для станков с ЧПУ. М.: Высш. школа, 1988. – 303с.

18. Альбом по проектированию приспособлений: Учеб. пособ. для студентов машиностроительных специальностей вузов / Б. М. Базров, А. И. Сорокин и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 121с.

19. Методические указания к выполнению дипломного проекта по технологии машиностроения для студентов специальности 0501 / Куйбыш. политехн. ин-т; Сост. В. А. Костин, Н. В. Лысенко, В. А. Прилуцкий. Куйбышев, 1983. 29с.

20. Выбор технологических методов обработки поверхностей деталей: Метод. руководство по практ. занятиям, курсовому и дипломному проектированию по технологии машиностроения для студентов специальности 1201 / Самар. политехн. ин-т; Сост. В. А. Ахматов. Самара. 1991. 12с.

21. ГОСТ 23495-76 Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1976.

22. Установка заготовок в системе координат многоцелевого станка: Метод. указ. к практ. занятиям, курсовому и дипломному проектированию / Самар. политехн. ин-т; Сост. Н. В. Лысенко, Б. А. Лившиц. Самара, 1991. 16с.

23. Колкер Я. Д., Руднев О. Н. Базирование и базы в машиностроении: Учеб. пособ. – Киев: Вища шк., 1991. – 100с.

24. ГОСТ 3.1107-81. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения. М.: Изд-во стандартов, 1981.

25. Расчёт и выбор режимов резания при одно и много инструментальных компоновках операций: Метод. указ. к практ. занятиям, курсовому и дипломному проектированию по технологии машиностроения для студентов специальности 0501 / Куйбыш. политехн. ин-т; Сост. В. А. Ахматов. – Куйбышев, 1988г.

26. Расчёт приспособлений на точность: Метод. указ./ Самар. гос. техн. ун-т; Сост. В. А. Дмитриев, С. А. Немыткин. Самара, 1998. – 45с.

27. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – 7-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1991. – 121 с.

28. Проектирование отливок в разовых песчаных формах: Учеб.-метод. пособ. / В.А. Дмитриев; Самар. гос. техн. ун-т. Самара, 2003. 59 с.

29. Проектирование поковок штампованных: Метод. указ. к лаб. работам / Самар. гос. техн. ун-т; Сост. В.А. Дмитриев. Самара, 2001. 44с.

30. Технология машиностроения: Учебник для вузов: В 2т. Т.1. Основы технологии машиностроения / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский и др.; Под ред. А.М. Дальского. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999.-564с.

31. Режимы резания металлов: Справочник. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1972.

ПРИЛОЖЕНИЕ.

Таблица П1

Зависимость баллов от величины допуска на размер $T_р$, на форму $T_ф$ и расположение $T_{расп}$

Допуск на размер $T_р$, мкм										
300	150	80	30	20	10	5	2,5	1	0,5	0,25
Допуск формы $T_ф$, мкм										
50	30	18	7	5	2,5	1,5	1			
Допуск расположения $T_{расп}$, мкм										
50	30	18	7	5	2,5	1,5	1			
Шероховатость R_a, мкм										
10	5	2;5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04	0,02	
БАЛЛЫ										
1	2	3	4	6	10	16	20	50	100	200

Таблица П2

Зависимость баллов от формы поверхности

Форма поверхностей		
Плоская	Цилиндрическая	Фасонная
Б а л л ы		
1	2	3

Зависимость баллов от вида поверхности

Вид поверхности	
Наружная	Внутренняя
Б а л л ы	
1	2

Зависимость баллов от открытости поверхностей

Открытость поверхности		
Открытая	П/открытая	Закрытая
Б а л л ы		
1	2	3

Зависимость баллов от относительных размеров поверхности

Относительный размер (L/D)							
1	1,5	2	2,5	3	5	8	10
1	2	3	4	5	8	10	15

Таблица П3

Шероховатость поверхности Ra (мкм) в зависимости от точности изготовления деталей

После допуска по ГОСТ 25347-82	Номинальный диаметр деталей, мм							
	До 6	6-10	10-30	30-80	80-120	120-180	180-260	260-500
H7	0,40	0,40	0,80	0,80	1,60	1,60	1,60	1,60
R7; S7	0,20	0,20	0,40	0,40	0,80	1,60	1,60	1,60
N7; M7; K7; $J_8$7	0,20	0,20	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80	1,60
G7; F8	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80	1,60	1,60	1,60
H8; t8	0,80	0,80	0,80	1,60	1,60	1,60	1,60	3,20
H8	0,80	0,80	0,80	1,60	3,20	3,20	3,20	6,30
H11	1,60	1,60	1,60	3,20	3,20	6,30	6,30	6,30
D11	1,60	1,60	3,20	3,20	3,20	6,30	6,30	6,30
CD11	1,60	3,20	3,20	3,20	6,30	6,30	6,30	6,30
H12; B12	3,20	3,20	6,30	6,30	6,30	12,50	12,50	12,50

Таблица П4

Точность и качество поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей

Обработка	Параметр шероховатости поверхности Ra, мкм	Глубина дефектного по-верхностного слоя, мкм	Квалитет допуска размера	Технологические допуски, мкм, на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм											
				Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
Обтачивание: черновое	50-6,3	120-60	14	-	-220	-270	-330	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
			13	180	150	180	210	390	460	540	630	720	810	890	970
			12	120				250	300	350	400	460	520	570	630
получистовое или однократное	25-1,6	50-20	13	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
			12	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
			11	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
чистовое	6,3-0,4	30-20	10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
			9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
Обтачивание тонкое	1,6-0,2	10-5	9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
			7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
Шлифование: предварительное	6,3-0,4	20	9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
чистовое	3,2-0,2	15-5	7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
тонкое	1,6-0,1	5	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
			5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
Притирка, суперфиниширование	0,8-0,1	5-3	5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
			4	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
Обкатывание, алмазное выглаживание	0,8-0,05	-	10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
			9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
			7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
			5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27

Таблица П5

Точность и качество поверхностного слоя при обработке отверстий

Обработка	Параметр шероховатости поверхности Ra, мкм	Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм	Квалитет допуска размера	Технологические допуски, мкм, на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм

			Квалитет допуска размера	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
Сверление и рассверливание	25-0,8	70-15	13 12 11 10 9	- - 75 48 30	- - 90 58 36	270 180 110 70 43	330 210 130 84 52	390 250 160 100 62	460 300 190 120 74	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. П5

Обработка	Параметр шероховатости поверхности	Глубина дефектного поверхностного слоя	Квалитет допуска размера	Технологические допуски, мкм, на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм											
				Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
Зенкерование:															
черновое	25-6,3	50-20	13	-	-	270	330	390	460	540	-	-	-	-	-
			12	-	-	180	210	250	300	350					
однократное литого или прошитого отверстия; чистовое после чернового или сверления	25-0,4	50-20	13	-	-	270	330	390	460	540					
			12			180	210	250	300	350					
			11			110	130	160	190	220					
			10			70	84	100	120	140					
			9			43	52	62	74	87					
			8			27	33	39	46	57					
Развертывание:															
нормальное	12,5-0,8	25-15	11	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	-
			10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	
точное	6,3-0,4	15-5	9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	-
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	
			7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	
тонкое	3,2-0,1	10-5	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	-
			5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	
Протягивание:															
черновое литого или прошитого отверстия	12,5-0,8	25-10	11	-	-	-	-	160	190	220	250				
			10	-	-	-	-	100	120	140	160	-	-	-	-
чистовое после чернового или после сверления	6,3-0,2	10-5	9			43	52	62	74	87	100				
			8			27	33	39	46	57	63				
			7	-	-	18	21	25	30	35	40				
			6			11	13	16	19	22	25	-	-	-	-
Растачивание:															
черновое	25-1,6	50-20	13	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
			12	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
			11	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
чистовое	6,3-0,4	25	10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
		10	9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
Растачивание тонкое	3,2-1,6	10-5	7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
			5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
Шлифование:															
предварительное	6,3-0,4	25-10	9	-	-	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	-	-	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
чистовое	3,2-0,2	20-5	7	-	-	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	-	-	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
тонкое	1,6-0,1	10-5	5	-	-	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
Притирка, хонингование	1,6-0,1	5-3	5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
			4	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20

Окончание табл. П5

Обработка	Параметр шероховатости поверхности Ra, мкм	Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм	Квалитет допуска размера	Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм											
				Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
Раскатывание, калибрование, алмазное выглаживание	6,3-0,1	-	10	-	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
			9	-	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	-	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
			7	-	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	-	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
			5	-	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27

Таблица П6

Точность и качество поверхности при обработке плоских поверхностей

Метод обработки	Шероховатость поверхности R_a, мкм	Дефектный слой, мкм	Квалитет	Допуск на размер обработки до базовой поверхности, мм							
				До 80	80-180	180-250	250-500	До 80	80-180	180-250	250-500
				При размере обрабатываемой поверхности, мм							
				До 160 × 60				Св. 400 × 400			
Фрезерование и строгание:	12,5 – 6,3	100-50	11	-	-	-	-	0,220	0,250	0,320	0,360
			10	0,120	0,160	0,185	0,250	0,120	0,160	0,210	0,250
черновое	3,2 – 1,6	50 - 20	8	0,046	0,063	0,072	0,097	0,046	0,063	0,072	0,097
чистовое			7	0,030	0,040	0,046	0,063	-	-	-	-
Шлифование: обдирочное	3,2	20	10	0,120	0,160	0,185	0,250	0,120	0,160	0,185	0,250
чистовое	1,6 – 0,8	15-5	8	0,046	0,063	0,072	0,097	0,046	0,063	0,072	0,097
			7	0,030	0,040	0,046	0,063	0,030	0,040	0,046	0,063

Примечание. Данные значения таблицы относятся к деталям из стали. Для деталей из чугуна или цветных сплавов предельные отклонения по точности можно принимать на один квалитет точнее.

Таблица П7

Горячекатаный прокат по ГОСТ 2590-88, мм

Диаметр	Допускаемые отклонения		Допуск
	+	-	
Сталь горячекатаная повышенной точности (Б)			
3; 5,5; 6; 6,5; 7; 8; 9	0,1	0,3	0,40
10; 11; 12; 14; 15; 16; 17; 18; 19	0,2	0,3	0,50
20; 21; 22; 23; 24; 25	0,2	0,4	0,60
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48	0,2	0,6	0,80
50; 52; 53; 54; 55; 56; 58	0,2	0,9	1,10
60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 75; 78	0,3	1,0	1,30
80; 82; 85; 90; 95	0,4	1,2	1,60
100; 105; 110; 115	0,5	1,5	2,00
120; 125	0,6	1,8	2,40
130; 135; 140; 150	0,6	2,0	2,60

Окончание табл.П7

Диаметр	Допускаемые отклонения		Допуск
	+	-	
Сталь горячекатаная круглая обычной точности (В)			
5;5,5; 6; 6,5; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 15; 16; 17; 18; 19	0,3	0,5	0,80
20; 21; 22; 23; 24; 25	0,4	0,5	0,90
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 42; 44; 48	0,4	0,75	1,15
50; 52; 54; 55; 56; 58	0,4	1,0	1,40
60; 62; 65; 67; 68; 70; 72; 75; 78	0,5	1,1	1,60
80; 85; 90; 95	0,5	1,3	1,80
100; 110; 115	0,6	1,7	2,30
120; 125; 130; 140; 150	0,8	2,0	2,80

Таблица П8

Полоса стальная горячекатаная ГОСТ 103-76

Ширина полосы, мм	Предельные отклонения, мм, по точности					
	повышенной		Допуск	номинальной		Допуск
	+	-		+	-	
От 11 до 60	0,3	0,9	1,2	0,5	1,0	1,6
63:65	0,3	1,1	1,4	0,5	1,3	1,8
70:75	0,3	1,3	1,6	0,5	1,4	1,9
80:85	0,5	1,4	1,9	0,7	1,6	2,3
90:95	0,6	1,8	2,4	0,9	1,8	2,7
100:105	0,7	2,0	2,7	1,0	2,0	3,0
110	0,8	2,2	3,0	1,0	2,2	3,2
120:125	0,9	2,4	3,3	1,1	2,4	3,5
От 130 до 150	1,0	2,5	3,5	1,2	2,8	4,0
Св 150 до 180	1,2	2,8	4,0	1,4	3,2	4,6
Св. 180 до 200	1,4	3,0	4,4	1,7	4,0	5,7
Ширина полосы, мм	Предельные отклонения, мм, по точности					
	повышенной		Допуск	номинальной		Допуск
	+	-		+	-	
От 4 до 6	0,2	0,3	0,5	0,2	0,5	0,7
Св. 6 до 16	0,2	0,4	0,6	0,2	0,5	0,7
Св. 16 до 25	0,2	0,6	0,8	0,2	0,8	1,0
Св. 25 до 32	0,2	0,7	0,9	0,2	1,2	1,4
36:40	0,2	1,0	1,2	0,2	1,6	1,8
45:50	0,2	1,5	1,7	0,3	2,0	2,3
Св. 50 до 60	0,2	1,8	2,0	0,3	2,4	2,7

Таблица П9

Промежуточные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей. Размеры, мм

Номинальный диаметр	Операция	Припуск на диаметр при расчетной длине								
		До 25	25-63	63-100	100-160	160-250	250-400	400-630	630-1000	1000-1600
До 6	Точение черновое	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	-	-	-
	Точение чистовое	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	-	-	-
	Шлифование	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,4	0,4	0,4	-
		0,30	0,30	0,30	0,30	0,4	0,4	0,4	-	-
6-10	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	-
	Шлифование	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,4	-	-	-
		0,30	0,30	0,30	0,40	0,4	0,5	-	-	-

Окончание табл. П9

Номинальный диаметр	Операция	Припуск на диаметр при расчетной длине								
		До 25	25-63	63-100	100-160	160-250	250-400	400-630	630-1000	1000-1600
10-18	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	4,0	-	-
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	-
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5
		0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	-	-
18-30	Точение черновое	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	5,0	5,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5
	Шлифование	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,6
		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
30-50	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5	5,0	5,5	6,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5
	Шлифование	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7
		0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8
50-80	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5	5,0	5,5	6,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5
	Шлифование	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
		0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,9
80-120	Точение черновое	5,5	5,5	5,5	6,0	6,0	7,0	7,5	8,5	8,5
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0
	Шлифование	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8
		0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9
120-200	Точение черновое	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,5	8,0	9,0	9,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5
	Шлифование	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8
		0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0

Примечания. 1.В числителе даны припуски для незакаленных деталей, в знаменателе – для закаленных.
2. При обработке с уступами припуск назначается по отношению к общей длине детали.
3. При закаливании деталей, изготовленных из сталей, подверженных значительным термическим деформациям (например, из стали 45), припуски под шлифование следует увеличивать.

Таблица П10

Качество поверхности штампованных заготовок

Масса заготовки, кг	Высота неровностей R_z, мкм	Дефектный слой Т, мкм	Масса заготовки, кг	Высота неровностей R_z, мкм	Дефектный слой Т, мкм
До 0,25	80	150	25-40	320	300
0,25-4,00	160	200	40-100	350	350
4,00-25	240	250	100-200	400	400

Таблица П11

Точность и качество поверхностей литых заготовок

Литье в земляные формы, получаемые машинной формовкой						
Размер заготовки, мм	Высота неровностей и дефектный слой (R_z+T), мкм, в зависимости от группы точности отливок для различных материалов					
	I			II		
	Чугун	Сталь	Цветные сплавы	Чугун	Сталь	Цветные сплавы
До 1250	600	500	400	800	600	500
1250-3150	800	700	-	1000	800	-

Окончание табл. П11

Отливки, получаемые специальными способами					
Способ литья	Квалитет точности	Высота неровностей R_z, мкм	Дефектный слой Т, мкм		
			Чугун	Сталь	Цветные сплавы
В кокиль и центробежное	7-8	200	300	200	100
В оболочковые формы	11-12	40	260	160	100
По выплавляемым моделям	11-12	30	170	100	60

Таблица П12

Качество наружной поверхности горячекатаного проката

Диаметр, мм	Повышенная точность, мкм		Обычная точность, мкм	
	R_z	T	R_z	T
До 25	100	100	150	150
25-75	100	150	150	250
75-150	150	200	200	300
150-250	250	300	300	400

Таблица П13

Точность и качество поверхности заготовок из проката после механической обработки

Способ обработки	Технологический переход	Квалитет точности	Высота неровностей R_z, мкм	Дефектный слой Т, мкм
Обтачивание горячекатаного проката (обычной и повышенной точности), калиброванного проката 12-го квалитета точности	Обдирка Черновое Чистовое или однократное Тонкое	14 12 11-10 9-8	120 60 30-20 6	120 60 30 -
Шлифование в центрах горячекатаного проката 12-го квалитета точности	Черновое Чистовое или однократное Тонкое	9 8 7-6	10 6 3	20 12 6-2
Бесцентровое шлифование калиброванных прутков 8-го и 10-го квалитетов точности	После термообработки (тонкое) До термообработки (чистовое)	6-5 7	3-0,8 6	12 -

Таблица П14

Точность и качество поверхности штампованных заготовок после механической обработки

Способ обработки	Квалитет точности	Высота неровностей R_z, мкм	Дефектный слой Т, мкм	Способ обработки	Квалитет точности	Высота неровностей R_z, мкм	Дефектный слой Т, мкм
Наружные поверхности вращения				Торцовые поверхности			
Валы ступенчатые							
Точение: однократное черновое чистовое	 11-13 13 11	 30 50 25	 30 50 25	Точение, подрезание: черновое чистовое	 12-13 11	 50 30	 50 30
Шлифование: черновое чистовое	 8-9 7-8	 10 5	 20 15	Фрезерование	14	100	100
Шестерни одно- и много- венцовые							
Точение: однократное черновое получистовое чистовое	 10-13 14 12-13 10-11	 30 100 50 25	 30 100 50 25	Подрезание: однократное черновое получистовое чистовое	 10 14 12 10	 30 100 50 25	 30 100 50 25

Таблица П15

Точность и качество поверхности детали после механической обработки литых заготовок

Способ обработки	Квалитет точности	Высота неровностей R_z, мкм	Дефектный слой Т, мкм	Способ обработки	Квалитет точности	Высота неровностей R_z, мкм	Дефектный слой Т, мкм
Литье в оболочковые формы				Литье по выплавляемым моделям и под давлением			
Точение, фрезерование, строгание: однократное черновое чистовое тонкое	 11 11 10 7	 25 20 10 -	 25 20 10 -	Точение, фрезерование, строгание: однократное тонкое	 10 7	 15 -	 20 -
Отливки, полученные в земляные формы				Специальное литье, литье в кокиль и центробежное			
Точение, фрезерование, строгание: однократное черновое получистовое чистовое тонкое	 12 14 12 10 9	 30 100 50 25 -	 30 100 50 25 -	Точение, фрезерование, строгание: однократное черновое чистовое тонкое	 11 12 10 7	 25 50 20 -	 25 50 20 -

Окончание табл. П15

Способ обработки	Квалитет точности	Высота неровностей R_z, мкм	Дефектный слой Т, мкм	Способ обработки	Квалитет точности	Высота неровностей R_z, мкм	Дефектный слой Т, мкм
Шлифование:				Шлифование:			
однократное	7	-	-	однократное	7	-	-
черновое	9	10	20	черновое	-	10	20
чистовое	6	5	12	чистовое	6	5	15
тонкое	5	-	-	тонкое	5	-	-

Таблица П16

Точность и качество поверхности при механической обработке отверстий

Способ обработки	Диаметр отверстия, мм	Квалитет точности	Высота неровностей R_z мкм	Дефектный слой Т, мкм
Сверление	3-6	12-14	20	40
	6-10		40	50
	10-18		40	60
	18-50		50	70
Зенкерование:				
черновое	18-30	11-12	50	40
	30-80		50	50
получистовое	До 80	10-11	30	40
чистовое	До 30	9	30	30
	30-80	10		
Растачивание:				
черновое	50-260	12-13	50	50
чистовое	50-260	10	20	25
Развертывание:				
предварительное		9	10	20
окончательное	6-80	7-8	5	10
Шлифование	До 80	7-8	-	-
Протягивание	10-80	8	4	6
Калибрование шариком или оплавкой	6-80	7	0,6	- -

Таблица П17

Выбор марок твердого сплава для режущего инструмента при различных видах обрабатываемого материала

Вид и характер обработки	Углеродистая и легированная сталь	Труднообрабатываемая сталь	Чугун		Цветные металлы и сплавы
			НВ 240	НВ 300-700	
Точение черновое поковок, штамповок и литья по корке и окалине при неравномерном сечении среза и прерывистом резании (с ударами)	Т5К10 Т5К128 ВК8	Т5К12В ТТ7К12 ВК8	ВК8 ВК8В ВК4	ВК8 ВК8В	ВК4 ВК6 ВК8
Точение черновое по корке при неравномерном сечении среза и непрерывном резании	Т14К8 Т5К10	ВК4 ВК8	ВК4 ВК8	ВК6М ВК4	ВК4 ВК6

Окончание табл. П17

Вид и характер обработки	Углеродистая и легированная сталь	Труднообрабатываемая сталь	Чугун		Цветные металлы и сплавы
			НВ 240	НВ 300-700	
Точение получистовое и чистовое при непрерывном резании	Т15К6 Т5К10	ВК4 ВК8	ВК4 ВК6	ВК6М	ВК2 ВК4
Точение получистовое и чистовое при непрерывном резании	Т15К6Т Т15К6	Т14К8 Т15К6	ВК6	ВК6 ВК4	ВК3
Точное точение	Т30К4	-	ВК2	ВК6М	ВК3М
Отрезка и прорезка канавок	Т5К10	ВК4	ВК6	ВК6М	ВК2
Зенкерование черновое	Т15К6 Т5К10 ВК8	Т15К6 ВК4 ВК8	ВК4 ВК8	ВК4 ВК6М ВК8	ВК4 ВК3 ВК8
Зенкерование получистовое и чистовое	Т15К6 Т14К8	Т15К6 Т5К10	ВК4 ВК6М	ВК2 ВК6М	ВК2 ВК3М
Фрезерование черновое	ТК15К6 Т5К10	Т5К10 ВК8	ВК6 ВК8	- -	ВК6 ВК8
Фрезерование получистовое и чистовое	Т30К4 Т15К6	Т15К6 Т14К8	ВК8 ВК6	ВК6М -	ВК12 ВК3М
Сверление сплошное неглубоких (нормальных) отверстий	Т5К10 Т5К12В ВК8	Т5К12В ТТ7К12 ВК8В	ВК8 ВК8В ВК6	ВК8 ВК6	ВК4 ВК6 ВК8

Таблица П18

Погрешность закрепления $\varepsilon_з$, мкм

Метод получения заготовки	Диаметр закрепляемой поверхности D, мм, при смещении							
	радиальном				осевом			
	До 50	50-120	120-260	260-500	До 50	50-120	120-260	260-500
Литье: в земляную форму машинной формовки	300	400	500	600	100	120	150	200
в оболочковые формы	100	150	200	250	50	80	100	120
в постоянную форму	200	300	400	500	80	100	120	150
Горячая штамповка: на молотах	300	400	500	600	190	120	150	200
на кривошипных прессах	200	300	400	500	80	100	120	150

Таблица П19

Погрешность установки заготовки в патронах без выверки

Метод получения заготовки	Погрешность (мкм) при диаметре базовой поверхности, мм								
	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-500
Установка в трехкулачковом самоцентрирующем патроне									
Литье в кокиль	175 70	200 80	250 90	300 100	350 110	400 120	450 130	550 140	650 150
Горячая штамповка	270 80	320 90	370 100	420 110	500 120	600 130	700 140	800 150	- -
Горячекатаный прокат	270 80	320 90	370 100	420 110	500 120	600 130	- -	- -	- -

Окончание табл. П19

Метод получения заготовки	Погрешность (мкм) при диаметре базовой поверхности, мм								
	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-500
Все виды заготовок:									
черновая обработка	60 60	70 70	80 80	100 90	120 100	140 110	160 120	180 130	200 140
чистовая обработка	30 40	35 50	40 60	50 70	60 80	70 90	80 100	90 110	100 120
Установка в пневмопатроне									
Литье в кокиль	140 60	170 65	700 75	240 80	280 90	320 100	380 110	440 120	500 130
Горячая штамповка	220 60	260 70	320 80	380 90	440 100	500 110	580 120	660 130	- -
Горячекатаный прокат	220 60	260 70	320 80	380 90	440 100	500 110	- -	- -	- -
Все виды заготовок:									
черновая обработка	50 50	60 60	70 70	80 80	90 90	100 90	120 100	140 110	160 120
чистовая обработка	25 30	30 35	35 40	40 50	45 60	50 70	60 80	70 90	80 100

Примечания. 1. В числителе указаны погрешности установки заготовок для радиального направления силы, в знаменателе – для осевого направления силы. 2. Обработку с использованием сырых кулачков применяют при партии заготовок не более 80-120 шт.

Таблица П20

Погрешность установки заготовки на постоянные опоры в приспособлениях

Способ получения поверхности заготовки	Погрешность, мкм, при диаметре базовой поверхности, мм								
	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260	260-360	360-500
С винтовыми или эксцентриковыми зажимами на опорные пластинки									
Литье: в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	100	110	120	135	150	175	200	240	280
в постоянную форму по выплавляемой модели	60	70	80	90	100	110	120	130	140
под давлением	50	60	70	80	90	100	110	-	-
	40	50	60	70	80	90	100	-	-
Горячая штамповка	100	110	120	135	150	175	190	-	-
Горячекатаный прокат	100	110	120	130	145	170	-	-	-
Черновая обработка	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Чистовая обработка	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Шлифование	30	40	50	60	70	80	90	100	110

Продолжение табл. П20

Способ получения поверхности заготовки	Погрешность (мкм) при диаметре базовой поверхности, мм								
	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260	260-360	360-500
С винтовыми или эксцентриковыми зажимами на опорные штифты									
Литье: в песчаную форму машинной формовки	100	125	150	175	200	225	250	300	350
по металлической модели в постоянную форму	100	110	120	130	140	150	160	180	200
	90	100	110	120	130	140	150	-	-
по выплавляемым моделям под давлением	80	90	100	110	120	130	140	-	-
Горячая штамповка	100	125	150	175	200	225	250	300	-
Горячекатаный прокат	100	125	150	175	200	225	-	-	-
Черновая обработка	90	100	110	120	130	140	150	160	170
Чистовая обработка	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Шлифование	70	80	90	100	110	120	130	140	150
С пневматическим зажимом и установкой заготовки на опорные пластинки									
Литье: в песчаную форму машинной формовки	80	90	100	110	120	140	160	190	220
по металлической модели в постоянную форму	55	60	65	70	80	90	100	110	120
	40	50	55	60	70	80	90	-	-
по выплавляемым моделям под давлением	30	35	40	50	60	70	80	-	-
Горячая штамповка	80	90	100	110	120	140	160	190	-
Горячекатаный прокат	80	90	100	110	120	140	-	-	-
Черновая обработка	40	50	55	60	70	80	90	100	110
Чистовая обработка	30	35	40	50	60	70	80	90	100
Шлифование	20	25	30	40	50	60	70	80	90

Окончание табл. П20

Способ получения поверхности заготовки	Погрешность, мкм, при диаметре базовой поверхности, мм								
	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260	260-360	360-500
С пневматическим зажимом и установкой заготовки на опорные штифты									
Литье: в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	90	100	120	140	160	180	200	240	280
в постоянную форму по выплавляемой модели	80	90	100	110	120	130	140	160	180
под давлением	70	75	80	90	100	110	120	-	-
	45	50	60	70	80	90	100	-	-
Горячая штамповка	90	100	120	140	160	180	200	240	-
Горячекатаный прокат	80	100	120	140	160	180	-	-	-
Черновая обработка	70	75	80	90	100	110	120	130	140
Чистовая обработка	60	70	80	90	90	100	110	120	130
Шлифование	50	60	70	80	80	90	100	110	120

Таблица П21

Длина фрезерования и перебега $l_2 + l_3$ при фрезеровании, мм

Ширина фрезерования	Диаметр торцовых и концевых фрез, работающих симметричным методом														
	До 20	32	40	50	80	100	120	160	180	200	250	280	300	320	360
16	6	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	7	6	6	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	10	7	7	6	6	6	6	6	-	-	-	-	-	-
32	-	-	10	9	7	7	7	6	6	6	-	-	-	-	-
40	-	-	-	14	10	8	8	8	7	7	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	20	14	12	12	10	10	9	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-	24	20	17	15	14	13	12	11	11	-
100	-	-	-	-	-	54	30	26	21	18	16	15	15	14	13
120	-	-	-	-	-	-	49	35	29	25	22	20	18	17	16
140	-	-	-	-	-	-	-	71	49	34	30	24	22	21	19
160	-	-	-	-	-	-	-	-	56	45	39	34	29	27	25
180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61	50	39	36	33	31
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105	60	48	44	40	37
220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	60	54	48	45

Окончание табл.П21

Ширина фрезерования	Диаметр торцовых и концевых фрез, работающих симметричным методом														
	До 20	32	40	50	80	100	120	160	180	200	250	280	300	320	360
Глубина фрезерования t	Диаметр дисковых, прорезных, цилиндрических и фасонных фрез														
	До 16	25	32	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140	150	180
1	5	7	9	9	11	12	12	13	14	14	15	16	17	18	19
2	6	9	11	12	14	15	16	17	18	18	19	21	22	23	24
3	7	10	12	14	16	17	18	19	20	21	22	24	26	26	28
4	7	11	13	15	18	19	21	22	23	24	25	27	29	30	32
5	7	12	14	16	19	21	22	24	25	26	27	29	31	32	35
6	-	12	15	17	20	22	24	25	27	28	29	31	34	35	37
8	-	13	16	19	22	25	26	29	30	31	34	35	37	39	42
10	-	-	18	21	24	27	28	31	32	34	37	38	41	43	46
12	-	-	-	-	26	28	30	33	35	37	40	41	44	46	50
14	-	-	-	-	-	-	32	35	37	39	42	44	47	49	53
16	-	-	-	-	-	-	34	37	39	41	45	46	50	52	56
18	-	-	-	-	-	-	-	38	41	43	47	48	52	54	59
20	-	-	-	-	-	-	-	-	42	45	48	50	54	56	61

Таблица П22

Длина подвода, врезания и перебега режущего инструмента при сверлении, зенкеровании, развертывании и нарезании резьбы, мм

Метод обработки деталей	Длина подвода, врезания и перебега инструмента диаметром D										
	2,5	6	10	16	20	25	32	40	50	60	80
Обработка сквозных отверстий сверлами:	2,0	3	5	6	8	10	12	15	-	-	-
с нормальной заточкой	-	-	6	8	10	15	15	18	-	-	-
с двойной заточкой											
Сверление глухих отверстий	1,5	2	4	6	7	9	11	14	-	-	-
Зенкерование отверстий:											
сквозных	-	-	-	3	4	5	5	6	6	8	8
глухих	-	-	-	2	2	2	2	3	3	4	4
Обработка сквозных отверстий развертками с углом заборного конуса:	-	8	10	12	14	16	18	20	24	26	28
15° (обработка стали)	-	10	12	15	17	20	22	25	28	32	34
5° (обработка чугуна)											
Развертками глухих отверстий	-	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5

Таблица П23

Время на техническое и организационное обслуживание, а также физические потребности при различных видах обработки

Станок	Основные параметры станка, мм	$T_{т.о.}$ от основного времени, %	$T_{ф.о.}$ от оперативного времени, %	Суммарное время ($T_{ф.п.}$ +$T_{т.об.}$+$T_{ор.}$) от оперативного времени, %
Токарный с высотой центров	200 300 400 500	2,5 3,0 3,5 3,5	1,4 1,5 1,6 1,7	4,6 5,0 5,3 5,4
Токарно-карусельный с диаметром стола	1000 1500 2000 3000	3,0 3,0 3,5 3,5	1,4 1,5 1,6 17	4,9 5,0 5,3 5,4
Револьверный с диаметром отверстия шпинделя	22 60 110	2,5 3,0 3,5	1,5 1,6 1,7	4,7 5,1 5,4
Расточной с диаметром шпинделя	80 110 150	3,0 3,0 3,5	1,7 1,9 2,0	5,2 5,4 5,7
Вертикально-сверлильный с диаметром обрабатываемого отверстия	35 55 60	1,0 1,0 1,5	1,0 1,1 1,2	3,5 3,6 4,0
Радиально-сверлильный с диаметром обрабатываемого отверстия	35 55 80	1,0 1,0 1,5	1,2 1,4 1,5	3,7 3,9 4,2
Поперечно-строгальный с длиной хода ползуна, мм	500 800	1,5 2,0	1,2 1,5	4,0 4,5
Долбежный с длиной хода ползуна, мм	300 500	1,5 2,0	1,2 1,5	4,0 4,5
Горизонтально- и вертикально-фрезерный с длиной стола	1000 1500 2000	1,5 2,0 2,5	1,2 1,4 1,5	4,0 4,4 4,7
Продольно-фрезерный с длиной стола, мм	1500 2500 4000	2,0 2,5 3,0	1,5 1,7 2,1	4,5 5,0 5,6
Круглошлифовальный с высотой центров, мм	200 300	6,0 7,0	1,7 2,2	6,7 7,7
Внутришлифовальный с диаметром шлифуемого отверстия, мм	200 400	6,0 7,0	2,2 2,7	2,7 8,2
Плоскошлифовальный, работающий торцом круга, с длиной стола, мм	1000 1500 2500	2,0 2,5 3,0	1,7 1,9 2,2	4,7 5,1 5,7
Протяжной Зуборезный Центровочный Болторезный Дисковый	- - - - -	2,0 3,0 2,0 2,0 1,5	1,4 1,7 1,2 1,2 1,2	4,4 5,2 4,2 4,2 4,0

Таблица П24

Вспомогательное время на контрольные измерения

Измерительный инструмент	Точность измерения	Измерительный размер, мм	Длина измеряемой поверхности, мм			
			50	100	200	500
			Время, мин			
Штангенциркуль	0,1 мм	50	0,10	0,13	0,16	0,21
		100	0,13	0,16	0,19	0,24
		200	0,16	0,17	0,21	0,25
Скоба односторонняя предельная	11-12 квалитеты	50	0,05	0,06	0,08	0,15
		100	0,07	0,08	0,10	0,16
	7-9 квалитеты		0,09	0,10	0,13	0,16
		50	0,12	0,13	0,16	0,20
Калибр-пробка гладкая двусторонняя	11-12 квалитеты	25	0,07	0,09	0,13	-
		50	0,09	0,11	0,15	-
	7-9 квалитеты	25	0,11	0,14	0,20	-
		50	0,13	0,16	0,22	-

Коэффициент, учитывающий периодичность измерений детали			
Точение цилиндрической поверхности	0,1	50	Коэффициент $K_и$ 0,3
		200	0,4

Таблица П25

Вспомогательное время на установку и снятие детали в самоцентрирующем патроне

Способ установки детали		Масса детали, кг, до					
В патроне с креплением пневматическим или гидравлическим зажимом		0,25	1,0	3,0	5,0	8,0	12
		Время, мин					
В патроне с креплением пневматическим или гидравлическим зажимом	Без выверки	0,11	0,13	0,17	0,21	0,25	0,30
	С выверкой	0,25	0,35	0,10	0,47	0,55	0,65

Таблица П26

Вспомогательное время на управление токарным станком с ЧПУ

Содержание работы	Время *), мин
1.Включить станок, выключить	0,03
2. Задвинуть оградительный щиток и отодвинуть	0,03
3. Подвести инструмент к детали, отвести	0,10
4. Включить пульт, выключить	0,03
5. Перемотать магнитную ленту	См. табл. 27
6. Продвинуть перфоленту в исходное положение	0,20
7. Включить лентопротяжный механизм, выключить	0,03
8. Выбор готовой программы в операционной системе	0,03

*) При максимальном диаметре детали 400 мм

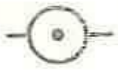
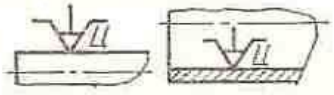
Таблица П27

Вспомогательное время на набор программы ЧПУ в зависимости от времени автоматической работы станка по программе

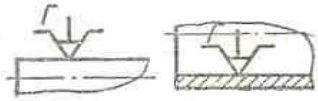
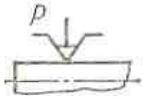
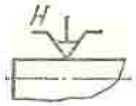
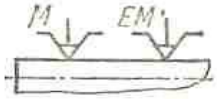
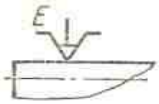
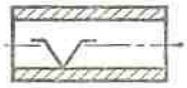
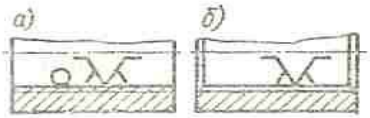
Время автоматической работы станка, мин	2	3	5	10	20
Время на перемотку при скорости воспроизведения программы 3м/мин, мин	0,02	0,03	0,05	0,1	0,2

Таблица П28

Условные обозначения опор, зажимов и установочных устройств, соответствующие ГОСТ 3.1107-81, и число лишаемых ими степеней свободы заготовок

Наименование	Условное обозначение		
	Вид сбоку	Вид в плане	
		сверху	снизу
Опора неподвижная			
Опора подвижная			
Опора плавающая			
Опора регулируемая			
Опора регулируемая со сферической выпуклой рабочей поверхностью		—	—
Опора неподвижная с призматической рабочей поверхностью			
Опора подвижная (зажим) с ризматической рабочей поверхностью			
Центр неподвижный (гладкий)		—	—
Центр вращающийся		—	—
Центр плавающий		—	—
Центр рифленый		—	—
Центр обратный вращающийся с рифленой поверхностью		—	—
Патроны двух-, трех- и четырехкулачковые с механическим зажимом		—	—
Патроны и оправки цанговые		—	—

Продолжение табл. П28

Наименование	Условное обозначение		
	Вид сбоку	Вид в плане	
		сверху	снизу
Патроны и оправки с гидропластовым зажимом		—	—
Патрон (зажим) пневматический		—	—
Патрон (зажим) гидравлический		—	—
Патроны (зажимы) магнитный и электромагнитный		—	—
Патрон (зажим) электрический		—	—
Патрон поводковый		—	—
Люнет неподвижный		—	—
Люнет подвижный		—	—
Оправка цилиндрическая гладкая		—	—
Оправка цилиндрическая шариковая (роликовая)		—	—
Оправки цилиндрические резьбовая (а) и шлицевая (б)		—	—

Окончание табл. П28

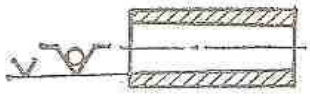
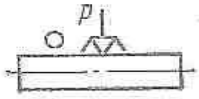
Наименование	Условное обозначение		
	Вид сбоку	Вид в плане	
		сверху	снизу
Оправка коническая роликовая		—	—
Зажим одиночный (механический)			
Зажим сблокированный двойной (механический)			
Зажим пневматический с цилиндрической рифленой рабочей поверхностью		—	—

Таблица П28

Краткая техническая характеристика металлообрабатывающих станков

Модель станка	Размеры обрабатываемой детали, мм		Число скоростей	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин	Число подач	Мощность, кВт	Масса,т	Габаритные размеры, мм
	диаметр	длина							
Автоматы токарно-револьверные одношпиндельные									
1Е125	25	100	-	левое 125-4000,правое 63-500	-	-	4,0	2,65	2160×100
1Е40	40	100	-	левое 80-2500,правое 40-315	-	-	5,5	2,65	2160×1000
Автоматы токарные одношпиндельные продольного точения									
11Т16В	16	80	-	450-6300	-	-	3,0	1,2	1900×945
1Д25В	25	100	-	315-4000	-	-	5,5	1,6	2600×1070
Автоматы токарные многошпиндельные горизонтальные прутковые									
1216-6	16	80	-	370-2650	-	-	7,5	4,0	5385×1000
1Б240-6	40	160	22	140-1600	-	-	15,0	11,6	6170×1700
1Б265-8К	50	150	24	97-1176	-	-	30,0	14,5	6130×1965
1Б265-6К	65	150	26	73-1065	-	-	30,0	14,5	6265×1965
1Б290-8К	80	250	20	80-706	-	-	30,0	22,5	8045×2185
1Б290-6К	100	200	20	70,5-660	-	-	30,0	22,0	5350×2475
1Б290-4К	125	200		50-508	-	-	30,0	22,0	5350×2130
Полуавтоматы токарные многошпиндельные горизонтальные патронные									
1Б240П-6	120	105	24	80-1120	-	-	18,5	11,5	4500×1750
1Б265П-8К	120	150	21	97-814	-	-	30,0	14,0	4675×1825
1Б265П-6К	160	150	24	78-805	-	-	30,0	14,0	4675×1825
1Б290П-8К	160	200	24	48-806	-	-	30,0	18,4	4325×2114
1Б290П-6К	200	200	24	42-617	-	-	30,0	18,4	4325×2011
Полуавтоматы токарные многошпиндельные вертикальные									
1К282	250	-	28	42-628	0,041-3,44	-	55,0	19,0	3070×2945
1283	400	-	28	28-410	0,094-3,85	-	100,0	20,5	3250×3065
1Б284	360	200	22	20-224	0,08-5,0	-	22	15,0	3285×2987

Продолжение табл. П28

Токарно-револьверные станки									
1Е316П	18	100	14	100-400	0,03-0,18	-	3,0	1,26	4020×920
1Е316ПЦ	18		14	100-400	-	-	3,0	1,64	4000×1290
1Г340ПЦ	40		12	45-2000	-	-	6,2	3,45	2900×1150
1А425	250	175		50-1250	-	-	7,5	4,8	2570×1650
Станки токарно-винторезные и токарные									
16У04П	200	500	-	70-3500	-	-	1,1	0,52	1380×730
16Б05А	250	500	-	25-2500	-	-	1,5	1,24	1530×910
1М61	320	710	24	12,5-1600	0,08-1,9	-	4,0	1,26	2055×1095
16К20	400	710	23	12,5-1600	0,05-2,8	42	10	2,84	2505×1190
16К20	400	1000	23	12,5-1600	0,05-2,8	42	10	3,0	2795×1190
16К20	400	1400	23	12,5-1600	0,05-2,8	42	10	3,23	3195×1190
16К20	400	2000	23	12,5-1600	0,05-2,8	42	10	3,69	3795×1190
1М63Б	630	2800	22	10-1250	0,06-1,0	42	15	5,6	4950×1780
1А64	800	2800	24	7,1-750	0,20-3,05	32	18,5	11,4	5825×2000
Полуавтоматы токарные многорезцовые копировальные									
1716Ц	400	750	-	100-2000	6,3-1250	-	18,5	5,7	3250×1480
КМ144	500	1000	-	80-800	15-500	-	45,0	10,6	5250×1575
КМ205	580	360	-	80-800	0,015-0,8	-	30,0	6,0	2500×1405
1Б732	320	1000	-	56-900	20-350	-	37,0	13,2	3590×2390
1Н713	500	500	-	63-1250	25-400	-	18,5	4,4	2450×1290
Станки вертикально-сверлильные									
2Г125	25	200	-	63-2000	0,1-1,6	9	2,2	0,78	730×910
2Н135Б	35	500	12	31,5-1400	0,1-1,6	9	4,0	3,5	1700×1030
2Н150	50	300	12	22,4-1000	0,05-2,24	12	7,5	1,87	2930×890
2Г175Б	75	500	-	56-710	0,05-2,24	12	11,0	3,6	1700×1030
2Г175М	85	500	12	22-1000	0,05-2,24	12	11,0	5,0	1800×1100
Станки центровальные и фрезерно-центровальные									
2А931	125	70-500	-	500-2000	0,01-0,16	-	4,4	2,39	2000×1050
2982	25-80	250-1000	-	-	-	-	26,81	8,6	4000×4150
Станки круглошлифовальные									
3У132	280	1000	-	40-400	0,05-5,0	-	5,5	6,5	5500×2585
3М131	280	700	-	1590	0,05-5,0	-	7,5	6,8	5500×2585
3У142	420	1000	-	30-300	0,05-5,0	-	7,5	7,5	6310×2585
3У144	400	2000	-	30-300	0,05-4,5	-	7,5	10,0	6920×2585
3М151	200	700	-	50-500	0,05-5,0	-	10,0	5,6	4975×2241
3М152	200	1000	-	50-500	0,05-5,0	-	10,0	6,1	4975×2337
3М173	400	1400	-	1270	0,05-5,0	-	18,5	11,8	5800×2840
Станки бесцентрово-шлифовальные									
3М182	0,8-75	170		17-150	-	-	7,5	3,47	2230×1455
3М184	3-80	250		11-150	-	-	10,0	6,85	2945×1885
3М185	8-160	320		15-100	-	-	22,0	9,29	3250×2550
Станки внутришлифовальные									
3К225В	3-25	50		280-2000	1-7	-	0,76	2,8	2225×1775
3К227В	20-100	125		60-1200	1-7	-	4,0	4,3	2815×1900
3К228В	50-200	200		100-600	-	-	5,5	6,6	3970×2200
3К229В	100-400	320		40-240	-	-	7,5	8,6	4570×2530

Продолжение табл. П28

Станки плоскошлифовальные с прямоугольным столом									
3Д722	1250×320×400*	-	-	1460	300-1260	-	15,0	8,7	4010×2130
3Д725	2000×630×630*	-	-	1500	3-30	-	30,0	15,45	5750×2860
3Д732	800×320×400*	-	-	1460	300-1220	-	22,0	8,2	4010×2130
Станки плоскошлифовальные с круглым столом									
3Е756	800	450		1000	5-30	-	55,0	10,1	2800×2500
3П772-2	1000	250		0,25-1,4			30,0	14,8	5325×4400
Станки шлицешлифовальные									
3451	11-25	550	-	2880,4500	1-22	-	3,0	3,9	2600×1515
				6300					
3451Б	11-125	850	-	6300	1-22	-	3,0	4,63	3450×1515
3451В	11-125	1250	-	2880,	1-22	-	3,0	6,2	4450×1515
				4550,6300					
3451Г	11-125	1850	-	6300	1-22	-	3,0	6,8	5250×1515
3П451	11-125	380	-	6300	1-22	-	3,0	4,1	2600×1515
Резьбошлифовальные станки									
5К821В	2-95	270	-	0,3-55	-	-	3,0	4,85	1795×1910
5К822В	3-150	375	-	0,3-55	-	-	3,0	5,35	22×2038
5К823В	30-320	950	-	0,11-33	-	-	5,5	8,7	3780×2510
Станки зубофрезные для цилиндрических колес									
5304П	80, m=1,5	-	-	200-1250	0,1-1,6	-	1,5	2,48	1215×1195

5К301П	125, m=2,5	-	-	100-500	0,35-45	-	2.2	1,84	1320×1120
53А30	320, m=6,0	-	-	50-400	0,63-7	-	4,2	6,8	2300×1500
53А50	500, m=8,0	-	-	40-405	0,75-7,5	-	12,5	9,85	2670×1810
53А80	800, m=10	-	-	40-405	0.75-7,5	-	12,5	10,8	2897×1810
5К328А	800, m=12	-	-	32-200	0,5-5,6	-	10,0	13,98	3580×1790
5А342П	1200, m=20	-	-	8-100	0,3-15	-	13,0	31,8	6910×2990
Станки зубодолбежные для цилиндрических колес									
5111	80, m=1	20	-	250-1600	0,25-0,16	-	1,1	1,77	1635×1090
5122	200, m=5	50	-	200-850	0,16-1,60	-	2,8	4,4	2000×1450
5140	500, m=8	100	-	65-450	0,02-0,1	-	3,1	4,4	1900×1450
5М150	800, m=12	160	-	33-188	-	-	5,7	10,8	4210×1800
5М161	1250, m=12	160	-	33-212	-	-	5,7	10,9	4385×1860
Станки шлицефрезерные									
5350А	150, m=6	925	-	80-250	0,63-5	-	6,5	4,1	2585×1550
5350В	150, m=6	1425	-	80-250	0,63-5	-	7,0	4,1	3095×1550
Станки зуборезные для прямозубых конических колес									
5Т23В	125, m=1,5	12	-	210-660	-	-	1,1	3,0	1620×1050
5236П	125, m=2,5	20	-	-	-	-	1,1	3,0	1620×1050
5С276П	500, m=10	80	-	42-400	-	-	4,0	9,0	2940×2090
5С286П	800, m=16	125	-	34-167	-	-	7,5	15,5	3235×2180
5Е283	1600, m=30	270	-	17-127	-	-	7,5	19,12	3725×2780
Станки горизонтально-фрезерные консольные									
6Р81Г	250×1000*	50-410		50-1600	35-1020	-	5,5	2,21	1480×1990
6Р82Г	320×1250*	30-450	18	31,5-1600	25-1250	18	7,5	2,83	2305×1950
6Р83Г	400×1600*	30-450	18	31,5-1600	25-1250	18	11,0	3,7	2560×2260
Станки вертикально-фрезерные консольные									
6Р11	250×1000*	50-410		50-1600	35-1020	-	5,5	2,36	1480×1990
6Р12	320×1250*	50-450	18	31,5-1600	25-1250	18	7,5	3,12	2305×1950
6Р13	400×1600*	80-500	18	31,5-1600	25-1250	18	11,0	4,2	2560×2260
Станки горизонтально-протяжные									
7Б55	100000 Н	1250	-	0,025-0,19	-	-	17,0	5,1	6340×2090
7Б56	200000 Н	1550	-	0,025-0,22	-	-	30,0	7,0	7200×2135
7Б57	400000 Н	2000		0,016-0,10	-	-	40,0	13,0	9400×2500
Станки протяжные вертикальные									
7Б64	500000 Н	1000	-	0,025-0,19	-	-	11,0	5,0	2875×1350

Окончание табл. П28

7Б65	100000 Н	1250	-	0,025-0,19	-	-	22,0	8,2	3292×1333
7Б66	200000 Н	1250	-	0,025-0,22	-	-	30,0	11,0	3860×1392
Станки с числовым программным управлением Токарные									
16Б16Ф3-05	320	750	-	40-2000	1-1200	-	7,1	3,0	3385×3260
16К20Т1-01	500	1000	22	12,5-2000	0,0-2,8	-	11,0	4,1	3700×1700
16К20Ф3С5	500	1000	23	12,5-2000	3-1200	-	11,0	5,2	3360×1710
16К30Ф3	630	1400	-	6,3-1250	0,010	-	22,0	7,4	4300×2200
Вертикально-сверлильные									
2Р135Ф2-1	35,М24	360	-	45-2000	10-500	-	3,7	4,7	1860×2170
Круглошлифовальные и плоскошлифовальные									
3М151Ф2	200	700	-	50-500	0,04-1,2	-	10,0	6,5	5400×2400
3Е711Ф1	630×200×320*			0,03-0,58	-	-	5,5	3,65	2965×1980
Вертикально-фрезерные консольные									
6Р11Ф3-1	250×1000	50-400	-	80-2500	0,1-4800	-	5,5	3,9	2265×2230
6Р13Ф3-01	400×1600	70-450	-	40-2000	10-2000	-	7,5	5,6	3620×3200

*Размеры стола станка, мм

Модель станка	Размеры обрабатываемой детали, мм		Число скоростей	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин	Число подач	Мощность, кВт	Масса,т	Габаритные размеры, мм
	диаметр	длина							
Многооперационные станки Вертикально-сверлильно-фрезерно-расточный полуавтомат									
243ВМФ2	25сверл. 160 раст. Магазин 30 инстр.	-	21	40-2500	3,15-2500	30	2,2	-	1590×1640
Горизонтальный фрезерно-сверлильно-расточный полуавтомат									
6904ВМФ2	400×500 Магазин 30 инстр.		19	32-2000	3,15-2500	31	4,5	-	2650×1950
Горизонтальный многооперационный полуавтомат									
6305Ф4	12×500		21	16-1600	10-2500	-	7,8	-	3900×2650

*Размеры стола станка, мм

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение…… 3
1. Цели и задачи курсового проектирования……..... 3
2. Тематика курсовых проектов (работ)……... 4
3. Объем курсового проекта (работы)……... 4
4. Содержание расчетно-пояснительной записки…… 5
5. Оформление графической части проекта…….. 59
6. Общие требования к пояснительной записке 64
Заключение …….. 65
Библиографический список ……... 66
Приложение ……. 68