

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

О. К. Димитрюк, С. О. Димитрюк, С. Г. Танкова

**ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Часть 3

Утверждено в качестве учебного пособия
Учёным советом Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

Комсомольск-на-Амуре
2014

УДК 621.7(07)

ББК 34.5я7

Д464

Рецензенты:

ООО «Научно-Технический Центр Информационные Технологии»,
начальник патентно-лицензионного отдела,
кандидат технических наук Н. М. Паладин;

С. А. Симакин, зам. начальника цеха по подготовке производства
Филиала ОАО «Авиационная холдинговая компания «Сухой»
«Комсомольский-на-Амуре авиационный завод имени Ю. А. Гагарина»

Димитрюк, О. К.

Д464 Технология машиностроения. Курсовое проектирование : учеб.
пособие : в 3 ч. / О. К. Димитрюк, С. О. Димитрюк, С. Г. Танкова. –
Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2014.

ISBN 978-5-7765-0935-3

Ч. 3. – 132 с.

ISBN 978-5-7765-1089-2

Учебное пособие предназначено для качественного выполнения курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения», курсовой работы по дисциплине «Основы технологии машиностроения», технологического раздела при выполнении дипломного проекта и выпускной квалификационной работы.

В третьей части пособия рассмотрены вопросы разработки маршрутной технологии, проектирования единичного технологического процесса механической обработки наиболее сложных деталей машиностроения в условиях серийного производства; вопросы, сопровождающие разработку технологического процесса: расчет припусков на обработку; расчет режимов резания; нормирование операций; выбор технологического оборудования, оснастки, контрольно-измерительной аппаратуры. Основное внимание уделено обеспечению качества изготавливаемых изделий. Приведены основные понятия и контрольные вопросы. Большое внимание уделено разработке технологической документации для процессов механической обработки.

Пособие предназначено для студентов машиностроительных специальностей вузов.

УДК 621.7(07)

ББК 34.5я7

ISBN 978-5-7765-1089-2 (ч. 3) © ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре
ISBN 978-5-7765-0935-3 государственный технический
университет», 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ	5
1.1 Расчёт припусков и операционных размеров	5
1.2 Размерный анализ технологических операций	14
1.3 Построение операций механической обработки	23
1.4 Выбор оборудования	30
1.5 Выбор технологической оснастки	33
1.6 Выбор методов и средств технического контроля	37
1.7 Определение режимов резания	43
1.8 Нормирование операций	50
1.9 Разработка операционных эскизов	55
1.10 Разработка инструментальных наладок	62
2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	71
2.1 Маршрутная карта	72
2.2 Операционная карта	85
2.3 Карта эскизов	92
2.4 Документы технического контроля	96
2.4.1 Точность геометрических форм	98
2.4.2 Точность размеров	100
2.4.3 Точность расположения поверхностей	103
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	108
ПРИЛОЖЕНИЕ А ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ	113
ПРИЛОЖЕНИЕ Б ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	114
ПРИЛОЖЕНИЕ В ПРИМЕРНЫЙ СОСТАВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	116
ПРИЛОЖЕНИЕ Г ПРИМЕРНЫЙ СОСТАВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА С РАЗВИТОЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЧАСТЬЮ	117
ПРИЛОЖЕНИЕ Д МЕЖОПЕРАЦИОННЫЕ ПРИПУСКИ НА ОБРАБОТКУ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ	118

ВВЕДЕНИЕ

Технология машиностроения включает все этапы процесса изготовления продукции машиностроения, объединяя преимущественно процессы механической обработки заготовок и сборки сборочных единиц и изделий в целом. Это объясняется тем, что в машиностроении заданные размеры и формы детали с требуемой точностью их параметров и необходимым качеством поверхностного слоя достигаются в основном путём механической обработки.

Третья часть учебного пособия поможет при разработке технологических процессов механической обработки решить следующие задачи:

- рассчитать и выбрать припуски на механическую обработку;
- выявить погрешности несовмещения баз и выполнить размерный анализ технологических операций;
- определить операционные и настроечные размеры;
- правильно выбрать схемы операций механической обработки с учётом типа производства;
- обосновано выбрать технологическое оборудование для осуществления процесса, правильно выбрать станочную технологическую оснастку и режущий инструмент;
- выбрать методы и средства технического контроля;
- рассчитать или выбрать режимы резания на операции механической обработки;
- выполнить нормирование операций разрабатываемого технологического процесса;
- разработать операционные эскизы и эскизы инструментальных наладок.

В пособии приведены справочные материалы, позволяющие значительно ускорить решение поставленных задач. Во втором разделе даны указания по подготовке технологической документации разрабатываемых технологических процессов механической обработки в соответствии с действующими стандартами.

Целью каждого технологического процесса является изготовление качественных машин, отвечающих служебному назначению и полученных с наименьшими затратами. Для успешного решения задач обеспечения требуемого качества и точности в пособии предложена определённая последовательность разработки единичного технологического процесса механической обработки.

В современных условиях резко возрастает значение таких классических для инженерной высшей школы форм самостоятельной творческой работы, как курсовое проектирование.

Большое внимание уделено вопросам достижения требуемой точности и качества при разработке единичных технологических процессов

механической обработки. В пособии приведены контрольные вопросы и ответы для повторения теоретической подготовки и качественного выполнения курсового проектирования, а также примеры оформления титульного листа пояснительной записки, задания на курсовой проект и примерный состав пояснительной записки (приложения А, Б, В, Г).

1 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

1.1 Расчёт припусков и операционных размеров

При расчёте припусков и операционных размеров определяют толщину удаляемых слоёв материала, необходимых для получения поверхностей детали с требуемой точностью размеров и качеством при принятой схеме механической обработки, уточняют размеры заготовки, определяют промежуточные размеры, допуски и отклонения. Исходными данными для этого являются: чертёж детали, планы обработки каждой поверхности в соответствии с технологическим процессом, способ получения исходной заготовки, таблицы точности размеров; таблицы для определения элементов припуска Rz , h , Δ_{Σ} , ε .

Для расчёта припусков применяют опытно-статистический и расчётно-аналитический методы.

При **опытно-статистическом методе** общие и промежуточные припуски выбирают по таблицам нормативов, которые составлены на основе обобщения и систематизации производственных данных.

Преимущества опытно-статистического метода:

- простота;
- позволяет определить размеры заготовки до разработки технологического процесса;
- сокращает сроки разработки технологического процесса.

Недостатки:

- припуски определяют приближённо;
- завышенные отходы материала в стружку;
- не всегда гарантируется качество поверхности.

Расчётно-аналитический метод определения припусков разработал доктор технических наук, профессор В. М. Кован. Согласно этому методу промежуточный припуск должен быть таким, чтобы при его снятии устранялись погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предшествующих технологических переходах, а также погрешности установки заготовки, возникающие на выполняемом переходе. Метод основан на учёте конкретных условий выполнения технологического процесса обработки.

Преимущества расчётно-аналитического метода:

- экономия материала;
- снижение трудоёмкости механической обработки.

Недостатки:

- повышение трудоёмкости определения припусков (расчётов);
- наличие разработанного технологического процесса.

Элементы припуска

Минимальный припуск определяют следующие факторы:

1) *Высота неровностей профиля* Rz_{i-1} на предшествующем переходе. При выполнении первого технологического перехода эту величину выбирают по исходной заготовке.

2) *Глубина дефектного поверхностного слоя* h_{i-1} на предшествующем переходе. Этот слой отличен от основного металла, и его величину определяют в зависимости от способа получения заготовки или способа обработки.

3) *Пространственные суммарные отклонения* $\Delta_{\Sigma i-1}$ расположения поверхности на предшествующем переходе. К таким относятся отклонения от соосности, параллельности, перпендикулярности, симметричности, пересечения осей, формы поверхности. Расчётные зависимости для определения Δ_{Σ} приведены в литературе [33].

4) *Погрешность установки заготовки* ε_i на выполняемом переходе. Эту погрешность определяют как сумму погрешности несовмещения баз $\varepsilon_{н.б.}$, погрешности закрепления ε_3 , погрешности приспособления $\varepsilon_{пр.}$:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_{н.б.}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр.}^2}.$$

Методика определения погрешности установки и её составляющих имеется в литературе [33].

Минимальный промежуточный припуск на механическую обработку определяют по приведённым ниже структурным формулам.

Минимальный припуск на сторону при последовательной обработке противоположных или отдельно расположенных поверхностей (односторонний припуск)

$$Z_{i \min} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i.$$

Минимальный припуск на две стороны (двусторонний) при параллельной обработке противоположащих поверхностей

$$2Z_{i \min} = 2[(Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i].$$

Минимальный припуск на диаметр при обработке наружных или внутренних поверхностей вращения

$$2Z_{i \min} = 2[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}].$$

В соответствии с технологическим процессом механической обработки и требованиями точности чертежа необходимо определить минимальные припуски на обработку каждой поверхности и получить размеры исходной заготовки.

Порядок расчёта минимальных припусков и предельных размеров наружных (в скобках – внутренних) поверхностей следующий:

1) Пользуясь рабочим чертежом детали и картой технологического процесса механической обработки, записать в расчётную карту обрабатываемые элементарные поверхности заготовки и технологические переходы в порядке последовательности их выполнения при обработке по каждой элементарной поверхности от черной заготовки до окончательной обработки.

2) Определить и записать значения Rz , h , Δ_{Σ} , ε и T (допуск размера).

3) Определить минимальные припуски на обработку Z_{\min} по всем технологическим переходам.

4) Записать для конечного перехода в графу «Расчётный размер» наименьший (наибольший) предельный размер детали по чертежу.

5) Для перехода, предшествующего конечному, определить расчётный размер путём прибавления к наименьшему предельному размеру по чертежу расчётного припуска Z_{\min} .

6) Последовательно определить расчётные размеры для каждого предшествующего перехода путём прибавления к расчётному размеру следующего за ним смежного перехода расчётного припуска Z_{\min} .

7) Записать наименьшие (наибольшие) предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их увеличением (уменьшением) расчётных размеров; округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.

8) Определить наибольшие (наименьшие) предельные размеры путём прибавления (вычитания) допуска к округлённому наименьшему предельному размеру (от округлённого наибольшего предельного размера).

9) Записать предельные значения припусков Z_{\max} как разность наибольших (наименьших) предельных размеров предшествующего и выполняемого (выполняемого и предшествующего) переходов.

10) Определить общие припуски $Z_{o \max}$, суммируя промежуточные припуски на обработку.

11) Проверить правильность расчётов по формулам

$$\begin{aligned}Z_{i \max} - Z_{i \min} &= T_{i-1} - T_i; \\Z_{o \max} - Z_{o \min} &= T_3 - T_d; \\2Z_{i \max} - 2Z_{i \min} &= T_{D i-1} - T_{D i}; \\2Z_{o \max} - 2Z_{o \min} &= T_{D3} - T_{Dd}.\end{aligned}$$

Задание. Рассчитать припуски расчётно-аналитическим способом для двух точных поверхностей (одной наружной и одной внутренней), выполненных по 6...8-му квалитетам. Внутренняя поверхность должна быть получена в исходной заготовке. Если отверстие получают в заготовке сверлением, то в этом случае припуска достаточно и расчёт припусков не имеет смысла.

Припуски рассчитывают при выполнении контрольных заданий, контрольных и курсовых работ, курсовых и дипломных проектов по дисциплине «Технология машиностроения». Исходным материалом является чертёж корпусной детали по теме дипломного проекта.

Результаты расчёта припусков заносят в карту расчёта припусков. В таблице 1.1 приведён пример расчёта припусков и промежуточных (операционных) размеров для отверстия Ш 62H7.

Таблица 1.1 – Карта расчёта припусков и предельных размеров

Поверхность детали и план обработки	Элементы припуска, мкм				Допуск на размер T_d , мкм	Расчётный		Принятые (округлённые) размеры, мм		Предельные припуски, мкм	
	Rz_{i-1}	h_{i-1}	$\Delta_{\Sigma i-1}$	ε_i		припуск Z_i , мкм	размер, мм	d_{\max}	d_{\min}	Z_{\max}	Z_{\min}
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Отв.Ш62H7(^{+0,03})											
Заг.отл.Пкл.точ.	400	400	180	-	1600	-	59,40	59,40	57,80	-	-
Растачивание черновое Н13	80	80	11	130	460	2 · 1025	61,45	61,45	61,00	3200	2050
чистовое Н10	25	25	9	-	120	2 · 170	61,79	61,79	61,67	670	340
тонкое Н7	-	-	-	70	30	2 · 120	62,03	62,03	62,00	330	240
Общие припуски										4200	2630
Проверка расчёта: $Td_3 - Td_d = 1570$, $2Z_{o \max} - 2Z_{o \min} = 4200 - 2630 = 1570$											

Промежуточные размеры и размеры исходной заготовки определяют по формулам:

- для наружных поверхностей

$$a_{\min i-1} = a_{\min i} + Z_{\min i}; \quad a_{\max i-1} = a_{\min i-1} + T_{i-1};$$

$$d_{\min i-1} = d_{\min i} + 2Z_{\min i}; \quad d_{\max i-1} = d_{\min i-1} + T_{d i-1};$$

- для внутренних поверхностей

$$A_{\max i-1} = A_{\max i} - Z_{\min i}; \quad A_{\min i-1} = A_{\max i-1} - T_{i-1};$$

$$D_{\max i-1} = D_{\max i} - 2Z_{\min i}; \quad D_{\min i-1} = D_{\max i-1} - T_{D i-1},$$

где $Z_{\min i}$ – минимальный (расчётный) припуск на сторону на выполняемый технологический переход; $2Z_{\min i}$ – минимальный (расчётный) припуск на

обе стороны или по диаметру; $a_{\min i-1}$, $A_{\min i-1}$, $D_{\min i-1}$, $d_{\min i-1}$, и $a_{\max i-1}$, $A_{\max i-1}$, $d_{\max i-1}$, $D_{\max i-1}$ – соответственно наименьшие и наибольшие предельные размеры, полученные на предшествующем переходе; $a_{\min i}$, $d_{\min i}$ и $A_{\max i}$, $D_{\max i}$ – соответственно наименьшие и наибольшие предельные размеры, полученные на выполняемом переходе.

Пример. Взаимосвязи между припусками, допусками и промежуточными размерами наглядно показаны на схеме их расположения. Схема расположения припусков приведена для обработки отверстия Ш 62H7(+0,03), подвергаемого черновому, чистовому и тонкому растачиванию.

Схема построена в соответствии с методикой расчёта припусков. Из схемы видны промежуточные размеры по всем переходам, припуски и допуски (рисунок 1.1).

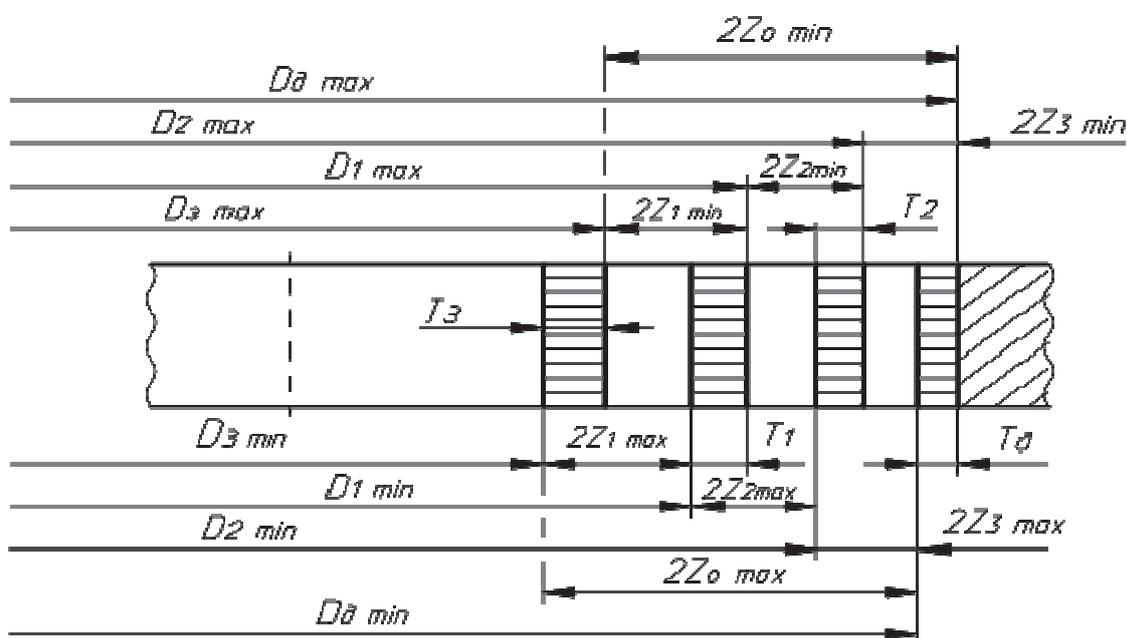


Рисунок 1.1

Обозначения на рисунке 1.1: $D_{\delta \max}$ – наибольший предельный размер отверстия детали; $D_1 \max$, $D_2 \max$ – наибольшие промежуточные размеры отверстия; $D_3 \max$ – наибольший предельный размер отверстия заготовки; $Z_0 \min$ – общий минимальный припуск на механическую обработку; $Z_1 \min$, $Z_2 \min$, $Z_3 \min$ – минимальные припуски соответственно на первом, втором, третьем технологическом переходе; T_{δ} – допуск на отверстие детали; T_1 , T_2 – допуски соответственно на отверстия при первом, втором переходе; T_3 – допуск на отверстие исходной заготовки; $D_{\delta \min}$ – наименьший предельный размер отверстия детали; $D_1 \min$, $D_2 \min$ – наименьшие промежуточные размеры отверстия; $D_3 \min$ – наименьший предельный размер отверстия заготовки; $Z_0 \max$ – общий максимальный припуск на механическую обработку;

$Z_{1\max}$, $Z_{2\max}$, $Z_{3\max}$ – максимальные припуски соответственно на первом, втором, третьем технологическом переходе.

Исходным размером при построении схемы является предельный размер поверхности по чертежу.

Минимальный общий припуск $Z_{0\min}$ получается суммированием промежуточных минимальных припусков по всем технологическим переходам:

$$Z_{0\min} = \sum Z_{i\min}.$$

Аналогично определяют максимальный общий припуск

$$Z_{0\max} = \sum Z_{i\max}.$$

Общие припуски при двусторонней обработке

$$2Z_{0\min} = \sum 2Z_{i\min};$$

$$2Z_{0\max} = \sum 2Z_{i\max}.$$

Промежуточные (операционные) размеры, допуски и отклонения определяют в зависимости от точности размеров и установленных припусков на механическую обработку. Наименьшие (наибольшие для отверстий) предельные промежуточные размеры по технологическим переходам устанавливают начиная с наименьших (наибольших) предельных размеров по чертежу прибавлением (вычитанием) рекомендуемых технической литературой промежуточных припусков.

1) Если припуски определены расчётно-аналитическим методом, то промежуточные размеры, допуски и отклонения устанавливают из карты расчёта припусков, например, как показано в таблице 1.1.

2) Если припуски определены опытно-статистическим методом, то промежуточные размеры, допуски и отклонения устанавливают в соответствии с рекомендациями, указанными ниже.

Если припуски определены расчётно-аналитическим методом, то из таблицы припусков выписывают наименьшие и наибольшие предельные размеры по каждому технологическому переходу (графы 9 и 10 таблицы 1.1). Для охватываемого (охватывающего) размера за номинальный принимают наибольший (наименьший) предельные размеры, можно округлить эти размеры до удобного ближайшего числа.

Далее определяют верхнее и нижнее предельные отклонения. Если номинальный размер будет принят равным наибольшему (наименьшему), то верхнее (нижнее) отклонение будет равно нулю, а нижнее (верхнее) – минус (плюс) величина допуска для данного промежуточного размера. Если номинальный размер округляют, то отклонения определяют по формулам:

- для охватываемых размеров

$$\text{верхнее } es = d_{\max} - D; \quad \text{нижнее } ei = d_{\min} - D;$$

- для охватывающих размеров

$$\text{верхнее } ES = D_{\max} - D; \text{ нижнее } EI = D_{\min} - D,$$

где d_{\max} (D_{\max}), d_{\min} (D_{\min}) – соответственно наибольшие, наименьшие предельные размеры; D – номинальный размер.

Если припуски определены опытно-статистическим методом, то промежуточные размеры, допуски и отклонения на каждый технологический переход определяют последовательно начиная с размера, заданного по чертежу, наибольшего (наименьшего) прибавлением (вычитанием) промежуточного табличного припуска на рассматриваемый технологический переход.

Если по таблицам находят общий припуск на обработку, то его рекомендуется перераспределять следующим образом: 70 % суммарного припуска отводить для черновой, а остальную часть (30 %) – для чистовой обработки. При черновой, получистовой и чистовой обработке припуск перераспределяют соответственно: 70, 20 и 10 % общего припуска.

Практическое определение промежуточных (операционных) размеров рассмотрено на примерах.

Пример 1. Для обработки отверстия Ш *62Н7* применён расчётно-аналитический метод определения припусков, все данные взяты из карты расчёта припусков (см. таблицу 1.1). В таблице 1.2 приведены данные и результаты полученных промежуточных размеров.

Таблица 1.2 – Определение промежуточных размеров

Поверхность детали и план обработки	Допуск на промежуточные размеры T , мкм	Предельные размеры		Промежуточный размер
		наибольший D_{\max} , мм	наименьший D_{\min} , мм	
Отв.Ш62Н7(^{+0,03}) Заг.отл.Пкл.точ.	1600	59,40	57,80	Ш 58 ^{+1,4} _{-0,2}
Растачивание черновое Н13	460	61,45	61,00	Ш 61 ^{+0,45}
чистовое Н10	120	61,79	61,67	Ш61,7 ^{+0,09} _{-0,03}
тонкое Н7	30	62,03	62,00	Ш 62 ^{+0,03}

Пример 2. Для обработки отверстия Ш *62Н10* применён опытно-статистический метод определения припусков, все данные взяты из справочника [29]. В таблице 1.3 приведены данные и результаты полученных промежуточных размеров.

Пример 3. Для обработки отверстия Ш *62Н7* применён опытно-статистический метод определения припусков, все данные взяты из справочника [29]. В таблице 1.4 приведены данные и результаты полученных промежуточных размеров.

Таблица 1.3 – Определение промежуточных размеров

Поверхность детали и план обработки	Допуск на промежуточные размеры T , мкм	$2Z_o$, мм	Номинальный размер $D_{ном}$, мм	$2Z_i$, мм	Промежуточный размер
Отв.Ш62Н10	1600	-	57,00		Ш 57±0,8
Заг.отл.Пкл.точ.					
Растачивание	460	5,0	60,50	3,5	Ш 60,5 ^{+0,46}
черновое Н13					
чистовое Н10	120		62,00	1,5	Ш 62 ^{+0,12}
Обозначения: $2Z_o$ – двусторонний общий табличный припуск; $2Z_i$ – двусторонние промежуточные припуски на механическую обработку					

Таблица 1.4 – Определение промежуточных размеров

Поверхность детали и план обработки	Допуск на промежуточные размеры T , мкм	$2Z_o$, мм	Номинальный размер $D_{ном}$, мм	$2Z_i$, мм	Промежуточный размер
Отв.Ш62Н7	1600	-	57,0		Ш 57±0,8
Заг.отл.Пкл.точ.					
Растачивание	460	5,0	60,5	3,5	Ш 60,5 ^{+0,46}
черновое Н13					
чистовое Н10	120		61,5	1,0	Ш 61,5 ^{+0,12}
тонкое Н7	30		62,0	0,5	Ш 62 ^{+0,03}
Обозначения: $2Z_o$ – двусторонний общий табличный припуск; $2Z_i$ – двусторонние промежуточные припуски на механическую обработку					

Основные термины и понятия [33]

Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности.

Различают промежуточные и общие припуски.

Промежуточный припуск – припуск, удаляемый при выполнении одного технологического перехода.

Общий припуск – сумма промежуточных припусков по всему технологическому маршруту механической обработки данной поверхности. Общий припуск определяют как разность размеров исходной заготовки и детали.

Оптимальный припуск – припуск, обеспечивающий получение требуемого качества обрабатываемой поверхности и удаляемый с наименьшими затратами.

Рекомендации по выбору припусков

Выбор общих и операционных припусков и допусков имеет большое технико-экономическое значение.

Чрезмерно большие припуски снижают экономическую эффективность процесса за счёт потерь металла, переводимого в стружку. Удаление лишних слоёв металла требует введения дополнительных технологических

переходов, увеличивает трудоёмкость процессов обработки, расход энергии и режущего инструмента, повышает себестоимость обработки. При увеличенных припусках в некоторых случаях удаляют наиболее износостойкий слой обрабатываемой поверхности детали, т.е. положительные свойства наклёпа.

Чрезмерно малые припуски также нежелательны. Они не обеспечивают удаление дефектных поверхностных слоёв и получение требуемой точности и шероховатости обработанных поверхностей, а в некоторых случаях создают неприемлемые условия для работы металлорежущего инструмента по литейной корке или окалине. Чрезмерно малые припуски требуют повышения точности заготовок, затрудняют их разметку и выверку на станках и в конечном счёте увеличивают вероятный процент брака.

Правильно выбранный припуск обеспечивает:

- 1) устойчивую работу оборудования при достижении высокого качества продукции;
- 2) минимальную себестоимость продукции.

Для определения припусков, допусков, межоперационных и межпереходных размеров при различных способах обработки можно воспользоваться приложением Д.

Литература: [1; 3; 4; 20; 22; 23; 25; 26; 27; 28; 29; 31; 33].

Контрольные вопросы

- 1) *Что означает термин «припуск»?*
- 2) *Что означает термин «промежуточный припуск»?*
- 3) *Что означает термин «общий припуск»?*
- 4) *Что означает термин «оптимальный припуск»?*
- 5) *Назовите методы расчёта припусков.*
- 6) *Какие элементы определяют припуск?*
- 7) *Какие преимущества методов расчёта припусков?*
- 8) *Какие недостатки методов расчёта припусков?*
- 9) *Какова зависимость для расчёта минимального припуска при односторонней обработке?*
- 10) *Какова зависимость для расчёта минимального припуска при двухсторонней обработке?*
- 11) *Какова зависимость для расчёта минимального припуска на диаметр при обработке наружных или внутренних поверхностей вращения?*
- 12) *Какой размер принимают в качестве расчётного размера на последнем переходе для вала?*
- 13) *Какой размер принимают в качестве расчётного размера на последнем переходе для отверстия?*
- 14) *Как определяют общий припуск?*

15) Как определяют промежуточные размеры для поверхностей, у которых припуски на обработку определены опытно-статистическим методом?

16) Как определяют промежуточные размеры для поверхностей, у которых припуски на обработку определены расчётно-аналитическим методом?

17) Как перераспределяют общий табличный припуск на обработку при определении промежуточных размеров?

1.2 Размерный анализ технологических операций

Размерный анализ технологических процессов предполагает определение погрешности несовмещения баз, перерасчёт конструкторских размеров на технологические и определение настроечных размеров в пределах поля допуска.

Определение погрешности несовмещения баз

В процессе обработки заготовки возникают погрешности, которые должны находиться в пределах допусков, заданных на чертеже. При этом процесс достижения точности заготовки делят на три отдельных этапа:

1) **установку** – ориентацию, фиксацию и закрепление заготовки с требуемой точностью;

2) **статическую настройку** – подведение и установку без рабочих нагрузок режущего инструмента относительно заготовки;

3) **динамическую настройку** – выполнение обработки резанием со всеми присущими ей явлениями.

Погрешности обработки, возникающие на первом этапе, называют погрешностями установки. **Погрешность установки** ε , как одна из составляющих общей погрешности выполняемого размера, состоит из погрешности несовмещения баз $\varepsilon_{н.б.}$, погрешности закрепления $\varepsilon_з$ и погрешности положения заготовки $\varepsilon_{пр}$, вызываемой неточностью приспособления.

Погрешность несовмещения баз – разность предельных положений измерительной базы относительно технологической или относительно установленного на размер инструмента.

Погрешность несовмещения баз возникает при установке заготовки на плоскость, на призму по наружной цилиндрической поверхности и на установочные пальцы или на отверстия. Определение погрешностей несовмещения баз (базирования) производят по формулам геометрических построений на основании теории, изложенной в учебной и технической литературе по данному разделу.

Рассмотрим методику выявления и определения погрешности несовмещения баз при установке заготовки на плоскость.

На рисунке 1.2 показана схема фрезерования паза с установкой заготовки на плоскость 1. На рабочем чертеже детали конструктором задан размер $30_{-0,2}$. На рисунке 1.2, а в качестве технологической базы выбрана плоскость 1 (технологическая база показана условно опорными точками приспособления), являющаяся измерительной или конструкторской базой. Другими словами технологическая база совмещена с измерительной базой. В этом случае при обработке всех заготовок из операционной партии их нижние поверхности 1 будут занимать постоянное положение относительно настроенного инструмента (поверхности 2) и погрешность несовмещения баз $\varepsilon_{н.б}$ будет равна нулю.

Погрешность несовмещения баз $\varepsilon_{н.б}$ возникает только при не совмещении технологической базы с измерительной (конструкторской) базой.

При совмещении технологической базы с измерительной (конструкторской) базой погрешность несовмещения баз равна нулю, $\varepsilon_{н.б} = 0$.

На рисунке 1.2, б измерительной базой является поверхность 3 (необходимо получить размер $20 \pm 0,2$), а поверхность 1 является технологической базой. В этом случае погрешность несовмещения баз неизбежна, т.к. при неизменности положения режущего инструмента (фрезы, плоскости 2) будет изменяться положение поверхности 3 относительно технологической базы (поверхности 1) при установке и обработке всех следующих заготовок в партии. Изменение (колебание) поверхности 3 относительно инструмента составит в пределах допуска на размер $50_{-0,4}$, полученного при обработке на предыдущей операции.

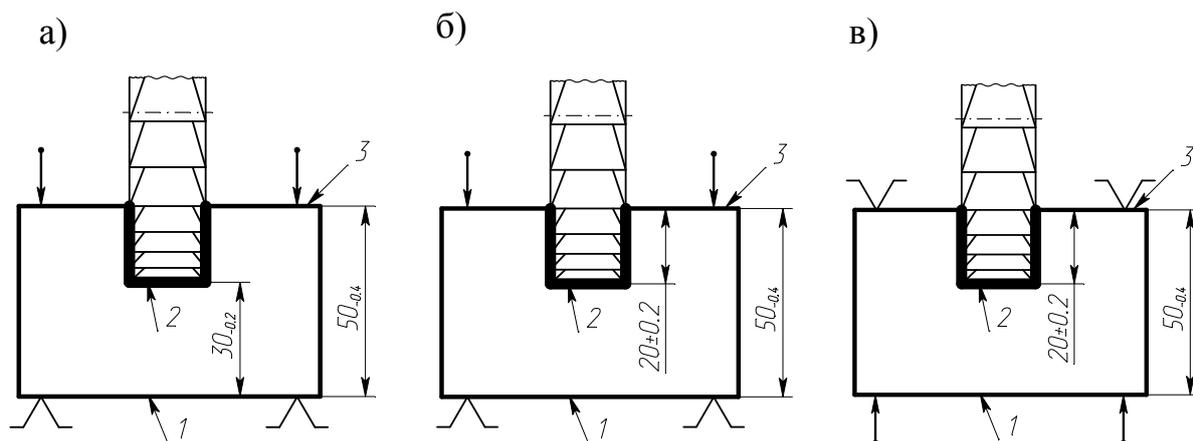


Рисунок 1.2

Следовательно, погрешность несовмещения баз будет соответствовать допуску на этот размер, т.е. $\varepsilon_{н.б} = 0,4$ мм.

Таким образом, при фрезеровании паза глубиной $20\pm 0,2$ мм на погрешности статической и динамической настройки ничего не остаётся, т.к. допуск на глубину паза равен $0,4$ мм и на технологический размер от поверхности обработки (плоскость 2) до технологической базы (плоскость 1) допуск составит нуль. Следовательно, при изготовлении на большинстве заготовок по размеру $20\pm 0,2$ будет получен брак.

Поэтому необходимо или исключить погрешность несовмещения баз, или произвести перерасчёт допусков, установленных чертежом (всегда в сторону ужесточения).

На рисунке 1.2, в показана схема фрезерования паза, в которой для исключения погрешности несовмещения баз технологической базой принята поверхность 3, являющаяся измерительной базой для размера $20\pm 0,2$.

Погрешность несовмещения баз равна нулю для размеров, полученных между поверхностями, обработанными за один установ в одной операции.

Методика выявления погрешности несовмещения баз:

- 1) Найти технологическую базу для выполняемого размера.
- 2) Определить размер от измерительной до технологической базы.
- 3) Найти измерительную базу для выполняемого размера.
- 4) Определить допуск на этот размер, который и будет равен наибольшей погрешности несовмещения баз.

Основные термины и понятия

Технологический размер – расстояние от обрабатываемой поверхности до технологической базы и размер между поверхностями, обработанными за один установ заготовки в одной операции.

Технологическая база – база, используемая для определения положения заготовки или изделия при изготовлении, сборке или ремонте.

Конструкторская база – база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии.

Измерительная база – база, относительно которой производят измерение расстояний или поворотов (положений) других поверхностей, осей.

Расчёт технологических размеров

При проектировании технологических процессов механической обработки заготовок чаще всего возникают задачи по правильному и обоснованному определению операционных размеров, допусков и отклонений. Эти задачи могут быть решены с помощью размерного анализа.

Допуски и предельные отклонения на размеры деталей устанавливаются исходя из служебного назначения и расчёта размерных цепей, определяющих работоспособность машины и её деталей. Размеры, установленные конструктором, должны предопределять последовательность обработки

отдельных поверхностей, которая не всегда может быть выполнена при обработке заготовок на настроенных станках, поскольку технологические базы могут не совпадать с конструкторскими базами. Возникает необходимость устанавливать на основе выявления и расчёта размерных цепей технологические размеры для выполнения отдельных операций и технологических переходов. Однако может оказаться, что принятая последовательность обработки является неприемлемой, т.к. допуски на технологические размеры трудновыполнимы. В этом случае необходимо пересмотреть последовательность обработки поверхностей заготовок.

Расчёт технологических размеров выполняют в том случае, когда технологические базы не совпадают с измерительными базами (конструкторскими), т.е. когда возникает погрешность несовмещения баз $\varepsilon_{н.б.}$.

Например, необходимо при механической обработке (рисунок 1.3) получить поверхности *A* и *B*. Поверхность *A*, основная по назначению, представляет две площадки с разных сторон корпуса. Поверхность *B*, вспомогательная по назначению, представляет два отверстия $\varnothing 30H8$. Требование расположения поверхности *B* относительно поверхности *A* определяет точный размер $60 \pm 0,023$ и отклонение от параллельности не более $0,03$ мм. На рабочем конструкторском чертеже также задан размер $40h14(-0,62)$ от нижней поверхности *B* до основной поверхности *A*.

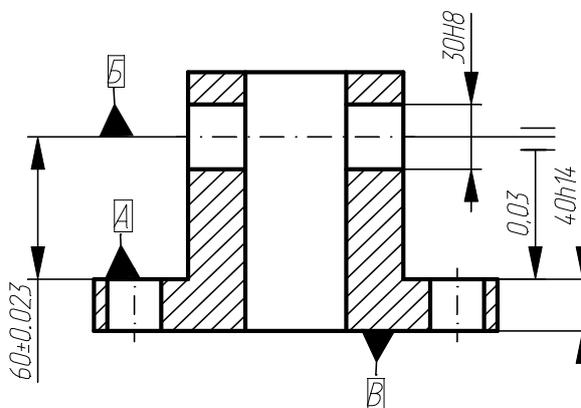


Рисунок 1.3

При разработке технологических процессов важно соблюдать принципы совмещения и постоянства баз. При окончательной обработке указанных поверхностей очень заманчивым является принцип постоянства баз. В данном случае удобно в качестве технологической базы выбрать поверхность *B*. Для упрощения задачи и достижения необходимой цели (определения технологических размеров) рассмотрим решение только в одном координатном направлении. Обеспечение требуемой точности размеров и технических требований в других направлениях не учитываем.

Окончательную обработку поверхности *A* выполняют с базированием на поверхность *B*. Операцию выполняют на плоскошлифовальном станке (рисунок 1.4). При обработке получают размер 40 и параллельность поверхности *A* относительно поверхности *B*.

Окончательную обработку поверхности *B* (двух отверстий диаметром $30H8$) выполняют с базированием на поверхность *B*. Операцию выполняют на отделочно-расточном станке повышенной точности (рису-

нок 1.5). При обработке получают размер 100 и параллельность поверхности B относительно поверхности B .

Точность поверхности B относительно основной поверхности A (см. рисунок 1.3) зависит от точности выполнения двух операций. Эти требования точности определяются размером $60 \pm 0,023$ и отклонением от параллельности $0,03$ мм на длине 100 мм.

Как видно из планируемых операций, при обработке двух отверстий диаметром $30H8$ технологической базой выбрана поверхность B , а измерительной (конструкторской) базой является поверхность A . Технологическая база – поверхность B – не совмещена с измерительной поверхностью A . Такое решение приводит к возникновению погрешности несовмещения баз и необходимости определения технологических размеров, их допусков и предельных отклонений.

Напоминаем, что *технологический размер* – это расстояние от обрабатываемой поверхности (отв. Ш $30H8$) до технологической базы (поверхность B).

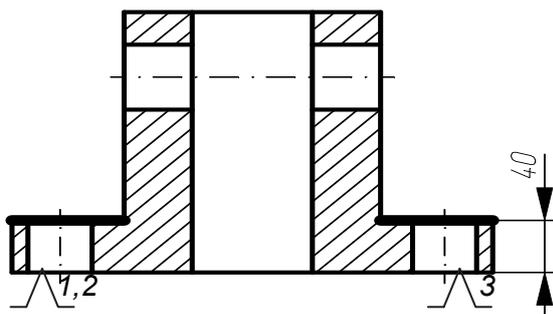


Рисунок 1.4

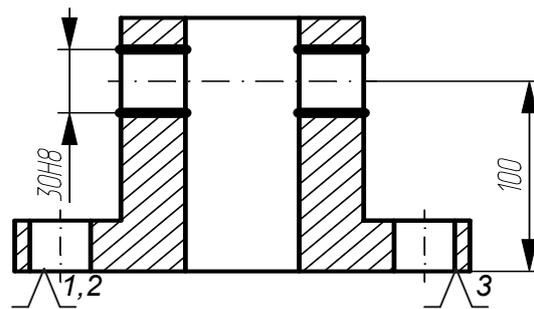


Рисунок 1.5

Для определения технологических размеров составляют размерную цепь (рисунок 1.6). В этой цепи конструкторские размеры $K_1 = 40h14(-0,062)$; $K_2 = 60 \pm 0,023$, а технологические размеры $L_1 = 40$; $L_2 = 100$. Далее очень важно определить в этой размерной цепи исходное (замыкающее) звено, т.е.

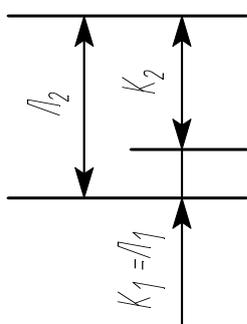


Рисунок 1.6

звено, на котором отражаются (накапливаются) погрешности размеров при выполнении технологических операций. Таким звеном в нашем случае является размер K_2 , т.к. его точность зависит от точности выполнения размера L_1 в одной операции и точности выполнения размера L_2 в другой операции.

Есть понятие, которое необходимо строго выполнять. **При расчёте технологических размеров установлено, что исходным (замыкающим) звеном является конструкторский размер, не совпадающий с**

технологическим. Это тот размер, который необходимо получить или обеспечить в соответствии с чертежом.

Допуск исходного звена равен сумме допусков составляющих звеньев. В нашем случае он известен. Это конструкторский размер K_2 , а его допуск равен $0,046$ мм. Теперь необходимо допуск исходного звена распределить на допуски составляющих звеньев. Рассматриваемая размерная цепь состоит из малого числа звеньев, поэтому необходимо использовать метод полной взаимозаменяемости.

Далее определяют средние допуски составляющих звеньев:

$$T_{L_{\text{иср}}} = T_0 / (m-1) = T_{K_2} / (m-1),$$

где m – общее число звеньев размерной цепи.

Тогда

$$T_{L_{\text{иср}}} = 0,046 / (3 - 1) = 0,023.$$

На средний допуск можно делать поправки, учитывая условия обработки и контроля: чем «проще», тем меньший допуск может быть назначен, и наоборот.

С учётом рекомендаций принимают допуски на размеры: $T_{L_1} = 0,02$ мм; $T_{L_2} = 0,026$ мм.

Технологический размер L_1 равен конструкторскому размеру K_1 . Если теперь на одной операции выдержать технологический размер L_1 с допуском конструкторского размера K_1 , равным $0,62$ мм, то на размере K_2 получим брак. Чтобы этого не произошло, необходимо допуск на конструкторский размер скорректировать (ужесточить) в соответствии с допуском на технологический размер L_1 .

Принимают технологический размер в поле допуска конструкторского размера, конструкторский размер уточняют

$$L_1 = K_1 = 40_{-0,02}.$$

Далее рассчитывают технологический размер L_2 и отклонения.

Номинальный размер $L_2 = K_2 + K_1$. $L_2 = 60 + 40 = 100$.

Средние размеры определяют по формулам

$$K_{\text{ср}} = K_{\text{max}} - T_k/2 \quad \text{или} \quad K_{\text{ср}} = K_{\text{min}} + T_k/2.$$

Получим $L_{1\text{ср}} = K_{1\text{ср}} = 39,99$; $K_{2\text{ср}} = 60$; $L_{2\text{ср}} = 60 + 39,99 = 99,99$.

Средний размер с отклонениями $L_{2\text{ср}} = 99,99 \pm 0,013$.

Предельные отклонения определяют по формулам:

- верхнее предельное отклонение

$$ES = L_{2\text{ср}} + T_n/2 - L_2;$$

- нижнее предельное отклонение

$$Ei = L_{2\text{cp}} - T_n/2 - L_2.$$

Получим $Es = 99,99 + 0,013 - 100 = +0,003$;

$$Ei = 99,99 - 0,013 - 100 = -0,023.$$

Технологический размер после выполненных расчётов $L_2 = 100^{+0,003}_{-0,023}$.

Технологические размеры получены с очень «жёсткими» допусками, поэтому лучше применить принцип совмещения баз при получении конструкторского размера K_2 . Ещё более «жёсткими» получаются требования расположения поверхностей (отклонения от параллельности поверхностей A и B).

Основные термины и понятия

Операционный размер – размер, указанный на операционном эскизе.

Допуск – разность между наибольшим и наименьшим предельными значениями параметра.

Номинальный размер – округлённый и общий размеры для сопрягаемых поверхностей (этот размер служит началом отсчёта отклонений).

Верхнее предельное отклонение – алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным, ГОСТ 7713-62.

Нижнее предельное отклонение – алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным, ГОСТ 7713-62.

Размерная цепь – совокупность размеров, образующих замкнутый контур и участвующих в решении поставленной задачи.

Допуск исходного звена (замыкающего) равен сумме допусков составляющих звеньев.

Определение настроечных размеров

Технологическая система – совокупность взаимосвязанных оборудования и исполнителей для выполнения операции.

Настройка технологической системы – процесс установления требуемой точности относительного движения и положения исполнительных поверхностей оборудования, приспособления и инструмента с целью получения требуемой точности обрабатываемых поверхностей.

Поднастройка технологической системы – процесс восстановления требуемой точности технологической системы.

Задачами настройки являются получение требуемой точности заготовок и получение возможно большего количества годных заготовок (деталей), обработанных до первой поднастройки технологической системы.

Методы настройки станков:

- 1) Пробными рабочими ходами (пробными проходами).
- 2) По пробным заготовкам.
- 3) По эталону или готовой детали (статическая настройка).

- 4) Взаимозаменяемыми блоками.
- 5) Комбинированными методами.

Для настройки технологической системы прежде всего необходимо знать рабочий настроечный размер A_p , под которым понимают размер, к получению которого необходимо стремиться при настройке.

При настройке технологической системы на обработку одной заготовки или небольшого их количества, рабочим настроечным размером может быть избран средний размер, находящийся в границах поля допуска:

$$A_p = A_{cp} = 0,5 (A^{H\bar{D}} + A^{HM}),$$

где $A^{H\bar{D}}$ – наибольший предельный размер по данному переходу; A^{HM} – наименьший предельный размер по данному переходу.

Задание. В соответствии с темой курсового проекта определить настроечные размеры по полученным промежуточным размерам после определения припусков на механическую обработку заготовки по заданной детали. Настроечные размеры определять для случая обработки одной заготовки или небольшого количества заготовок методом пробных рабочих ходов.

Решение выполнять в следующей последовательности:

- 1) Выписать все промежуточные размеры из карты расчёта припусков.
- 2) Для первого промежуточного размера построить схему поля допуска от нулевой линии.
- 3) Определить для этого промежуточного размера наибольший и наименьший предельные размеры.
- 4) Определить настроечный размер как средний от предельных размеров.
- 5) Настроечный размер нанести на схему поля допуска для данного промежуточного размера.
- 6) Перейти к решению данной задачи по второму промежуточному размеру и т.д.

Пример. Список промежуточных размеров из карты расчёта припусков.

Обработка отверстия Ш 62Н7.

Растачивание:

- 1) *Черновое* – Ш $61^{+0,45}$.
- 2) *Чистовое* – Ш $61,7^{+0,09}_{-0,03}$.
- 3) *Тонкое* – Ш $62^{+0,03}$.

Решение.

- 1) $A^{H\bar{D}} = 61,45$; $A^{HM} = 61$; $A_p = A_{cp} = 61,225$ (рисунок 1.7, а).
- 2) $A^{H\bar{D}} = 61,79$; $A^{HM} = 61,67$; $A_p = A_{cp} = 61,73$ (рисунок 1.7, б).
- 3) $A^{H\bar{D}} = 62,03$; $A^{HM} = 62$; $A_p = A_{cp} = 62,015$ (рисунок 1.7, в).

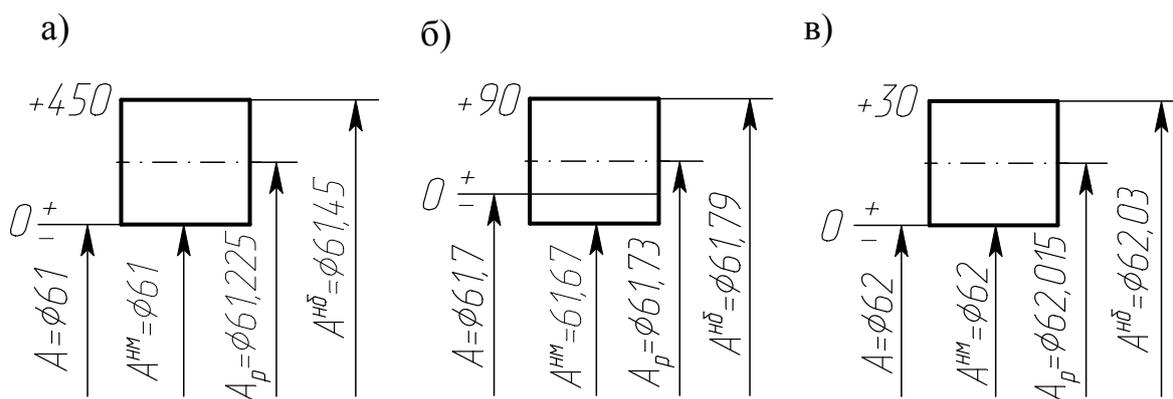


Рисунок 1.7

Основные термины и понятия

Наибольший предельный размер – больший из двух предельных.

Наименьший предельный размер – меньший из двух предельных.

Технологическое оборудование – средства технологического оснащения, в которых для выполнения определённой части технологического процесса размещают материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическую оснастку, ГОСТ 3.1109-82.

Поле допуска – зона между наибольшим и наименьшим предельными размерами.

Приспособление – технологическая оснастка, предназначенная для установки или направления предмета труда или инструмента при выполнении технологической операции, ГОСТ 3.1109-82.

Металлорежущий станок – машина для механической обработки заготовок с размерами и требованиями технологии и чертежа.

Литература: [1; 2; 3; 4; 18; 19; 22; 25; 28; 31; 37; 56].

Контрольные вопросы

- 1) Что означает термин «измерительная база»?
- 2) Когда возникает погрешность несовмещения баз?
- 3) Когда погрешность несовмещения баз равна нулю?
- 4) Что означает термин «конструкторская база»?
- 5) Как выявить погрешность несовмещения баз?
- 6) Что означает термин «погрешность несовмещения баз»?
- 7) Что означает термин «технологическая база»?
- 8) Что означает термин «технологический размер»?
- 9) Каковы этапы достижения точности при механической обработке?
- 10) Из каких составляющих состоит погрешность установки ε ?
- 11) Что означает термин «операционный размер»?

- 12) *Что означает термин «допуск»?*
- 13) *Что означает термин «номинальный размер»?*
- 14) *Что означает термин «верхнее предельное отклонение»?*
- 15) *Что означает термин «нижнее предельное отклонение»?*
- 16) *Что означает термин «размерная цепь»?*
- 17) *Какой размер является исходным звеном при расчёте технологических размеров?*
- 18) *Чему равен допуск исходного звена?*
- 19) *Как определяют средние допуски составляющих звеньев при методе полной взаимозаменяемости?*
- 20) *Как определяют рабочий настроечный размер?*
- 21) *Что означает термин «настройка технологической системы»?*
- 22) *Что означает термин «технологическое оборудование»?*
- 23) *Какие методы применяют для настройки станков?*
- 24) *Что означает термин «поднастройка технологической системы»?*
- 25) *Что означает термин «приспособление»?*
- 26) *Что означает термин «рабочий настроечный размер»?*
- 27) *Что означает термин «металлорежущий станок»?*
- 28) *Что означает термин «наибольший предельный размер»?*
- 29) *Что означает термин «наименьший предельный размер»?*
- 30) *Что означает термин «поле допуска»?*
- 31) *Что означает термин «технологическая система»?*
- 32) *Каково содержание этапа установки?*
- 33) *Каково содержание этапа статической настройки?*
- 34) *Каково содержание этапа динамической настройки?*
- 35) *Какова зависимость для определения допусков составляющих звеньев по методу полной взаимозаменяемости?*

1.3 Построение операций механической обработки

Степень концентрации и дифференциации операций является важнейшим принципом при построении технологического процесса механической обработки заготовок.

Концентрацией операций называют соединение нескольких простых технологических переходов в одну сложную операцию.

Дифференциацией операций называют разделение операции на несколько более простых операций.

При концентрации операций сокращают число установов заготовок на станок, широко применяют многоинструментальную обработку одной или нескольких поверхностей, а также многоместную обработку. При этом повышаются точность взаимного положения обрабатываемых поверхно-

стей, производительность обработки за счёт снижения основного и вспомогательного времени, сокращается длительность производственного цикла, упрощается календарное планирование, возрастают требования к точности станка, его технологическим возможностям. Рабочий высокой квалификации вынужден выполнять как окончательную, так и предварительную обработку.

При дифференциации операций точную чистовую обработку выполняют на высокоточном оборудовании с использованием рабочих высокой квалификации; предварительную черновую обработку производят простейшими и высокопроизводительными методами на простых станках рабочие более низкой квалификации.

В технологических процессах современного машиностроения применяют оба принципа в зависимости от конкретных условий.

Для технологических процессов единичного и мелкосерийного производства характерны операции, построенные на принципе их концентрации. Поэтому же принципу разрабатывают технологические процессы в крупном и тяжёлом машиностроении.

В среднесерийном производстве применяют оба принципа: концентрация операций предусматривается для обработки на станках с ЧПУ, быстропереналаживаемых агрегатных станках и станках-автоматах, а дифференциация – на переменнo-поточных линиях групповой обработки.

При использовании принципа концентрации операций в массовом и крупносерийном производствах применяют многошпиндельные автоматы, автоматизированные производственные системы, станки с ЧПУ. Если же используют поточные и автоматические линии с применением высокопроизводительного, простого, специального оборудования, то может быть применён принцип дифференциации.

При разработке технологической операции стремятся уменьшить штучное время. Степень концентрации операций, возможность снижения штучного времени в значительной степени зависят от выбранной схемы построения операций. Различные схемы построения станочных операций имеют различные возможности совмещения технологических переходов.

Схемы станочных операций различают по признакам:

- по числу устанавливаемых для обработки заготовок (одноместные и многоместные);
- числу применяемых режущих инструментов (одноинструментальные и многоинструментальные);
- последовательности выполнения технологических переходов (последовательное, параллельное и параллельно-последовательное выполнение технологических переходов).

На данном этапе выполняют анализ реальных производственных возможностей осуществления технологического процесса и выбирают необходимые схемы выполнения станочных операций.

Исходными данными для проектирования операции являются:

- Маршрут обработки заготовки.
- Количество переходов, способы их выполнения.
- Необходимое для этого оборудование и технологическая оснастка.
- Схема базирования и закрепления заготовки.
- Какие поверхности и с какой точностью нужно обрабатывать.
- Какие поверхности и с какой точностью были обработаны на предшествующих операциях.
- Припуски на обработку, а также темп работы, если операцию проектируют для поточной линии.

Пути сокращения нормы времени при построении операций механической обработки. Норму времени сокращают уменьшением её составляющих и совмещением времени выполнения нескольких технологических переходов. Основное время снижается в результате применения высокопроизводительных режущих инструментов и режимов резания, уменьшения припусков на обработку, а также числа рабочих ходов и переходов при обработке поверхностей. Вспомогательное время сокращают уменьшением времени холостых ходов станка, рациональным построением процесса обработки, а также уменьшением времени на установку и снятие заготовок путём использования приспособлений с быстродействующими зажимными устройствами. При одновременном выполнении элементов основного времени t_o и при совмещении их с элементами вспомогательного времени t_b в состав времени $t_{ш}$ входят лишь наиболее продолжительные (лимитирующие) элементы времени из числа всех совмещаемых.

Примеры одноместной одноинструментальной операции показаны на рисунке 1.8. Основное время t_o равно сумме всех переходов.

Примеры одноместной многоинструментальной операции показаны на рисунке 1.9. Основное время t_o равно сумме всех технологических переходов.

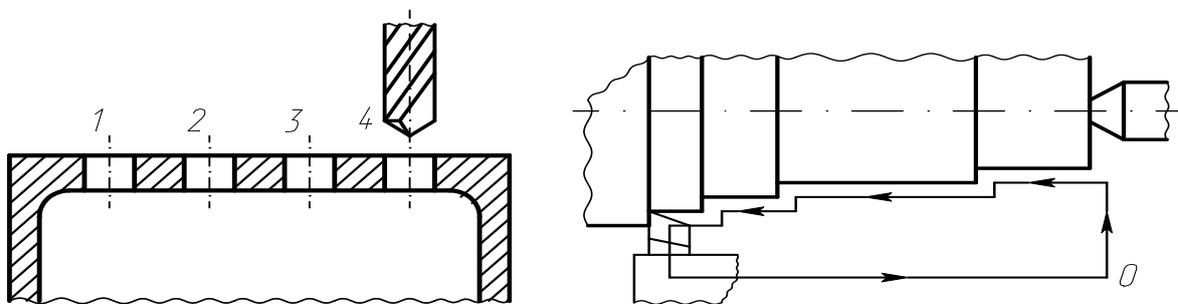


Рисунок 1.8

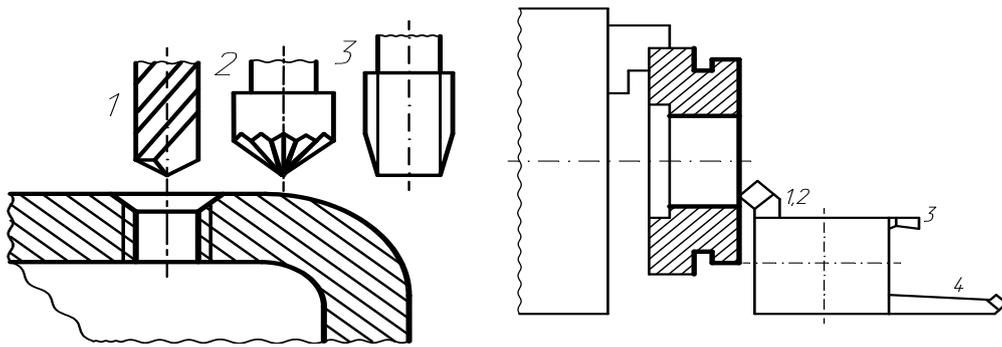


Рисунок 1.9

Пример односторонней многоинструментальной операции с параллельным выполнением технологических переходов показан на рисунке 1.10. Основное время t_0 равно лимитирующему (наиболее продолжительному) технологическому переходу.

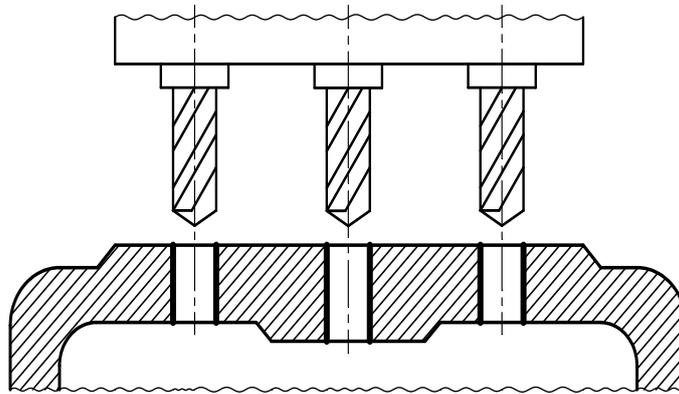


Рисунок 1.10

Пример односторонней многоинструментальной операции с параллельно-последовательным выполнением технологических переходов показан на рисунке 1.11.

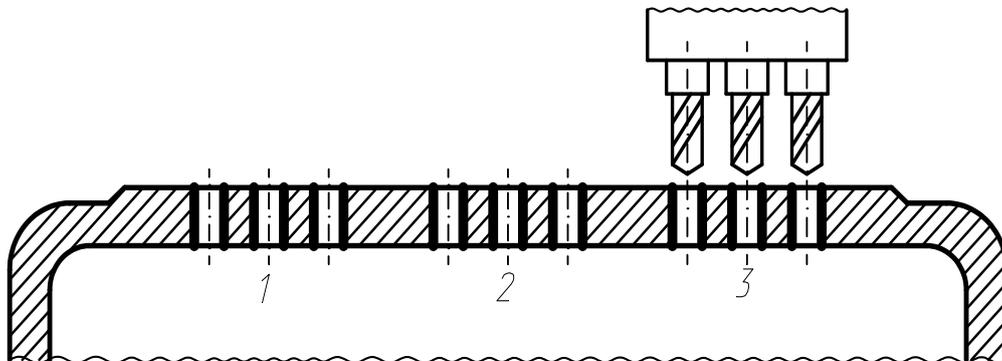


Рисунок 1.11

Пример многоместной последовательной обработки показан на рисунке 1.12. Заготовки типа колец установлены на оправке и закреплены гайкой через быстросъемную шайбу. Для увеличения жесткости оправку поджимают задним центром. Проходным резцом обрабатывают наружную поверхность заготовок колец последовательно от последнего кольца к первому.

Пример многоместной параллельной обработки (фрезерование канавки и верхних плоскостей трёх колец набором дисковых фрез) показан на рисунке 1.13.

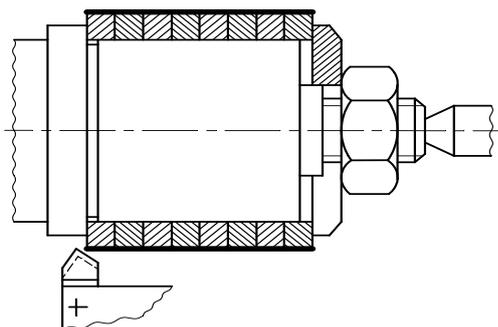


Рисунок 1.12

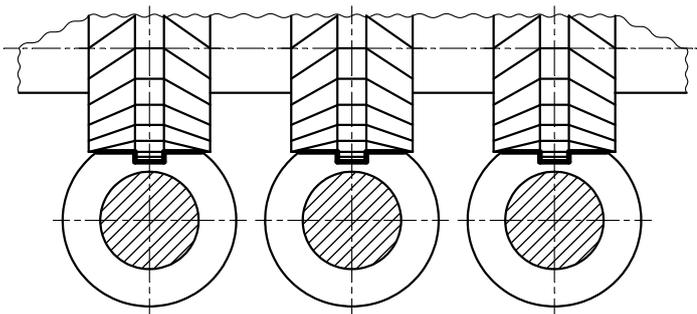


Рисунок 1.13

Пример многоместной последовательной обработки с отдельной установкой заготовок показан на рисунке 1.14. На рисунке обозначены: 1 – позиция загрузки и съема заготовки; 2 – позиция сверления малого отверстия; 3 – позиция сверления большого отверстия.

Пример многоместной параллельно-последовательной обработки с непрерывной установкой заготовок (операция чернового и чистового фрезерования плоскостей заготовок на карусельно фрезерном станке) показан на рисунке 1.15. Стол станка непрерывно вращается с заданной рабочей круговой подачей. Стрелка, направленная вниз, указывает на открепление и съём заготовок после обработки, а стрелка, направленная вверх, указывает на установку новой заготовки для обработки на данном станке.

Примеры схем совмещения времени установки и обработки заготовок на многоцелевых станках показаны на рисунке 1.16.

Система с двумя поворотными столами 1 и 2 и перемещающейся шпиндельной головкой 3 (рисунок 1.16, а) позволяет обрабатывать в каждой позиции заготовку 4 с четырёх сторон; время установки заготовки полностью перекрывается временем обработки заготовки в другой позиции.

Применение стационарного двухместного приспособления на поворотном столе 3 (рисунок 1.16, б) обеспечивает полное исключение времени установки и съёма заготовок из штучного времени. Заготовку 2 устанавливают во время обработки заготовки 1; при повороте стола она вводится в

рабочую зону, а обработанную заготовку снимают и на её место устанавливают для обработки следующую.

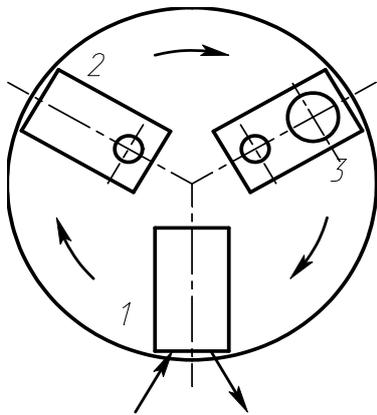


Рисунок 1.14

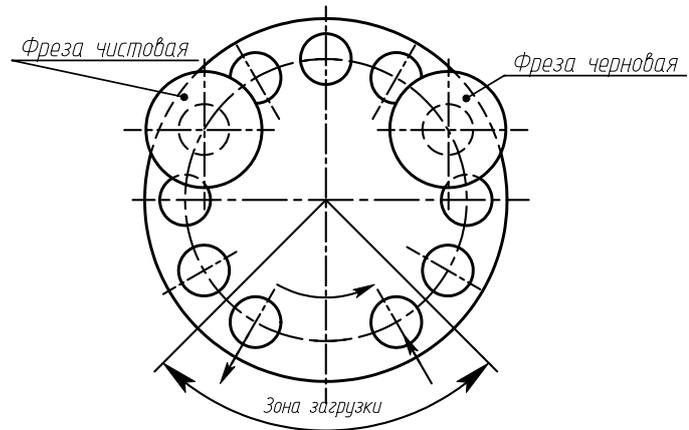


Рисунок 1.15

Весьма важным фактором является высокая технологичность детали. Поэтому унифицируют отдельные элементы деталей, упрощают форму детали, вводят единые конструкторские и технологические базы. Особые требования предъявляют к режущему инструменту в связи с концентрацией операций и автоматической сменой его. Существенной особенностью разработки технологического процесса для станков с ЧПУ является необходимость точной размерной увязки траектории автоматического движения инструмента с системой координат станка, фиксированной исходной точкой обработки и положением заготовок.

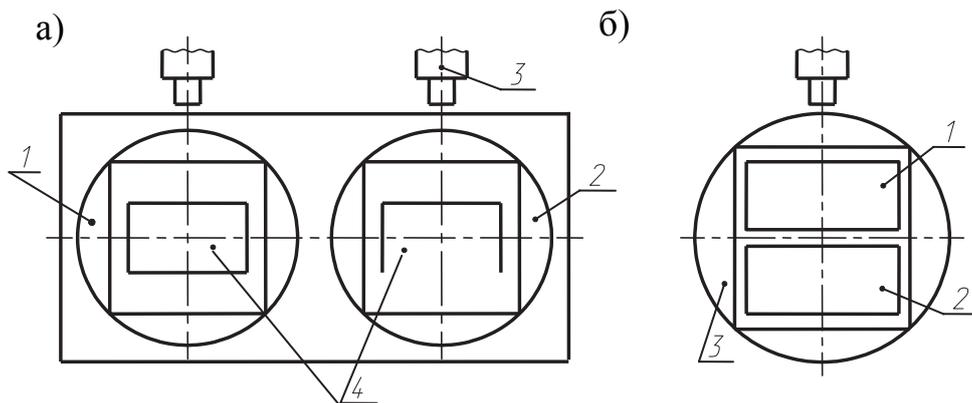


Рисунок 1.16

При работе на обычных, универсальных станках в серийном производстве технологический процесс подробно не разрабатывают, а станочник сам осуществляет те или иные приёмы, переходы и выбирает режимы

резания в соответствии со своим опытом и квалификацией. При применении станков с ЧПУ необходимо подробно разрабатывать план каждой операции с подробным расчётом режимов резания.

Применение математических методов оптимизации, как для определения траектории режущего инструмента, так и количества технологических переходов и операций, их последовательности, очерёдности установок и позиций заготовки при обработке, а также режимов резания, обеспечивает повышение качества и производительности обработки.

Всё это подробно фиксируют в расчётно-технологической карте (РТК), содержащей необходимую информацию для расчёта числовой программы.

Технологическая подготовка производства для станков с ЧПУ состоит из трёх этапов, выполняемых различными службами завода:

I этап – предварительная технологическая подготовка – выполняется в техническом отделе завода;

II этап – разработка операционной технологии и управляющей программы – осуществляется отделом программного управления (ПУ);

III этап – технологическая подготовка производства для обработки по управляющей программе – производится в цехе на рабочем месте наладчика или оператора.

При проектировании операций обработки на станках с ЧПУ на первом этапе разрабатывают технологический процесс обработки заготовки, определяют траекторию движения режущих инструментов, увязывают её с системой координат станка, с заданной исходной точкой и положением заготовки, устанавливают припуски на обработку и режимы резания. На этом этапе определяют всю предварительную обработку заготовки, её базы и необходимую технологическую оснастку. В конце первого этапа составляют РТК с чертежом, на который вместе с контуром детали наносят траекторию движения инструмента.

На втором этапе рассчитывают координаты опорных точек траектории от выбранного начала координат, производят аппроксимацию криволинейных участков профиля детали ломаной линией с учётом требуемой точности обработки; устанавливают скорости движения инструмента на участках быстрого перемещения, замедленного подвода к детали и на участках обработки; определяют необходимые команды (включение и выключение подачи, изменение скорости движения, остановки, подачу и выключение охлаждающей жидкости и др.), продолжительность переходов обработки и время подачи команд.

На третьем этапе оператор-программист кодирует технологическую и числовую информацию на ЭВМ.

Основные термины и понятия

Оборудование, применяемое в единичном производстве – широкоуниверсальные станки с ручным управлением.

Оборудование, применяемое в серийном производстве – быстроперенастраиваемые станки, станки с ЧПУ, многоцелевые станки с ЧПУ.

Оборудование, применяемое в массовом производстве – агрегатные станки, специальные станки, станки-автоматы и полуавтоматы, автоматические линии, роторные автоматические линии.

Литература: [1; 4; 20; 25; 26; 28; 29; 31].

Контрольные вопросы

- 1) Какое оборудование применяют в единичном производстве?
- 2) Какое оборудование применяют в серийном производстве?
- 3) Какое оборудование применяют в массовом производстве?
- 4) Каковы признаки построения схем операций механической обработки?
- 5) В чем преимущества и недостатки дифференциации операций?
- 6) В чем преимущества и недостатки концентрации операций?
- 7) Что понимается под дифференциацией операций?
- 8) Что понимается под концентрацией операций?
- 9) Какова схема одноместной одноинструментальной операции?
- 10) Какова схема одноместной многоинструментальной операции?
- 11) Какова схема одноместной многоинструментальной операции с параллельным выполнением технологических переходов?
- 12) Какова схема одноместной многоинструментальной операции с параллельно-последовательным выполнением переходов?
- 13) Какова схема многоместной последовательной операции?
- 14) Каковы схемы операций для совмещения времени установки и обработки заготовок на многоцелевых станках?
- 15) Что относят к новой технологической документации для станков с ЧПУ?
- 16) Что скрывается за аббревиатурой РТК?

1.4 Выбор оборудования

Правила выбора технологического оборудования определены ГОСТ 14.322-83.

Цель: обоснование выбора оборудования для выполнения операций механической обработки разрабатываемого технологического процесса.

Исходные данные: методы обработки поверхностей, габаритные размеры заготовки и обрабатываемых поверхностей, требуемая точность размеров и положения поверхностей, требуемая шероховатость поверхно-

стей, припуски на обработку, применяемый режущий инструмент, тип производства, таблицы экономической точности обработки, паспорта и каталоги станков и другого оборудования.

При проектировании технологических процессов необходимо располагать всеми данными, характеризующими технологическое оборудование. Для этого необходимо иметь паспорта станков. Паспорт даёт полную характеристику станка, определяющую его производственные возможности и техническое состояние. Если при проектировании технологического процесса на намечаемое новое оборудование паспортов не имеется, то используют сведения из соответствующих каталогов.

Характер операции и принятый метод обработки определяют тип станка (токарный, сверлильный, фрезерный), а размеры заготовки и обрабатываемых поверхностей – основные размеры станка (высота центров, расстояние между центрами, размеры стола в плане).

Установленная степень концентрации технологических переходов влияет на выбор модели станка. При высокой степени концентрации выбирают многосуппортные, многошпиндельные и многоцелевые станки. Установленным требованиям обычно удовлетворяют станки нескольких моделей данного типоразмера.

Выбранная модель должна обеспечивать заданную точность обработки, требуемую жёсткость и производительность. Предпочтительна модель с большей степенью автоматизации рабочего цикла. Выбор станка производят в соответствии с последовательностью выполнения технологических переходов и анализом исходных данных. При выборе определяют модель станка для выполняемой операции. Результаты решений заносят, например, в таблицу 1.5 и в карты технологического процесса. Выписывают краткую характеристику всех выбранных станков.

Пример.

Вертикально-фрезерный консольный станок мод. 6P11MФ3-1.

Размеры рабочей поверхности стола (ширина × длина) – 250×1000.

Наибольшее перемещение стола: продольное – 630, поперечное – 300, вертикальное – 350.

Внутренний конус шпинделя (конусность 7:24) – 50.

Частота вращения шпинделя, мин⁻¹ – 63...2500.

Число подач стола – Б/с.

Подача стола, мм/мин: продольная, поперечная и вертикальная – 0,1...4800.

Скорость быстрого перемещения стола, мм/мин: продольного, поперечного и вертикального – 4800.

Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт – 8.

Габаритные размеры: длина – 2750; ширина – 2230; высота – 2450.

И другие

Таблица 1.5 – Выбор оборудования

Номер операции	Исходные данные	Критерии и оценки	Наименование и модель станка
010	Обработка поверхности О1. Размеры поверхности: В = 120; L = 160. Требуемый размер – 43h14, шероховатость Ra2,5. Припуск – 3 мм. Тип производства – серийный. Фреза – 2210-0071 Ш 63 мм ГОСТ 9304-69.	Точность станка – Н. Шпиндель станка – конус 50. Размеры стола –250×1000.	Вертикально-фрезерный консольный мод. 6Р11МФ3-1.
015	и т.д.	и т. д.	и т. д.

Основные термины и понятия

Оборудование, используемое для обработки заготовок типа тел вращения – токарно-винторезные станки и полуавтоматы; токарно-револьверные станки и полуавтоматы; токарно-карусельные, токарные вертикальные полуавтоматы; многошпиндельные токарные автоматы; токарные станки с ЧПУ, многоцелевые токарные станки с ЧПУ; резбонарезные, резбофрезерные станки и полуавтоматы; гайконарезные автоматы; долбежные и протяжные станки; абразивно-отрезные, круглошлифовальные станки, бесцентрово-шлифовальные полуавтоматы, внутришлифовальные станки, шлицешлифовальные станки, универсально-заточные станки, суперфинишные станки, зубофрезерные полуавтоматы для цилиндрических и конических колёс, зубошевинговальные и зубохонинговальные полуавтоматы, зубошлифовальные станки, резбошлифовальные и червячно-шлифовальные станки, зубопритирочные станки, станки для глубокого сверления.

Оборудование, используемое для обработки плоскостей – токарно-винторезные станки и полуавтоматы; токарно-револьверные станки и полуавтоматы; токарно-карусельные, токарные вертикальные полуавтоматы; многошпиндельные токарные автоматы; токарные станки с ЧПУ, многоцелевые станки с ЧПУ; долбежные и протяжные станки; плоскошлифовальные станки; шлицешлифовальные станки; вертикально-фрезерные, горизонтально-фрезерные, продольно-фрезерные одностоечные и двухстоечные станки; поперечно-строгальные и продольно-строгальные станки; абразивно-отрезные, ножовочные и ленточно-отрезные станки.

Средства технологического оснащения – это совокупность орудий производства, необходимых для осуществления технологического процесса.

Технологическое оборудование – средства технологического оснащения, в которых для выполнения определённой части технологического процесса размещают материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическую оснастку, ГОСТ 3.1109-82.

Приспособление – технологическая оснастка, предназначенная для установки или направления предмета труда или инструмента при выполнении технологической операции, ГОСТ 3.1109-82.

Литература: [1; 3; 4; 14; 22; 23; 25; 26; 27; 28; 30; 31; 35; 36; 54; 55].

Контрольные вопросы

- 1) *Какое оборудование используют для обработки заготовок типа тел вращения?*
- 2) *Какое оборудование используют для обработки плоскостей?*
- 3) *Что означает термин «металлорежущий станок»?*
- 4) *Какие основные исходные данные необходимы для выбора станка?*
- 5) *Что означает термин «средства технологического оснащения»?*
- 6) *Что означает термин «технологическое оборудование»?*
- 7) *Что означает термин «приспособление»?*

1.5 Выбор технологической оснастки

Выбор технологического оборудования определяет и выбор технологической оснастки, порядок которого определён стандартом (ГОСТ 14.322-83).

Выбор станочных и инструментальных приспособлений

Цель: обоснование выбора приспособлений при выполнении операций механической обработки разрабатываемого технологического процесса.

Исходные данные: вид станка, размеры и форма заготовки, схема базирования и закрепления, состояние базовых поверхностей заготовки, припуски на обработку, точность размеров и шероховатость обрабатываемых поверхностей, метод обработки, тип производства.

Если требуемое приспособление является принадлежностью станка (тиски, люнет, угольник и т.п.), то указывают его наименование. При использовании универсально-сборного приспособления (УСП) делают соответствующее указание. Если же для данной операции требуется специальное приспособление, то на стадии технического проекта технолог, исходя из условий и требований обработки, обычно разрабатывает только схему или общий вид приспособления, а в некоторых случаях указывает только принцип его конструкции.

При проектировании же рабочего технологического процесса производят конструктивную разработку приспособления с выполнением рабочих чертежей. Обычно это выполняют в заводских конструкторских бюро оснастки.

В единичном и мелкосерийном производствах применяют УСП и универсально-безналадочные приспособления (УБП).

В среднесерийном и крупносерийном производстве применяют специализированные наладочные приспособления (СНП), сборно-разборные

приспособления (СРП), универсально-наладочные приспособления (УНП), и универсально-сборные переналаживаемые приспособления (УСПП).

В массовом производстве применяют главным образом неразборные специальные приспособления (НСП), которые сокращают вспомогательное и основное время, повышают точность обработки, облегчают условия труда рабочего.

При обработке заготовок на автоматических линиях используются так называемые **приспособления-спутники**, которые одновременно служат и для транспортировки заготовки с одной позиции на другую.

На основании анализа исходных данных, в соответствии с характером и содержанием разрабатываемой операции, определяют типы приспособлений. Результаты работы заносят, например, в таблицу 1.6 и в карты технологического процесса.

Таблица 1.6 – Выбор приспособлений

Номер операции	Исходные данные	Критерии и оценки	Наименование и тип приспособления
010	Обработка поверхности О1. Размеры поверхности: В = 120; L = 160. Требуемый размер – 43h14, шероховатость Ra2,5. Припуск – 3 мм. Тип производства – серийный. Фреза – 2210-0071 Ш 63 мм ГОСТ 9304-69	Точность приспособления – Н. Ширина губок В = 80 мм. Ход 70 мм	Тиски с самоцентрирующим зажимом Тип 7200-0292. Оправка 50-27-301,8 ОСТ2 П14-6-84
015	и т.д.	и т.д.	и т.д.

Выбор режущих инструментов

Одновременно с выбором станка и приспособления для каждого технологического перехода выбирают и необходимый режущий инструмент.

Исходные данные: вид станка, метод обработки, материал заготовки, размеры и конфигурация заготовки, точность и шероховатость обрабатываемых поверхностей, содержание технологических переходов, припуски на обработку, тип производства.

Режущий инструмент должен обеспечивать требуемое качество обрабатываемых поверхностей и наибольшую производительность.

Выбор материала режущей части инструмента имеет большое значение для повышения производительности и снижения себестоимости обработки и зависит от принятого метода обработки, рода обрабатываемого материала и условий работы. Для изготовления режущей части инструмента применяют:

- твёрдые сплавы;

- инструментальные стали: углеродистые, легированные, быстрорежущие;
- металло- и минералокерамические сплавы;
- алмазы (натуральные и синтетические);
- напыление режущих кромок инструмента твёрдыми износостойчивыми покрытиями.

Для обработки стали применяют титановольфрамовые твёрдые сплавы. Так как повышение содержания титана повышает одновременно с режущей способностью хрупкость сплава, то при тяжёлых условиях работы (обдирка с переменным припуском, наличие ударной нагрузки, недостаточная жёсткость технологической системы) применяют сплав с низким содержанием титана, а для отделочных работ – с высоким.

Для обработки чугуна, цветных металлов и неметаллических материалов применяют вольфрамовые твёрдые сплавы.

Минералокерамические сплавы применяют для чистовой и получистовой обработки без ударной нагрузки и при достаточной жёсткости технологической системы.

Инструментальные стали широко применяют:

- при невозможности полностью использовать режущие свойства твёрдых сплавов в связи с малой мощностью и недостаточной частотой вращения шпинделя станка, несбалансированностью заготовки;
- для сложных и фасонных инструментов;
- для инструментов, работающих на низких скоростях резания (например, при ручных работах).

В машиностроении наиболее часто применяют быстрорежущие стали.

На основе анализа исходных данных и рекомендаций справочников, технической литературы принимают решение по выбору режущих инструментов по каждой технологической операции. Результаты работы заносят, например, в таблицу 1.7.

Таблица 1.7 – Выбор режущих инструментов

Номер операции	Исходные данные	Критерии и оценки	Наименование и тип режущего инструмента
010	Фрезерование поверхности О1. Размеры поверхности: В = 30; L = 120. Требуемый размер – 43h14, шероховатость Ra2,5. Припуск – 3 мм. Тип производства – серийный.	Точность станка – Н. Точность приспособления – Н. Точность оправки – Н.	Торцевая насадная фреза из быстрорежущей стали по ГОСТ 9304-69, Ш 63, число зубьев – 8.
015	и т.д.	и т.д.	и т.д.

Если для данной операции требуется специальный инструмент, то в технологической документации отмечают – «специальный инструмент», и в этом случае должны быть разработаны чертежи для его изготовления.

Основные понятия

Режущий инструмент – это технологическая оснастка, предназначенная для воздействия на предмет труда с целью изменения его состояния.

Приспособление – это технологическая оснастка, предназначенная для установки или направления предмета труда или инструмента при выполнении технологической операции.

Технологическая оснастка – это средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определённой части технологического процесса.

Стандартные режущие инструменты: для **обработки наружных цилиндрических поверхностей** (резцы, фрезы, круги шлифовальные абразивные, шлифовальные головки); для **обработки отверстий** (резцы, свёрла, зенкеры, зенковки, развёртки, протяжки, фрезы, круги шлифовальные абразивные, шлифовальные головки); для **обработки плоскостей** (резцы сборные с механическим креплением пластин, зенковки-подрезы цилиндрические и обратные, фрезы концевые шпоночные, Т-образные, дисковые, торцевые насадные, торцевые с механическим креплением пластин, круги шлифовальные абразивные, шлифовальные головки).

Инструмент для отделочно-упрочняющей обработки поверхностно-пластическим деформированием (ОУО ППД):

- **резьбонакатные головки** – применяют для накатки наружных метрических резьб диаметром 1,6...30 мм, **резьбонакатные ролики** – для накатки резьбы диаметром 2...100 мм. Достаточно широкое применение имеют и **резьбонакатные самораскрывающиеся головки** для накатывания резьб диаметром 7...42 мм и шагом 0,7...6 мм;
- **бесстружечные метчики (раскатники)** – используют для накатывания внутренних резьб диаметром 1...36 мм, **резьбораскатные головки** – диаметром более 100 мм;
- **многошариковые и многороликовые раскатники** – применяют для внутренних цилиндрических поверхностей;
- **однороликовые и многороликовые обкатники** – используют для наружных цилиндрических поверхностей;
- **многошариковые накатники** – для плоских поверхностей;
- **вибронкатной инструмент** – для плоских и цилиндрических поверхностей.

Литература: [1; 3; 22; 27; 29; 30; 34; 38; 40; 56].

Контрольные вопросы

- 1) *Что означает термин «режущий инструмент»?*
- 2) *Какую технологическую оснастку используют в условиях единичного производства?*
- 3) *Какую технологическую оснастку используют в условиях массового производства?*
- 4) *Какую технологическую оснастку используют в условиях серийного производства?*
- 5) *Какие стандартные режущие инструменты применяют для обработки наружных цилиндрических поверхностей?*
- 6) *Какие стандартные режущие инструменты применяют для обработки отверстий?*
- 7) *Какие стандартные режущие инструменты применяют для обработки плоскостей?*
- 8) *Какие основные данные необходимы для выбора приспособлений?*
- 9) *Какие основные данные необходимы для выбора режущего инструмента?*
- 10) *Что означает термин «приспособление»?*
- 11) *Что означает термин «технологическая оснастка»?*

1.6 Выбор методов и средств технического контроля

При проектировании технологических процессов важное место занимает технический контроль качества выпускаемой продукции. Обеспечение качества достигается предупреждением и своевременным выявлением брака продукции на всех этапах производственного процесса.

Измерение – опытное нахождение значения физической величины с помощью специальных технических средств. Результат измерения считают годным, если его значение получено с погрешностью, не превышающей допустимую. Поэтому выбор видов, методов, средств измерений, условий их выполнения и методики обработки результатов наблюдений всегда ограничен требованием обеспечения установленной точности.

Для определения состояния предмета труда (из определения технологического процесса) используют различные средства контроля.

По использованию они делятся на средства *пассивного* (послеоперационного) и *активного* (технологического) контроля. Средства *пассивного* контроля используются для определения конкретных числовых значений измеряемых параметров и сводятся к разбраковке изделий. Средства *активного* контроля оперативно используются для управления технологическим процессом.

Все средства контроля подразделяются:

- 1) на универсальные, предназначенные для измерения одноименных величин различных изделий (например, штангенциркуль);
- 2) специализированные, предназначенные для измерения одинаковых параметров (например, шероховатости поверхности);
- 3) специальные, применяемые для измерения конкретного изделия.

В послеоперационном контроле, как правило, используются ручные и механизированные средства – микрометры, штангели, калибры и др. Их недостатком является зависимость от уровня квалификации контролёра.

Этих недостатков лишены автоматические средства послеоперационного контроля. Они делятся на две группы:

- 1) средства контроля, снабженные звуковым или световым автоматическим сигналом;
- 2) средства контроля, автоматически измеряющие и показывающие контролируемый параметр или несколько параметров.

Особое место в автоматических средствах послеоперационного контроля занимают координатно-измерительные машины (КИМ), позволяющие автоматизировать многопараметрический контроль сложных корпусных деталей для различных условий производства. КИМ с успехом применяются для измерения макроотклонений поверхностей.

При приёмке изделий пределы допускаемых погрешностей измерения линейных размеров (до 500 мм) устанавливаются стандартом (ГОСТ 8.051-81) в зависимости от допусков на изготовление (верхняя строка таблицы 1.8).

Применение рекомендуемых средств и условий измерения предполагает, что наибольшая погрешность, которая может возникнуть в процессе измерения, не превысит допускаемую погрешность, указанную в таблице 1.8.

Предельные погрешности измерения наружных и внутренних линейных размеров, глубин и биений в диапазоне 1...500 мм средствами измерений, наиболее часто используемыми в цехах машиностроительных заводов, показаны в таблице 1.9.

Для послеоперационного контроля параметров шероховатости поверхностей используются различные как отечественные (таблица 1.10), так и зарубежные приборы (таблица 1.11).

Допускаемая погрешность измерения – наибольшая погрешность, установленная стандартом в зависимости от допуска показателя точности.

Методы и средства контроля выбирают с учётом их метрологических характеристик (пределов измерения, пределов показаний, цены деления и погрешности измерения), конструктивных особенностей деталей (габаритных размеров, массы, жёсткости, шероховатости поверхностей), экономической целесообразности, масштаба производства. Результат выбора сред-

ства и метода контроля заносят, например, в таблицу 1.12. Допускаемые погрешности измерений составляют от 20 (для грубых квалитетов) до 35 % допуска на параметр точности, заданного по чертежу.

Литература: [1; 3; 4; 6; 14; 20; 22; 27; 28; 29; 30; 34; 36; 37; 38; 39; 56].

Таблица 1.8 – Допуски (верхняя строка), допускаемые погрешности измерений (нижняя строка), мкм

Интервалы размеров, мм	Квалитеты										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
До 3	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250
	1	1,4	1,8	3	3	6	8	12	20	30	50
Св. 3 до 6	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300
	1,4	1,6	2	3	4	8	10	16	30	40	60
« 6 « 10	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360
	1,4	2	2	4	5	9	12	18	30	50	80
« 10 « 18	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430
	1,6	2,8	3	5	7	10	14	30	40	60	90
« 18 « 30	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520
	2	3	4	6	8	12	18	30	50	70	120
« 30 « 50	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620
	2,4	4	5	7	10	16	20	40	50	80	140
« 50 « 80	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740
	2,8	4	5	9	12	18	30	40	60	100	160
« 80 « 120	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870
	3	5	6	10	12	20	30	50	70	120	180
« 120 « 180	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000
	4	6	7	12	16	30	40	50	80	140	200
« 180 « 250	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150
	5	7	8	12	18	30	40	60	100	160	240
« 250 « 315	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300
	5	8	10	14	20	30	50	70	120	180	260
« 315 « 400	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400
	6	9	10	16	24	40	50	80	120	180	280
« 400 « 500	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550
	6	9	12	18	26	40	50	80	140	200	320

Таблица 1.9 – Предельные погрешности измерения наружных (А),
внутренних (В) линейных размеров, глубин (Г) и биений (Б)
в диапазоне 1...500 мм (по РДМУ 98-77)

Наименование средства измерения	Измеряемый параметр	Цена деления отсчетного устройства, мм	Вариант применения	Перемещение измерительного стержня, мм	Интервалы размеров деталей, мм				
					св. 1 до 18	св. 18 до 50	св. 50 до 120	св. 120 до 250	св. 250 до 500
					Предельные погрешности измерения, мкм				
1 Штангенциркули (ГОСТ 166-89)	А	0,05 0,1	а б	– –	80	80	100	100	160
					150	150	150	150	180
2 То же	В	0,05 0,1	а б	– –	120	120	130	150	–
					200	200	200	200	220
3 Индикаторы часового типа (ГОСТ 577-68)	А	0,01	а	0,1	5	10	10	10	10
			б	1	10	10	10	10	
			в	10	20	20	20	30	40
4 То же	Б	0,01	а	0,01	5	5	5	5	10
			б	0,1-10	10	10	10	10	10
			в	0,1-10	15	15	15	15	20
5 Индикаторы многооборотные 1МИГ (ГОСТ 9696-82)	А	0,001	а	0,002- 0,003	1,5	1,5	2	2	–
			б	0,1	3	4	4,5	4,5	–
6 Индикаторы многооборотные 2МИГ (ГОСТ 9696-82)	А	0,002	а	0,004- 0,006	2	2	2	2	–
			б	0,2	4	4	5	5	–
7 Штангенглубиномеры (ГОСТ 162-90)	Г	0,05 0,1	а	–	100	100	150	150	150
			б	–	250	250	300	300	300
8 Глубиномеры микрометрические (ГОСТ 7470-92)	Г	0,01	а	0,03	5	5	5	–	–
			б	25	5	5	10	–	–
			в	25	5	20	20	–	–
9 Глубиномеры индикаторные (ГОСТ 7661-67)	Г	0,001	а	0,03	1,5	1,5	2	–	–
			б	0,03	5	5	5	–	–
			в	0,1	5	10	10	–	–
			г	10	20	20	20	–	–
10 Нутромеры микрометрические (ГОСТ 10-88)	В	0,01	а	13	–	–	10	15	20
			б	–	–	15	20	27	
11 Нутромеры индикаторные (ГОСТ 868-82)	В	0,001 0,002 0,01	а	0,03	2,8	3,5	4,5	6,5	9
			б	0,03	4,5	5,5	6,5	7,5	11
			в	0,1	5	5	10	10	–
			г	0,1	10	10	15	15	20
12 Нутромеры индикаторные (ГОСТ 9244-75)	В	0,001	а	0,01	1,5	2,5	–	–	–
			б	0,01	2	3,5	–	–	–
			в	0,1	3,5	5	–	–	–

Таблица 1.10 – Приборы для измерения параметров шероховатости

Прибор	Параметр	Диапазон измерений, мкм	Базовая длина, мм
Профилограф-профилометр 201 и 202	Ra	0,2...8,0	0,08; 0,25; 0,8; 2,5
Профилометр 253	Ra	0,04...2,5	0,25; 0,8; 2,5
Профилометр 240	Ra	0,02...3,2	0,8
Профилограф-профилометр 252	Ra Rp $Rmax$ Sm tp	0,12...100 0,1...200 0,1...200 0,3...12 500 10...90 %	0,08; 0,25; 0,8; 2,5
Профилометр 238	Ra	0,02...10	0,25; 0,8
Профилометр 296	Ra	0,02...10	0,25; 2,5
Приставка к профилометру 201	Ra Rp tp	0,2...8,0 0,1...50 10...90 %	0,08; 0,25; 0,8
Приставка к профилометру 201, 202, 253	Ra Rp $Rmax$ Sm tp	0,2...8,0 0,10...50 0,10...50 0,3...2500 10...90 %	0,08; 0,25; 0,8; 2,5
Микроскоп МИС-11	$Rz, Rmax$ S, Sm	0,8...80 0,2...2500	0,25; 0,8; 0,01; 0,03 0,08; 0,25; 0,8; 2,5
Микроскоп ОРИМ-1	$Rz, Rmax$ S, Sm	0,4...40 0,2...2500	0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5
Микроскоп ПТС-1	$Rz, Rmax$ S, Sm	40...320 20...6300	0,25; 0,8; 2,5; 8
Профилометр 170622	Ra Rz Rp Rv $Rmax$	0,02...25 0,2...100 0,1...50 0,1...50 0,2...100	0,25; 0,8; 2,5

Таблица 1.11 – Средства измерения и контроля параметров шероховатости, выпускаемые зарубежными фирмами

Прибор	Параметр	Диапазон измерений, мкм	Базовая длина, мм
Профилограф-профилометр «Talysurf-1»	Ra	0,1...5,0	0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8,0
Профилограф-профилометр «Talysurf-10»	Ra, Rq Rt, Rtm, Rp	0,025...50 0,25...500	0,8...8,0
Профилограф-профилометр «Talysurf-10»	Ra $Hmax$ $Hmin$ $Rmax$ Tp	0,05...10 0,2...40 0,2...40 0,4...80 0...100 %	0,25...2,5

Продолжение таблицы 1.11

Прибор	Параметр	Диапазон измерений, мкм	Базовая длина, мм
Цеховой профилограф-профилометр Surtronik-3	Ra Rp Rt , Rtm Tr	0...10 0...200 0...100 %	0,25...2,5
Мини-компьютер «Талупова»	Ra , Rq $Rmax$, Rt , Rz , Rtm Sm Tr	0,05...100 10...5000 100 %	0,25...2,5
Профилограф «Talysurf»	Ra	до 10	0,25...0,8
«Rotary Talysurf». Наибольший радиус измеряемой поверхности 38 мм, минимальный 0,25 мм	Ra	Как у «Talysurf-10» или «Talysurf-4»	0,8...2,5
Профилограф-профилометр «Сурфтест-3»	Ra , Rt	0,02...100	0,8...2,5
Профилометр РМ-01	Ra	0,1...10	0,8...2,5
Профилометр П5	Ra	0,3...10	0,8; 2,5
П3	Rt $Rmax$	1...30 1...30	
«Homel Tester»	Ra	0,3...10	0,025...2,5
Профилограф-профилометр	Rz Rt	1...30 0,1...100	
Патер-О-метр DWWR-LP	Rt , Wt	2,5...100	0,8...8

Таблица 1.12 – Выбор средства и метода измерения

Номер операции	Контролируемый параметр	Вид параметра	Допуск параметра T , мкм	Допускаемая погрешность измерения, δ	Погрешность измерительного средства	Наименование и тип средства измерения	Метод измерения
015	$40h14$	Лин. р-р	620	140	80	ШЦ-1; 0,05, ГОСТ 166-89	Абсолютное (прямое)
	$Ш10Н7$	Лин. р-р	15	4	3,6	Нутромер 104, ГОСТ 9244-75	Относительное (сравнение)
	//по $40h14$	Допуск положения	300	60	20	Индикатор ИЧ10, ГОСТ 577-68 Стойка С-IV, ГОСТ 10197-70	Относительное (сравнение)
и т.д.	и т.д.	и т.д.	и т.д.	и т.д.	и т.д.	и т.д.	и т.д.
Примечания: Лин. р-р – линейный размер; Допуск положения – допуск положения от параллельности по размеру $40h14$; ШЦ-1; 0,05 – штангенциркуль с ценой деления 0,05 мм							

Контрольные вопросы

- 1) В каких случаях применяют сплошной контроль при механической обработке?
- 2) Где и почему выполняют скользящий контроль при механической обработке?
- 3) Для чего предназначены плоскопараллельные концевые меры длины?
- 4) Какие факторы влияют на выбор метода и средства контроля?
- 5) Кто осуществляет контроль качества механической обработки в цехе?
- 6) Какие измерительные приборы называют механическими?
- 7) Какие измерительные инструменты называют микрометрическими?
- 8) Для каких целей предназначены микрометрические измерительные инструменты?
- 9) Какие измерительные инструменты называют специальными?
- 10) Какие измерительные приборы называют точными?
- 11) Какие измерительные инструменты называют универсальными?
- 12) Для каких целей предназначены универсальные измерительные инструменты?
- 13) На каких операциях механической обработки контроль можно не предусматривать?
- 14) Что означает термин «допускаемая погрешность измерения»?
- 15) Что означает термин «измерение»?
- 16) Что означает термин «метод непосредственной оценки»?
- 17) Что означает термин «метод сравнения»?
- 18) Что означает термин «прямые измерения»?
- 19) Что означает термин «косвенные измерения»?
- 20) Что означает термин «погрешность измерений»?
- 21) Что означает термин «основная погрешность средства измерения»?
- 22) Что означает термин «дополнительная погрешность средства измерения»?
- 23) Какие факторы вызывают погрешности измерения?

1.7 Определение режимов резания

Режимы резания оказывают влияние на точность и качество обработанной поверхности, производительность и себестоимость обработки.

Основные задачи данного подраздела: определить режимы резания по всем технологическим переходам и операциям, заполнить карты технологического процесса.

Исходными данными при определении режимов резания являются:

- 1) материал заготовки и его характеристика (марка, состояние, механические свойства);
- 2) точность размеров, точность формы, точность расположения поверхностей, требуемая шероховатость, технические условия;
- 3) требования к состоянию поверхностного слоя (допускаемое упрочнение);
- 4) вид заготовки, величина и характер припусков на обработку, наличие поверхностной корки;
- 5) тип и состояние металлорежущего оборудования (паспорта станков или каталоги);
- 6) метод обработки;
- 7) справочная литература.

Режимы резания выбирают таким образом, чтобы была достигнута наибольшая производительность при наименьшей себестоимости операции. Это требование выполняется при работе инструментом рациональной конструкции (правильно подобранный материал, требуемая геометрия режущей части инструмента, необходимая прочность, жёсткость и износостойчивость).

Различают два метода назначения режимов резания – расчётный и табличный (нормативный). Различие методов только в определении скорости резания V .

Расчёт режимов резания выполняют в определённой последовательности:

1) Устанавливают глубину резания t с учётом припуска и точности обработки.

2) Выбирают режущий инструмент, устанавливают его тип, размер, материал и геометрию заточки в зависимости:

- от вида обрабатываемых поверхностей;
- характера обработки;
- материала режущей части инструмента.

3) Выбирают рекомендуемую подачу (по справочнику) с учётом метода обработки, глубины резания, мощности станка, материала заготовки и режущей части инструмента, прочности инструмента, точности и шероховатости обрабатываемой поверхности. Рекомендуемую подачу необходимо уточнить по паспорту станка. Определённому виду станка соответствует и определённая подача. Для токарных, сверлильных и расточных станков применяют подачу на один оборот S_o , мм/об, или минутную подачу S_m , мм/мин. Для фрезерных и многоцелевых станков применяют минутные подачи S_m . Для строгальных, долбежных и плоскошлифовальных станков применяют подачи на двойной ход $S_{дв.х}$, мм/дв.х. Для

определения подач на фрезерных станках применяют подачу на зуб фрезы S_z , мм/зуб. Ниже приведены зависимости между подачами:

$$S_m = S_z Z n,$$

где Z – число зубьев фрезы; n – расчётная частота вращения шпинделя станка, мин⁻¹;

$$S_o = S_z Z ;$$

$$S_m = S_o n .$$

4) Выбирают период стойкости режущего инструмента в зависимости от типа и размера инструмента, характеристики заготовки и условий работы.

5) Рассчитывают по формулам скорость резания как функциональную зависимость от ряда факторов и способов механической обработки:

$$V = F(C_v, T, t, S, D, B, Z, K_v),$$

где V – скорость резания, м/мин или м/с; C_v – коэффициент на скорость резания, учитывающий материал заготовки и режущей части инструмента; T – период стойкости инструмента, мин; t – глубина резания, мм; S – подача; D – диаметр режущего инструмента, мм; B – ширина фрезерования, мм; K_v – поправочный коэффициент на скорость резания (рекомендуется учитывать коэффициент обрабатываемости).

Коэффициент обрабатываемости данного материала быстрорежущим или твёрдосплавным режущим инструментом по отношению к эталонному материалу определяют

$$K_v = V_{60}/V_{\text{эт } 60},$$

где V_{60} – скорость резания при 60-минутной стойкости резцов и определённых условиях резания рассматриваемого материала, м/мин; $V_{\text{эт } 60}$ – скорость резания при 60-минутной стойкости резцов в случае обработки эталонного материала.

В таблице 1.13 приведены коэффициенты обрабатываемости резанием различных конструкционных материалов. За эталонный материал принята сталь 45 с пределом прочности $\sigma_B = 650$ МПа, твёрдостью 179 НВ; эталонная скорость резания при полуставном точении этой стали твёрдосплавными резцами 135 м/мин при 60-минутной стойкости, эталонная скорость резания при точении резцами из быстрорежущей стали P18 – 75 м/мин при 60-минутной стойкости инструмента.

При другом методе скорость резания выбирают рекомендуемую по таблицам

$$V = V_{\text{рек}} \cdot K_v.$$

6) Определяют частоту вращения либо заготовки, либо инструмента и сравнивают с имеющейся на станке:

$$n = 1000V/pd,$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности или инструмента, мм.

Таблица 1.13 – Коэффициенты обрабатываемости резанием различных материалов

Марка стали	Состояние материала	Механические свойства		Коэффициент обрабатываемости, K_v	
		НВ	σ_b , МПа	Быстрорежущая сталь	Твёрдый сплав
1	2	3	4	5	6
Ст. 0	Горячекатаный	103...107	320	1,75	2,1
Ст. 2	«	137	320...420	1,7	1,5
Ст. 3	«	124	380...470	1,65	1,7
Ст. 5	«	156...159	500...620	1,2	1,15
Ст. 08	«	≤ 131	324	1,6	2,1
Ст. 10кп	«	≤ 107	334	1,6	2,1
15	«	≤ 143	–	1,6	1,5
20	«	≤ 130	–	1,6	2,0
30	«	≤ 187	–	1,1	1,2
35	«	≤ 187	–	1,0	1,0
40	«	≤ 166	–	1,0	1,4
45	«	170...179	650	1,0	1,0
50	«	179...229	650	0,7	1,0
60	Нормализованный	≤ 241	690	0,6	0,7
70	«	≤ 241	730	0,6	0,7
20Х	Горячекатаный	131	470	1,3	1,7
35Х	«	163	620	0,95	1,2
40Х, 45Х	Нормализованный	≤ 207	–	0,7	0,8
50Х	«	< 217	–	0,65	0,8
А12	Горячекатаный	167...217	–	–	1,6
20Л	Литьё	≤ 126	420	1,3	0,5
30Л	«	≤ 187	480	0,8	0,5
35Л	«	< 217	500	0,75	0,8
45Л	«	< 201	550	0,6	0,8
55Л	«	< 207	600	0,5	0,7
ГЛЗ	«	< 229	–	–	0,2
90ХФ	Нормализованный	1249...197	–	0,95	1,0
ШХ15	Отжиг	< 207	750	0,5	0,9
20Г	Нормализованный	143...187	–	0,9	1,0
30Г	«	149...197	–	0,8	0,8
40Г	«	174...207	–	0,7	0,8
50Г	Закалка, отпуск	< 229	–	0,55	0,8
65Г	« «	> 240	–	0,5	0,6
45Г2	Нормализованный	229	700	0,55	0,8
18ХГТ	«	156...159	540	0,9	1,0

Продолжение таблицы 1.13

1	2	3	4	5	6
30ХГТ	«	163...207	–	0,6	0,75
30ХМ	Закалка, отпуск	229...269	950	0,5	0,7
35ХМ	« «	245	810	0,5	0,8
40ХФА	« «	< 241	–	0,6	0,7
40ХН	« «	< 255	–	0,8	1,0
12ХН3А	Горячекатаный	207	–	0,7	0,8
12ХН4А	«	207	–	0,7	0,8
30ХГС	Закалка, отпуск	< 229	720	0,5	0,7
30ХГСА	Закалка, отпуск	< 229	720	0,5	0,7
35ХГСА	« «	< 229	720	0,5	0,7
38ХГН	« «	187...236	650	0,9	1,0
38ХМЮА	« «	240...270	800	0,5	0,7
12Х13	« «	241	–	0,9	0,9
(1Х13)					
20Х13	« «	229...268	500	0,6	0,8
(2Х13)					
40Х13	Отжиг	–	560	–	0,7
(4Х13)					
14Х17Н2	Закалка	330	–	0,3	0,4
(1Х17Н2)					
12Х18Н10	«	179	> 6550	0,3	0,5
Т					
(Х18Н10Т	Отжиг	–	< 1100	0,4	0,45
)	Закалка	–	> 700	0,4	0,45
Х15Н910	Закалка, старение	< 321	750	0,1	0,2
12Х21Н5Т	« «	217	–	0,1	0,1
ХН77Т10	Отжиг	–	700...950	0,4	0,8
ХН67ВМТ	«	–	< 1200	0,45	0,45
10					
ВТ5; ВТ5-	«	–	< 1000	0,45	0,45
1	«	–	< 1000	0,4	0,55
ВТ1; ВТ1-	Сост. поставки	–	150...400	–	10...12
1;	« «	–	290...300	–	4...6
ВТ1-2					
ВТ6;					
ВТ6С					
ВТ14;					
ВТ15					
АЛ2; АЛ4					
М1; М2;					
М3					

Абсолютное значение скорости резания при 60-минутной стойкости любого материала, отличающегося от эталонной стали, равно $V_{60} = V_{ст}K_v$. Например, для стали с $K_v = 0,8$, $V_{60} = 135 \cdot 0,8 = 108$ м/мин; для стали с $K_v = 0,1$, $V_{60} = 75 \cdot 0,1 = 7,5$ м/мин. Коэффициент обрабатываемости при точении можно применить для выбора скорости резания и при других видах обработки

7) Определив расчётную частоту вращения, принимают действительную частоту вращения по паспорту станка, ближайшую частоту вращения к расчётной частоте:

$$n_{\text{ст}} \approx n.$$

8) Рассчитывают фактическую скорость резания, соответствующую частоте вращения шпинделя станка:

$$V_{\text{ф}} = pdn_{\text{ст}}/1000.$$

9) Определяют составляющие силы резания как функциональную зависимость от ряда факторов:

$$P_{z,y,x} = F(C_p, t, S, V, K_p),$$

где $P_{z,y,x}$ – составляющие силы резания, Н; C_p – коэффициент (постоянная) силы резания; K_p – поправочный коэффициент, учитывающий условия резания.

Определяют крутящий момент как функциональную зависимость от ряда факторов:

$$M_{\text{кр}} = F(C_m, t, S, V, K_m),$$

где $M_{\text{кр}}$ – крутящий момент процесса резания, Н·м; C_m – коэффициент на крутящий момент процесса резания; K_m – поправочный коэффициент, учитывающий условия резания.

10) Определяют мощность процесса резания:

$$N = P_z \cdot V/1020 \cdot 60;$$

$$N = M_{\text{кр}} \cdot n/9750,$$

где N – мощность процесса резания, кВт.

11) Сравнивают рассчитанную мощность процесса резания с мощностью станка. Если мощность станка меньше (недостаточна), то либо изменяют режимы резания, либо выбирают станок большей мощности.

Результаты по определению режимов резания заносят в таблицу и в операционные карты технологического процесса механической обработки. Пример приведён ниже (таблица 1.14).

Основные термины и понятия

Режимы резания – совокупность факторов, определяющих характер протекания процесса механической обработки.

К режимам резания относятся: глубина резания – t , подача – S , скорость резания – V или частота вращения шпинделя станка – n , сила резания – P , мощность резания – N .

Глубина резания t – толщина слоя материала, удаляемого за один рабочий ход.

Таблица 1.14 – Определение режимов резания

Номер перехода	Содержание технологического перехода	i	t	S	V	n	t_0
<i>A</i>	Установить заготовку						
1	Точить поверхность, выдерживая размеры 1 и 2	1	0,3	0,16	135	950	0,8
...							

Примечание – Ширина таблицы 185, 210×250 мм (размер 185 мм относится к оформлению таблицы в пояснительной записке, а пределы 210×250 мм – на листах графической части проекта); высота головки – 18 мм; высота строк – 9 мм; ширина граф: номер перехода – 16 мм; содержание технологического перехода – остаток от 185 мм или от пределов 210×250 мм; число рабочих ходов i – 12 мм; глубина резания t – 12 мм; подача S – 16 мм; скорость резания V – 16 мм; частота вращения n – 16 мм; основное технологическое (машинное) время выполнения технологического перехода t_0 – 16 мм

Глубина резания при сверлении равна половине диаметра сверла.

Подача S – величина перемещения инструмента относительно заготовки или заготовки относительно инструмента в направлении подачи за один оборот, за один рабочий ход или в единицу времени (минуту).

Подача при нарезании резьбы равна произведению шага резьбы на число заходов резьбы (для многозаходных резьб).

Шаг резьбы – расстояние вдоль оси резьбы между соседними витками резьбы.

Число заходов резьбы – количество винтовых линий на цилиндрической поверхности резьбовых изделий.

Скорость резания V – величина перемещения режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности заготовки в единицу времени.

Частота вращения n – отношение числа оборотов тела ко времени.

Сила резания P – усилие, возникающее при резании материалов в контакте «заготовка – режущий инструмент».

Мощность резания N – это произведение силы резания на скорость резания.

Литература: [1; 3; 6; 9; 10; 22; 23; 25; 26; 27; 30; 31; 35].

Контрольные вопросы

- 1) Какие единицы измерения применяют для скорости резания?
- 2) Что означает термин «глубина резания»?
- 3) Как определяют мощность процесса резания?
- 4) Как определяют подачи?
- 5) Как определяется скорость резания в зависимости от частоты вращения?

- 6) Как определяется частота вращения в зависимости от скорости резания?
- 7) Какие данные необходимы для расчёта режимов резания?
- 8) Какие данные учитывают при выборе подачи?
- 9) Какие подачи имеются на станках?
- 10) Какие факторы относят к режимам резания?
- 11) Как определяют глубину резания при сверлении?
- 12) Как определяют подачу при нарезании резьбы?
- 13) Какими методами определяют режимы резания?
- 14) Что означает термин «мощность резания»?
- 15) От каких факторов зависит скорость резания?
- 16) Что означает термин «подача»?
- 17) Какова последовательность расчёта режимов резания?
- 18) Что означает термин «режимы резания»?
- 19) Что означает термин «сила резания»?
- 20) Что означает термин «скорость резания»?
- 21) Что означает термин «частота вращения»?
- 22) Что означает термин «шаг резьбы»?
- 23) Что означает термин «число заходов резьбы»?

1.8 Нормирование операций

Исходными данными для определения трудозатрат по всем операциям технологического процесса являются: содержание операций и технологические переходы; размеры обрабатываемых поверхностей заготовки; режимы резания; тип производства; типы применяемого оборудования; типы измерительных инструментов; тарифно-квалификационный справочник; утверждённые нормативы времени.

Различают три метода нормирования:

- 1) метод технического расчёта норм по нормативам;
- 2) метод расчёта норм на основе изучения затрат рабочего времени наблюдением;
- 3) метод сравнения и расчёта по укрупнённым типовым нормам.

Первые два метода нормирования применяют в серийном и массовом производствах, третий – в единичном и мелкосерийном.

Определение норм времени

На этом этапе определяют норму времени по всем операциям технологического процесса методом технического расчёта, основные положения которого следующие.

Себестоимость изготовления детали

$$C = M + 3 + Z,$$

где C – себестоимость детали, р.; M – стоимость материала детали с учётом вычета стоимости реализованных отходов, р.; Z – заработная плата производственных рабочих, р.; Z – сумма всех остальных цеховых расходов, р.

Стоимость основного материала M определена при выборе исходной заготовки.

Заработная плата (в рублях) при выполнении m операций с начислениями

$$Z = 1,14 \sum_1^m \left(\frac{C^1 \cdot P_1}{f_1} + \frac{C^1 \cdot P_2}{f_2} \right) \cdot \frac{t_{\text{шк}}}{60},$$

где 1,14 – коэффициент, учитывающий расходы по социальному страхованию и на дополнительную заработную плату; C^1 – часовая ставка первого разряда, р.; P_1 – разрядный коэффициент работы, определяемый по квалификационному справочнику; f_1 – количество станков или рабочих мест, обслуживаемых одним рабочим; P_2 – разрядный коэффициент работы, выполняемый наладчиком; f_2 – количество станков, обслуживаемых одним наладчиком; $t_{\text{шк}}$ – время, затрачиваемое на операцию, мин.

Время $t_{\text{шк}}$ складывается из двух частей: подготовительно-заключительного времени – $T_{\text{ПЗ}}$, приходящегося на единицу продукции, и штучного времени – $t_{\text{шт}}$, затрачиваемого на выполнение данной операции:

$$t_{\text{шк}} = \frac{T_{\text{ПЗ}}}{n} + t_{\text{шт}},$$

где n – количество заготовок (изделий) в операционной партии.

Штучное время

$$t_{\text{шт}} = t_0 + t_B + t_T + t_{\text{ОРГ}} + t_{\text{П}},$$

где t_0 – основное технологическое время, мин; t_B – вспомогательное время, мин; t_T – время технического обслуживания рабочего места, мин; $t_{\text{ОРГ}}$ – время организационного обслуживания рабочего места, мин; $t_{\text{П}}$ – время перерывов на отдых и личные потребности, мин.

Подготовительно-заключительное время определяют по нормативам, состав времени на операцию представлен в таблице 1.15.

Основное (технологическое) время t_0 затрачивается на непосредственное осуществление технологического процесса, т.е. на изменение формы, размеров и качества обрабатываемых поверхностей детали. Расчёт основного времени производят по формулам, установленным на основании кинематики данного метода обработки и выбранных режимов резания. В некоторых случаях основное время принимают по нормативам или данным хронометража для определённых методов обработки исходя из кинематической настройки станка (закругление и притирка зубьев зубчатых колёс, зубострогание, круговое протягивание, суперфиниш, внутреннее бесцен-

тровое шлифование и некоторые другие методы обработки). Формулы для расчёта основного (технологического) времени приводятся во многих работах по нормированию и по технологии машиностроения.

Таблица 1.15 – Состав норм времени

Время	Действия и приёмы работы
$T_{П.З}$	Ознакомление с чертежом и технологическим процессом; подготовка рабочего места, оборудования, приспособления, инструмента; наладка станка; получение и сдача работы; получение, установка на станок, снятие и сдача приспособлений и инструмента; сдача чертежа и технологии; приведение в порядок станка после окончания смены
t_B	Базирование и закрепление заготовок, открепление и снятие их после обработки; пуск и останов станка и подъёмников; измерение и перемещение заготовок на рабочем месте; подвод и отвод инструмента к заготовке, взятие пробной стружки; управление механизмами станка и подъёмника
t_T	Поднастройка станка, смена затупившегося режущего инструмента; удаление стружки из зоны резания; (заправка) заточка и регулировка режущего инструмента
$t_{ОРГ}$	Смазка и чистка оборудования, уборка стружки со станка, приведение в порядок рабочего места, подготовка рабочего места к началу работы

Основное время устанавливают исходя из наиболее рациональных режимов обработки. Режимы обработки выбирают на основе подбора глубины резания, подачи, скорости резания и периода стойкости режущего инструмента.

Основное время определяют для каждого технологического перехода

$$t_0 = \frac{L}{S_M} \cdot i,$$

где L – расчётная длина перемещения инструмента с рабочей подачей, мм; S_M – минутная подача, мм/мин; i – число рабочих ходов в данном технологическом переходе.

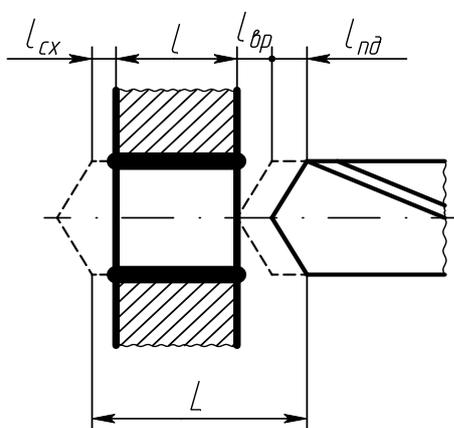


Рисунок 1.17

Расчётную длину перемещения инструмента с рабочей подачей определяют сложением составляющих, показанных на рисунке 1.17:

$$L = l_{нд} + l_{вр} + l + l_{сх},$$

где L – расчётная длина перемещения инструмента с рабочей подачей, мм; $l_{нд}$ – величина подвода инструмента к заготовке для уменьшения удара в начале резания, мм; $l_{вр}$ – длина перемещения инструмента

при врезании, мм; l – длина обрабатываемой поверхности в направлении рабочей подачи, мм; l_{cx} – длина перемещения при сходе инструмента, мм.

Составляющие $l_{пд}$ и l_{cx} принимают равными примерно 2 мм, $l_{фр}$ определяют из геометрических соотношений.

Минутная подача

$$S_M = S_{об} n_{ст},$$

где $S_{об}$ – подача за один оборот, мм/об; $n_{ст}$ – частота вращения шпинделя станка при выполнении данного технологического перехода, мин⁻¹.

Минутная подача при фрезеровании

$$S_M = S_Z Z n_{ст},$$

где S_Z – подача на зуб фрезы, мм/зуб (подачу на зуб фрезы определяют по таблицам справочников); Z – число зубьев фрезы.

Подачу на оборот определяют по таблицам справочников, а при фрезеровании – по формуле

$$S_{об} = S_Z Z.$$

Вспомогательное время определяют по нормативам. Состав вспомогательного времени приведён в таблице 1.15.

Время обслуживания рабочего места берут в процентах от оперативного времени:

$$t_T + t_{ОРГ} = (6,6...14\%) t_{ОП},$$

$$t_T \approx 6\% t_{ОП}; \quad t_{ОРГ} \approx (0,6...8\%) t_{ОП}.$$

Состав времён t_T и $t_{ОРГ}$ приведён в таблице 1.15.

Время перерывов на отдых и личные потребности определяют как 2,5 % $t_{ОП}$.

Оперативное время, затрачиваемое на операцию

$$t_{ОП} = t_O + t_B.$$

Основные понятия

Техническое нормирование – установление технически обоснованных норм расхода производственных ресурсов (энергии, сырья, инструментов, рабочего времени и т.д.).

Себестоимость – сумма всех затрат, связанных с изготовлением изделия.

Трудоёмкость – количество времени, затрачиваемого работающим при нормальной интенсивности труда на выполнение технологического процесса или его части.

Норма времени – регламентированное время выполнения некоторого объёма работ в определённых производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

Норма выработки – регламентированное количество изделий, которое должно быть изготовлено в единицу времени одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

Цикл технологической операции – интервал календарного времени от начала до конца периодически повторяющейся технологической операции.

Штучное время – интервал времени, равный отношению цикла технологической операции к числу одновременно изготавливаемых или ремонтируемых изделий.

Основное время – часть штучного времени, затрачиваемая на изменение и (или) последующее определение состояния предмета труда.

Вспомогательное время – часть штучного времени, затрачиваемая на выполнение приёмов, необходимых для обеспечения изменения и последующего определения состояния предмета труда.

Оперативное время – часть штучного времени, равная сумме основного и вспомогательного времени.

Время обслуживания рабочего места – часть штучного времени, затрачиваемая исполнителем на поддержание средств технологического оснащения в работоспособном состоянии и уход за рабочим местом.

Время на личные потребности – часть штучного времени, затрачиваемая человеком на личные потребности и, при утомительных работах, на дополнительный отдых.

Подготовительно-заключительное время – интервал времени, затрачиваемый на подготовку исполнителя и средств технологического оснащения к выполнению технологической операции и приведению последних в порядок после окончания смены.

Литература: [1; 2; 3; 4; 6; 9; 14; 15; 22; 23; 25; 27; 28; 29; 31; 34; 35; 41; 56].

Контрольные вопросы

- 1) *Что означает термин «время на личные потребности»?*
- 2) *Что означает термин «время обслуживания рабочего места»?*
- 3) *Что означает термин «вспомогательное время»?*
- 4) *Как определяют расчётную длину перемещения инструмента с рабочей подачей?*
- 5) *По какой формуле определяют заработную плату?*
- 6) *По какой формуле определяют основное (машинное) время?*
- 7) *По какой формуле определяют себестоимость изготовления детали?*
- 8) *По какой формуле определяют штучное время?*
- 9) *По какой формуле определяют штучно-калькуляционное время?*
- 10) *Что означает термин «норма времени»?*

- 11) Что означает термин «норма выработки»?
- 12) Что означает термин «оперативное время»?
- 13) Что означает термин «основное технологическое время»?
- 14) Что означает термин «подготовительно-заключительное время»?
- 15) Что означает термин «себестоимость»?
- 16) Какие виды работ и приёмов содержат времена $T_{П.З}$, t_B ?
- 17) Какие виды работ и приёмов содержат времена t_T , $t_{ОРГ}$?
- 18) Что означает термин «техническое нормирование»?
- 19) Что означает термин «трудоемкость»?
- 20) Что означает термин «цикл технологической операции»?
- 21) Что означает термин «штучное время»?

1.9 Разработка операционных эскизов

Цель: изучить основные положения и приобрести практические навыки разработки операционных карт и операционных эскизов, представляющих наглядную информацию для выполнения запланированных операций и процесса настройки станка.

При разработке единичных технологических процессов в среднесерийном, крупносерийном и массовом производствах описание технологического процесса должно быть операционное. Операционное описание (ГОСТ 3.1119-83 и ГОСТ 3.1121-84) требует выполнения обязательных документов: маршрутной карты (МК), операционной карты (ОК), карты эскизов (КЭ) или карты технологического процесса (КТП).

Формы и правила оформления МК при разработке технологических процессов изготовления деталей установлены ГОСТ 3.1118-82. Карты технологического процесса и операционные карты оформляют в соответствии с ГОСТ 3.1404-86.

Правила записи операций и переходов обработки резанием регламентированы ГОСТ 3.1702-79. Эскизы выполняют упрощённо на КЭ по ГОСТ 3.1105-2011.

Рекомендации при разработке операционных эскизов

При разработке операционных эскизов необходимо строго соблюдать основные положения:

- 1) Операционные эскизы показывают окончательный результат выполняемой работы и то, какие поверхности заготовки или оси поверхностей приняты за технологические базы.
- 2) Операционный эскиз, как правило, выполняют на операцию. Если же операция состоит из двух или большего числа установов, то делают эскизы на каждый установ отдельно.

3) Заготовку на эскизе изображают в таком виде, в каком она установлена на станке. Эскиз не должен нарушать общего представления о действительной форме заготовки.

4) На эскиз наносят:

- только размеры, выдерживаемые в данной операции; каждому размеру присваивают номер;
- шероховатость поверхностей, обрабатываемых по данному эскизу;
- условные обозначения схемы базирования и закрепления;
- точность расположения обрабатываемых поверхностей на данной операции;
- число проекций, разрезов, сечений выбирают таким образом, чтобы ясно были видны все места обработки, все выдерживаемые размеры, точность расположения, шероховатость, схема базирования.

5) При выполнении операционного эскиза изображают режущий инструмент. Показывают его оторвано от заготовки тонкими линиями. Если инструментов два или больше, то на изображении каждого или рядом с ним указывают номера переходов, в которых его применяют.

6) При выполнении эскизов применяют три типа контурных линий:

- основной, т.е. такой же, как и обычно при исполнении чертежей. Им указывают поверхности заготовки, не подлежащие обработке в данной операции;
- усиленный – для поверхностей, обрабатываемых по этому эскизу. Их делают в 2...3 раза толще основных;
- ослабленный тип линий для изображения режущего инструмента.

Остальные линии (осевые, выносные, размерные и др.) выполняют в соответствии со стандартами.

Примеры операционных эскизов представлены на рисунке 1.18.

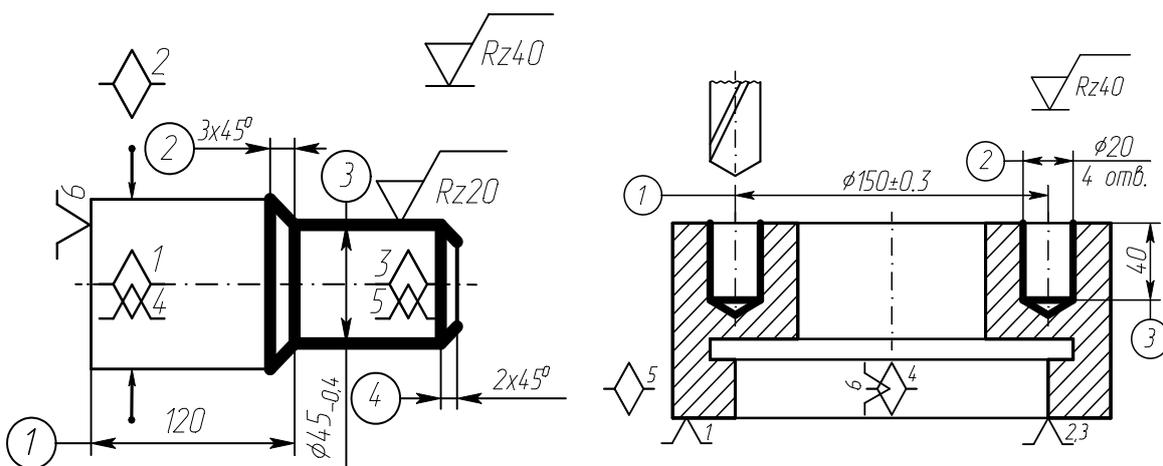


Рисунок 1.18

7) Запись наименований операций.

Согласно стандарту «Наименование операции обработки резанием должно отражать применяемый вид оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже» [47].

Например, токарно-револьверная, вертикально-сверлильная, сверлильно-фрезерно-расточная, круглошлифовальная и т.д.

8) Запись технологических переходов.

Содержание технологического перехода может состоять:

- только из обязательных частей;
- из обязательных частей и дополнительной информации.

Обязательными частями технологического перехода являются:

- ключевое слово;
- наименование обрабатываемого элемента (поверхности);
- номера выдерживаемых размеров.

В такой же последовательности и записывают технологический переход.

Ключевое слово характеризует метод обработки. Оно представляет собой глагол в неопределённой форме (таблица 1.16).

Наименование обрабатываемого элемента характеризует вид поверхности: отверстие, цилиндр, паз, канавка, зуб и т.п. Стандарт допускает сокращение наименований элементов. Если наименование элемента применяют во множественном числе, то сокращения не допускаются.

Номера выдерживаемых размеров записывают по вариантам:

- со словами «выдерживая размер» или «выдерживая размеры»;
- без слов (для диаметров валов, отверстий, резьб и сфер).

Номер размера в записи технологического перехода обводить окружностью не надо.

Примеры записи технологических переходов по рисунку 1.19:

- Сверлить отв., выдерживая размер 1
- Расточить отв., выдерживая размеры 1 и 2

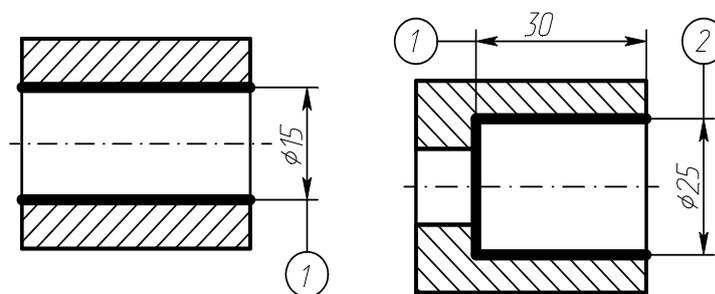


Рисунок 1.19

Дополнительную информацию приводят для правильного понимания действий, планируемых переходом.

В неё могут входить:

- количество одинаковых обрабатываемых элементов;
- характер обработки (предварительно, начерно);
- распределение действий во времени (одновременно, последовательно).

Таблица 1.16 – Ключевые слова технологических переходов

Ключевое слово при обработке резанием		Ключевое слово при слесарных работах	
Вальцевать	Полировать	Балансировать	Полировать
Врезаться	Притереть	Базировать	Править
Выверить	Приработать	Гнуть	Притереть
Галтовать	Проверить	Гравировать	Развальцевать
Гравировать	Протянуть	Довести	Развернуть
Довести	Прошить	Завить	Развинтить
Долбить	Развальцевать	Закрепить	Разметить
Закрепить	Развернуть	Запрессовать	Разобрать
Закруглить	Раскатать	Застегнуть	Разрезать
Заточить	Рассверлить	Застопорить	Распломбировать
Затыловать	Расточить	Зачистить	Распрессовать
Зачистить	Сверлить	Зенковать	Расшплинтовать
Зенкеровать	Смазать	Калибровать	Расштифтовать
Зенковать	Снять	Кернить	Сверлить
Навить	Строгать	Клепать	Свинтить
Накатать	Суперфинишировать	Контрить	Склеить
Нарезать	Точить	Маркировать	Склепать
Настроить	Установить	Навить	Смазать
Обкатать	Фрезеровать	Нанести	Снять
Опилить	Хонинговать	Нарезать	Собрать
Отрезать	Цековать	Опилить	Установить
Переместить	Центровать	Отрезать	Шабрить
Переустановить	Шевинговать	Отрубить	Шплинтовать
Поджать	Шлифовать	Очистить	Штифтовать
Подрезать		Пломбировать	

Например:

- Зенкеровать 4 отверстия одновременно, выдерживая размеры 1, 2, 3.
- Расточить отв. 1 предв. до Ш 54^{+0,5}.

Запись содержания технологических переходов резанием следует выполнять в соответствии с рекомендациями стандарта [47]. В таблице 1.17 приведены примеры полной записи технологических переходов.

Таблица 1.17 – Примеры полной записи технологических переходов обработки резанием (ГОСТ 3.1702-79)

Полная запись технологических переходов	
Сверлить (рассверлить, зенкеровать, развернуть и т. п.) отверстие, выдерживая размер 1	
Расточить (сверлить, рассверлить, зенкеровать, развернуть, шлифовать и т.п.) отверстие, выдерживая размер отв., выдерживая размеры 1 и 2	
Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) поверхность, выдерживая размеры 1 и 2	
Точить (шлифовать, довести, притереть, полировать и т.п.) канавку, выдерживая размеры 1...4	
Точить (шлифовать, притереть, полировать и т. п.) выточку, выдерживая размеры 1...4	
Точить (шлифовать, полировать и т. п.) фаску, выдерживая размер 1	
Точить (шлифовать, притереть, полировать и т. п.) конус, выдерживая размеры 1...3	
Отрезать заготовку, выдерживая размер 1	
Подрезать (шлифовать, полировать и т.п.) торец, выдерживая размер 1	
Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) сферу, выдерживая размеры 1 и 2	
Точить (шлифовать, притереть, полировать и т.п.) фасонную поверхность, выдерживая размеры 1...5	
Нарезать (фрезеровать, накатать, шлифовать и т.п.) резьбу, выдерживая размеры 1 и 2	
Накатать рифление, выдерживая размеры 1 и 2	
Центровать торец, выдерживая размеры 1...5	
Сверлить (рассверлить, зенкеровать, развернуть, шлифовать и т.п.) отверстие, выдерживая размеры 1...3	
Расточить (зенкеровать, развернуть, полировать и т.п.) коническое отверстие, выдерживая размеры 1...3, 6	
Расточить канавку, выдерживая размеры 1...3, 5	
Расточить (полировать, довести и т.п.) выточку, выдерживая размеры 1...3	
Расточить (зенковать, шлифовать, полировать и т.п.) фаску, выдерживая размер 1	
Расточить (зенковать, шлифовать, полировать и т.п.) галтель, выдерживая размер 1	

Продолжение таблицы 1.17

Полная запись технологических переходов
<i>Расточить (зенковать, шлифовать, полировать и т.п.) сферу, выдерживая размеры 1 и 2</i>
<i>Нарезать (шлифовать, довести и т.п.) резьбу, выдерживая размер 1</i>
<i>Подрезать (шлифовать, полировать и т.п.) торец буртика, выдерживая размеры 1 и 2</i>
<i>Подрезать (шлифовать, полировать и т.п.) дно отверстия, выдерживая размеры 1 и 2</i>
<i>Фрезеровать (строгать, шлифовать, полировать и т.п.) поверхность, выдерживая размер 1</i>
<i>Фрезеровать (строгать, шлифовать, полировать и т.п.) фаску, выдерживая размеры 1 и 2</i>
<i>Фрезеровать (строгать, шлифовать, полировать и т.п.) уступ, выдерживая размеры 1 и 2</i>
<i>Фрезеровать (строгать, шлифовать, полировать и т.п.) галтель, выдерживая размеры 1 и 2</i>
<i>Фрезеровать (строгать, протянуть, шлифовать, полировать и т.п.) паз, выдерживая размеры 1...3</i>
<i>Фрезеровать шпоночный паз, выдерживая размеры 1...5</i>
<i>Долбить (протянуть) шпоночный паз, выдерживая размеры 1 и 2</i>
<i>Фрезеровать (строгать, протянуть, шлифовать и т.п.) шлиц, выдерживая размеры 1...3</i>
<i>Фрезеровать (строгать, протянуть и т.п.) паз (типа Т-образный или ласточкин хвост), выдерживая размеры 1...4</i>
<i>Фрезеровать (строгать, протянуть, шлифовать и т.п.) лыску, выдерживая размер 1</i>
<i>Долбить (протянуть) шестигранник, выдерживая размеры 1 и 2</i>
<i>Фрезеровать (строгать, шлифовать и т.п.) шестигранник, выдерживая размеры 1 и 2</i>
<i>Фрезеровать (строгать, шлифовать, полировать и т.п.) поверхности, выдерживая размеры 1...4</i>
<i>Прошить (долбить, протянуть и т.п.) отверстие, выдерживая размеры 1...3</i>
<i>Фрезеровать (шлифовать, полировать и т.п.) боковые поверхности шлицев, выдерживая размеры 1...3</i>
<i>Долбить (протянуть) шлицы, выдерживая размеры 1...3</i>
<i>Нарезать (фрезеровать, шлифовать и т.п.) червяк, выдерживая размеры 1...4</i>

Основные понятия

Эскиз – чертёж, выполненный без точного масштаба и применения чертёжных инструментов.

Эскиз операционный – эскиз, предназначенный для точного выполнения технологической операции по замыслу технолога.

На эскизе выделяют обрабатываемые поверхности, схему базирования, места приложения сил закрепления заготовки, размеры и все требования точности, получаемые на данной операции.

Заготовка – предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и материала изготавливают деталь [33; 35].

Технологическая операция – это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента, поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке, при заданных режимах.

Позиция – фиксированное положение заготовки относительно инструмента при выполнении технологической операции.

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

Установка – процесс базирования и закрепления заготовки или изделия.

Литература: [3; 4; 6; 9; 16; 23; 22; 26; 27; 28; 29; 32; 33; 35; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 49; 54; 55; 57].

Контрольные вопросы

- 1) *В каком виде изображают заготовку на операционном эскизе?*
- 2) *Как необходимо записывать наименования операций?*
- 3) *Как показывают инструмент на операционном эскизе?*
- 4) *Какие линии применяют при разработке операционных эскизов?*
- 5) *Какую дополнительную информацию записывают в технологические переходы?*
- 6) *Назовите обязательные части технологического перехода.*
- 7) *Назовите особенности в записи технологических переходов.*
- 8) *Что означает термин «эскиз»?*
- 9) *Что означает термин «эскиз операционный»?*
- 10) *Что означает термин «заготовка»?*
- 11) *Что означает термин «технологическая операция»?*
- 12) *Что означает термин «технологический переход»?*
- 13) *Что означает термин «позиция»?*
- 14) *Что означает термин «установ»?*
- 15) *Что означает термин «установка»?*

1.10 Разработка инструментальных наладок

Цели: изучить обработку заготовок на металлорежущих станках, настройку станков; приобрести практические навыки разработки эскизов наладок.

Рекомендации при разработке эскизов наладок

Эскизы наладок разрабатывают при выполнении технологических операций для работы на настроенных станках по методу автоматического обеспечения заданной точности. Их разрабатывают в том случае, когда операционные эскизы не дают полной информации исполнителям для быстрой и правильной настройки станка и реализации замысла технолога.

Разработку эскизов наладок надо производить с учётом следующих положений:

1) Эскизы наладок в зависимости от назначения подразделяют:

- для станков с жёсткой программой, т.е. когда программу работы станка задают упорами, кулачками, кулачковыми валами (токарные полуавтоматы и автоматы, токарно-револьверные станки, агрегатные и т.п.);
- станков с гибкой (переналаживаемой) программой (станки с ЧПУ).

2) На эскизах наладки показывают:

- эскиз заготовки со всеми размерами, получаемыми при обработке на операции (для станков с жёсткой программой может быть несколько проекций);
- схематично (упрощённо) способ базирования и закрепления заготовки;
- схематично способы установки и закрепления инструментов;
- для станков с жёсткой программой выполняют отдельные эскизы для каждого технологического перехода или позиции. Инструмент изображают в контакте с обрабатываемой поверхностью заготовки в конце рабочего хода;
- для станков с гибкой программой на эскиз наносят начало отсчёта: систему координат станка (СКС), систему координат заготовки (СКЗ); указывают размеры, определяющие положение баз заготовки относительно установочных элементов станка $X_з$, $Y_з$, $Z_з$;
- рабочие органы станка, несущие инструмент, показывают в исходном положении. Для станков с инструментальными магазинами изображают один инструмент, установленный в шпинделе, рядом, последовательно слева направо или сверху вниз располагают инструментальные блоки и оправки с инструментами;
- исходное положение рабочих органов (ось револьверной головки, торец шпинделя) указывают относительно системы координат станка $X_и$, $Y_и$, $Z_и$;

- при небольшом количестве инструментов (1...2), применяемых на операции, указывают координаты вершин инструментов относительно базовой точки рабочего органа. При большом количестве инструментов данные об их координатах сводят, например, в таблицу 1.18. Таблицу размещают в правой нижней части карты наладки или выносят на отдельный лист;
- на выносной линии инструмента указывают, для обработки каких поверхностей предназначен инструмент, в соответствии с обозначением обрабатываемых поверхностей на КЭ, например, как показано на рисунке 1.20;
- в таблице карты наладки (КН) кроме вылетов инструментов указывают вид режущего инструмента, тип или условное обозначение, основные характеристики, стандарты, вид вспомогательного инструмента и его шифр. Обязательно указывают размеры, на которые управляющая программа (УП) предоставляет возможность введения коррекции с пульта устройства ЧПУ, и номера корректоров, заданных в программе;
- на карте наладки допускается простановка размеров $X_{п}$, $Y_{п}$, $Z_{п}$, определяющих положение установочных элементов приспособлений.

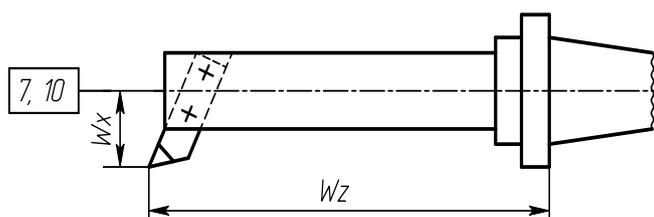


Рисунок 1.20

Таблица 1.18 – Инструменты для наладки станка на технологическую операцию

Номер позиции	01	02	03	04
Режущий инструмент	Резец 2142-0005 BK6 ГОСТ9795-84			
Вспомогательный инструмент	Оправка 6300-0722 ГОСТ21223-75			
W_x	25			
W_z	140			
Номер корректора	01	02	03	04
Размер	40-0,039			

Особенности наладки станков с ЧПУ

Различают позиционное и контурное ЧПУ.

При позиционном управлении перемещение рабочих органов станка происходит в заданные точки, причём траектория перемещения не задаётся; при контурном управлении перемещение рабочих органов станка происходит по заданной траектории и с заданной скоростью для получения необходимого контура обработки.

Адаптивное ЧПУ станком обеспечивает автоматическое приспособление процесса обработки заготовки к изменяющимся условиям обработки по определённым критериям.

При подготовке УП для станков с ЧПУ большое значение имеет правильный выбор и взаимная увязка систем координат. СКС, в которой определяют положение рабочих органов станка и других систем координат, является основной. По стандартам все прямолинейные перемещения рассматривают в правосторонней прямоугольной системе координат X, Y, Z .

Во всех станках положение оси Z совпадает с осью вращения инструмента, если при обработке вращается заготовка – с осью вращения заготовки. На станках всех типов движение сверла из заготовки определяет положительное направление оси Z в СКС. Ось X перпендикулярна оси Z и параллельна технологической базе и направлению возможного перемещения рабочего органа станка. На токарных станках с ЧПУ ось X направлена от оси заготовки по радиусу и совпадает с направлением поперечной подачи суппорта.

В зависимости от конструкции станка заданное положение инструмента и заготовки при обработке может быть получено перемещением инструмента относительно неподвижной заготовки или перемещением заготовки относительно неподвижного инструмента. Учитывать эти особенности не обязательно. Принят метод относительного программирования: при обработке заготовок на сверлильно-фрезерно-расточных станках условно считают, что всегда движется инструмент, а заготовка остаётся неподвижной. При этом знаки направлений осей координат заготовки одинаковы со знаками координатных перемещений инструмента. Такой метод очень удобен на практике, т.к. для программиста безразлично, как обеспечивается, например, положительное движение инструмента по оси X – его собственным перемещением или движением стола в противоположном направлении.

При разработке УП программист использует именно систему координат детали. При выборе СКЗ целесообразно принимать направление осей таким же, как направление осей в СКС. Нуль заготовки (детали) располагать так, чтобы все или большая часть координат опорных точек имели положительное значение. Координатные плоскости СКЗ совмещать или

располагать параллельно базам заготовки. Координатные оси совмещать с возможно большим числом размерных линий или осей симметрии.

Система координат инструмента (СКИ) предназначена для задания положения его режущего лезвия. Оси СКИ параллельны и направлены в ту же сторону, что и оси СКС. Начало СКИ выбирают с учётом особенностей установки инструмента на станке. Инструмент рассматривают в сборе с державкой. Указывают положение формообразующих элементов режущих кромок. У вращающегося инструмента указывают координаты точки пересечения с осью вращения. Связь систем координат при обработке заготовки на сверлильно-фрезерно-расточном станке показана на рисунке 1.21.

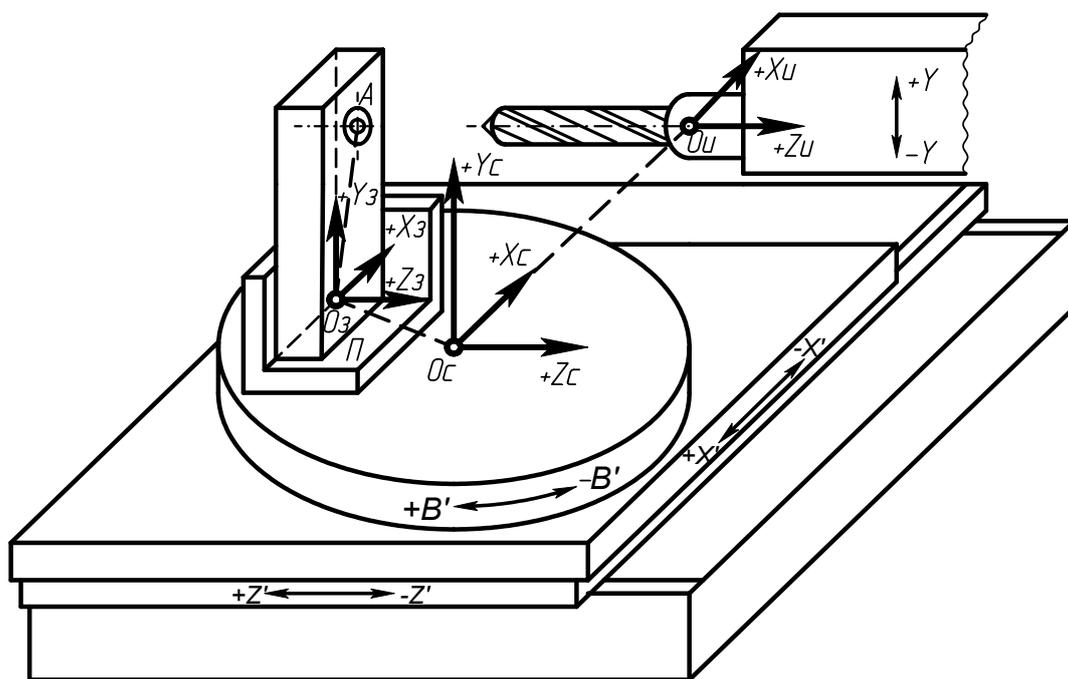


Рисунок 1.21

Заданное расположение поверхностей заготовки будет достигнуто в двух случаях: если заготовка и режущий инструмент установлены в определённом положении в СКС, т.е. точно известно положение СКИ и СКЗ в СКС, или если все системы совмещены. В обоих случаях до обработки необходимо точно знать расположение систем координат станка, заготовки и режущего инструмента. Это согласование достигается наладкой технологической системы.

Положение нулевой точки станка (нуль станка) обозначено на схеме O_C , (см. рисунок 1.21). Эта точка обозначает начало СКС – начало отсчёта размеров. СКС обозначена принятыми буквами с индексом C . Верхняя часть стола станка круглая и имеет возможность поворота вокруг вертикальной оси, проходящей через точку O_C . Стол станка также может пере-

мещаться вдоль осей Z и X . Поворот стола по часовой стрелке принимают за положительное направление (на схеме $+B'$), поворот стола в обратную сторону принимают за отрицательное направление (на схеме $-B'$). Перемещение стола станка «на станочника» принимают за положительное направление (на схеме $+X'$), перемещение стола в обратную сторону принимают за отрицательное направление (на схеме $-X'$). Перемещение стола станка от шпинделя, т.е. на выход режущего инструмента из отверстия заготовки, принимают за положительное направление (на схеме $+Z'$), а перемещение стола станка к шпинделю принимают за отрицательное направление (на схеме $-Z'$).

На схеме буквой Π изображено станочное приспособление, установленное на столе станка. СКЗ определяют по базовым поверхностям заготовки, начало координатной системы заготовки обозначено на схеме O_3 . Направление координат должно совпадать с направлением СКС. СКЗ обозначена $(+Z_3; +X_3; +Y_3)$. Отверстие, которое подлежит обработке, обозначено на схеме буквой A .

Положение системы координат режущего инструмента задано с началом в точке базирования режущего инструмента со шпинделем станка (на схеме обозначено точкой O_U и координатной системой $+Z_U; +X_U$), совпадающей по направлениям с координатной системой станка. Перемещение шпинделя вверх принимают за положительное направление $(+Y)$, а перемещение шпинделя вниз – за отрицательное направление $(-Y)$.

На картах наладок обязательно указывают размеры, связывающие координатные системы режущего инструмента, заготовки и станочного приспособления с СКС.

Карта наладки и РТК являются документами для правильной и качественной разработки УП.

Инструментальная оснастка для станков с ЧПУ

На станках с ЧПУ применяют автоматическую смену инструментальных блоков. Такие блоки состоят из инструментальных приспособлений с установленными в них режущими инструментами. Основой инструментальных блоков служит универсальная унифицированная подсистема инструментальных приспособлений (вспомогательного инструмента), показанная на рисунке 1.22, предназначенная для станков различных моделей.

Конструкция унифицированного хвостовика инструментальной оснастки для станков с ЧПУ приведена в стандарте (ГОСТ 25827-93). Номенклатура метрических конусов 7:24 включает следующие типоразмеры: 30; 40; 45; 50; 55; 60 (ГОСТ 15945-82). Наибольшее применение находят хвостовики с конусами 50, 40 и 45.

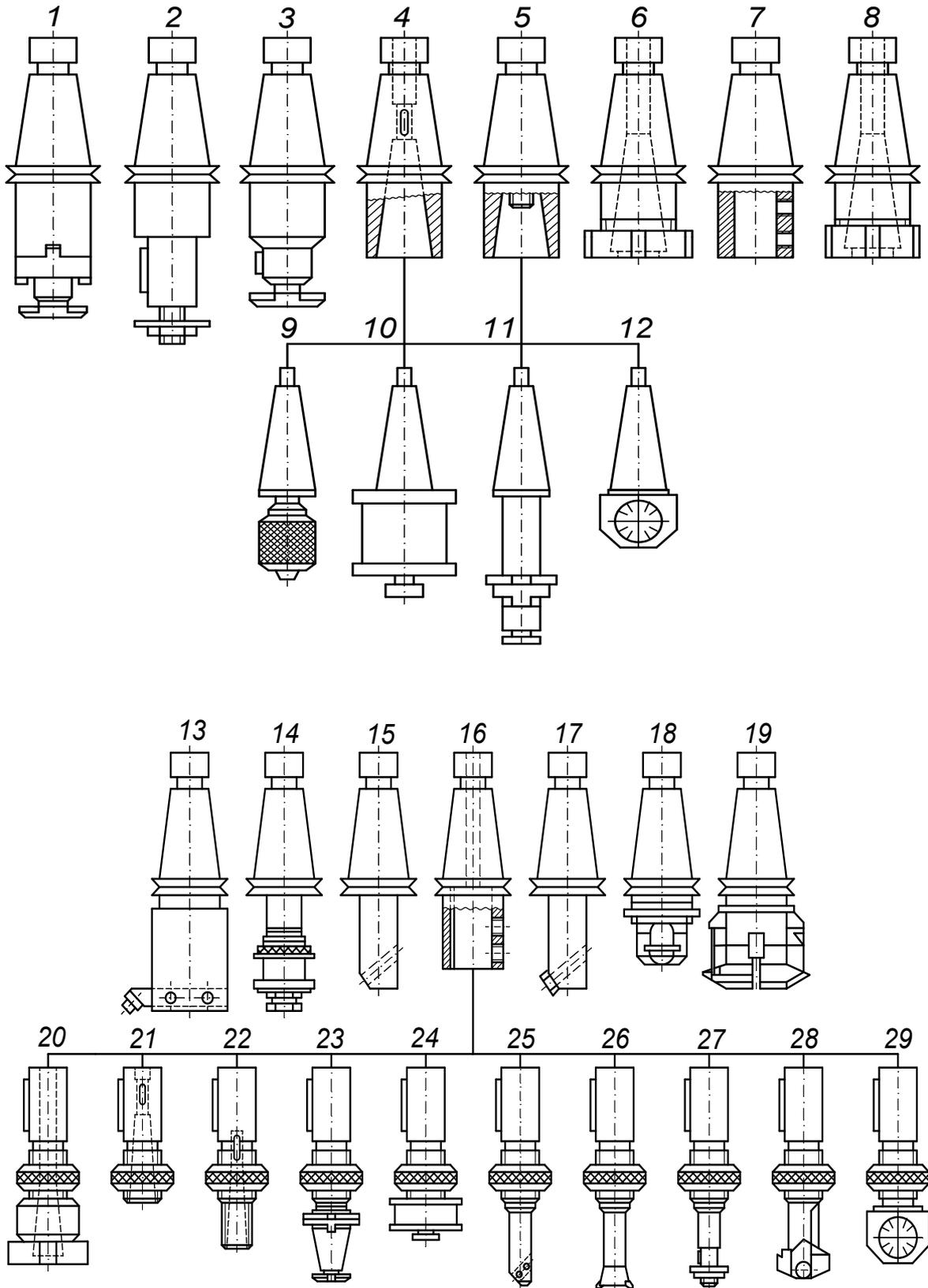


Рисунок 1.22

При обработке применяют стандартный и специальный режущий инструмент. К инструменту предъявляют повышенные требования по точности, жёсткости, скорости смены и наладки на размер, стойкости, стабильному стружкоотводу, надёжности. Включенный в систему режущий инструмент позволяет выполнить все основные виды обработки поверхностей заготовок. Стандартный комплект режущих инструментов позволяет обработать на сверлильно-фрезерно-расточном станке заготовку корпусной детали со следующими параметрами:

- Габаритные размеры 460×490×760 мм.
- Точность диаметров растачиваемых отверстий Н7, межосевых расстояний $\pm 0,07$ мм;
- Отклонение: от соосности $\pm 0,04$ мм; от параллельности осей отверстий $\pm 0,045$ мм.
- Максимальная длина растачиваемого с одного установка отверстия 325 мм.
- Диаметр растачиваемых отверстий: минимальный 9 мм; средний 85 мм; максимальный 176 мм.

На станках с ЧПУ в основном используют сборную инструментальную оснастку и режущий инструмент, которые обладают меньшей жёсткостью по сравнению со сплошными; однако в этом случае существенно уменьшается номенклатура применяемого режущего инструмента. Кроме того, сборная конструкция лучше гасит возникающие при обработке вибрации. Кроме указанной на рисунке 1.22 инструментальной оснастки применяют и другие типы сборного расточного инструмента.

Ступенчатые соосные отверстия обрабатывают последовательно несколькими или одним комбинированным инструментом. При расположении резцов в диаметрально противоположных сторонах оправки радиальная сила частично уравновешена, что обеспечивает большую точность.

При обработке точных отверстий применяют оправки с регулированием положения резца. Они позволяют также отвести резец от обрабатываемой поверхности при выводе оправки из отверстия.

Подсистемы инструментальной оснастки для многоцелевых станков с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы (см. рисунок 1.22):

- 1 – оправка с конусом 7:24 для насадных фрез с поперечными шпонками (ГОСТ 26538-85);
- 2 – оправка для насадных торцовых фрез с продольной шпонкой длинная (ТУ 2-035-990-85);
- 3 – оправка для насадных торцовых фрез с продольной шпонкой короткая (ГОСТ 26541-85);
- 4 – втулка переходная для инструментов с конусом Морзе с лапкой;
- 5 – втулка переходная для инструментов с конусом Морзе с резьбовым отверстием (ТУ 2-035-978-85);

- 6 – патрон цанговый для закрепления инструментов диаметрами 20...40 мм (ТУ 2-035-986-85);
- 7 – втулка переходная для концевых фрез;
- 8 – патрон цанговый для закрепления инструментов с диаметрами хвостовика 5...20 мм (ТУ 2-035-986-85);
- 9 – патрон с конусом Морзе сверлильный трёх кулачковый без ключа;
- 10 – патрон с конусом Морзе резьбонарезной;
- 11 – оправка с конусом Морзе для насадных зенкеров и развёрток;
- 12 – патрон с конусом Морзе расточной;
- 13 – оправка расточная для чистового растачивания сборная;
- 14 – оправка для подрезных пластин;
- 15 – оправка расточная для получистового растачивания;
- 16 – державки для регулируемых патронов, втулок и оправок (ТУ 2-035-763-80);
- 17 – оправка расточная для чистового растачивания;
- 18 – головка расточная универсальная;
- 19 – головка расточная двузубая;
- 20 – патроны цанговые регулируемые (диапазон зажима 2...25 мм);
- 21 – втулки регулируемые с внутренним конусом Морзе, универсальные (ТУ 2-035-768-80);
- 22 – втулка регулируемая длинная с внутренним конусом Морзе (ТУ 2-035-768-80);
- 23 – оправка регулируемая для насадных зенкеров и развёрток;
- 24 – патрон регулируемый резьбонарезной (ТУ 2-035-975-85);
- 25 – оправка регулируемая для получистового растачивания;
- 26 – оправка регулируемая расточная двузубая;
- 27 – оправка регулируемая для дисковых фрез;
- 28 – оправка регулируемая для крепления пластин перовых свёрл;
- 29 – патрон регулируемый.

Точность обработки на станках с ЧПУ

При обработке заготовок на станках с ЧПУ точность диаметральных размеров зависит от погрешности наладки режущего инструмента вне станка, погрешностей изготовления прибора для наладки инструмента, оправок, конусного отверстия в шпинделе станка. Обычно применение инструмента, настроенного вне станка, обеспечивает получение диаметральных размеров по 8...9-му квалитетам. При более высоких требованиях к точности необходима поднастройка инструмента на станке.

Погрешность формы в продольном сечении отверстия определяется отклонением от прямолинейности перемещений шпинделя или стола станка в осевом направлении, упругими и температурными деформациями тех-

нологической системы, размерным износом режущего инструмента и уводом инструмента.

Погрешность расстояний между центрами отверстий зависит от погрешности метода обработки, погрешности позиционирования рабочих органов станка и погрешностей станка. Кроме того, следует учитывать погрешности перемещений рабочих органов станка (отклонения от прямолинейности и перпендикулярности перемещений).

Отклонение от соосности отверстий или параллельности оси отверстия плоскости зависит от следующих факторов: погрешностей собственно метода обработки (увода при сверлении, копирования погрешностей при растачивании, погрешности обработки и установки плоскости, относительно которой определяют отклонение) и погрешностей станка. Наиболее существенное влияние оказывают такие погрешности станка, как погрешность позиционирования, включая погрешность, возникающую при повороте стола; отклонение перемещений рабочих органов станка от заданной траектории. Некоторые погрешности могут быть учтены в программе обработки путём введения соответствующей коррекции.

Погрешность формы и взаимного расположения плоскостей при обработке в значительной степени определяется погрешностями установки приспособлений и заготовок, геометрическими погрешностями станка, включая погрешность позиционирования (линейную и возникающую при повороте стола, револьверной головки, шпинделя), погрешностями от упругих и температурных деформаций технологической системы.

Основные понятия

Управляющая программа (УП) – совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки.

Числовое программное управление (ЧПУ) станком – управление обработкой заготовки на станке по УП, в которой данные заданы в цифровой форме.

Нуль станка – положение точки, принятой за начало СКС, т.е. начало отсчёта для линейных и круговых движений.

Исходная точка станка – точка, которую используют для начала работы по УП; определяется относительно нулевой точки станка.

Фиксированная точка станка – точка, которую используют для нахождения положения рабочего органа станка; определяется относительно нулевой точки станка.

Точка начала обработки – точка, по которой определяют начало обработки конкретной заготовки.

Система координат заготовки служит для задания координат опорных точек обрабатываемых поверхностей (контура, профиля, крепёжных отверстий и т.д.).

Опорная точка (в траектории движения режущего инструмента относительно заготовки) – место начала, конца, пересечения или касания геометрических элементов, из которых образованы контур детали и траектория движения инструмента на переходах обработки.

Нулевая точка детали (нуль детали) – точка на детали, относительно которой заданы её размеры.

Литература: [1; 3; 4; 6; 9; 14; 22; 26; 29; 32; 36; 56; 57].

Контрольные вопросы

- 1) Для чего необходимы инструментальные наладки?
- 2) Как показывают рабочие органы станка, несущие инструмент?
- 3) Как изображают режущий инструмент на картах наладки для станков с ЧПУ?
- 4) Как выполняют эскизы наладок с жёсткой программой?
- 5) Как выполняют эскизы наладок для станков с гибкой программой?
- 6) Что указывают в таблице карты наладки для станков с ЧПУ?
- 7) Что означает термин «управляющая программа»?
- 8) Что означает термин «числовое программное управление станком»?
- 9) Какие бывают системы ЧПУ?
- 10) В чём сущность позиционного управления станком?
- 11) В чём сущность контурного управления станком?
- 12) В чём сущность адаптивного управления станком?
- 13) С какой осью на станке с ЧПУ должна совпадать координатная ось Z?
- 14) Как выбирают направление оси Z на станках с ЧПУ?
- 15) Что означает термин «нуль станка»?
- 16) Что означает термин «исходная точка станка»?
- 17) Что означает термин «фиксированная точка станка»?
- 18) Что означает термин «точка начала обработки»?
- 19) Что означает термин «опорная точка в системе ЧПУ станка»?
- 20) Что означает термин «нулевая точка детали (заготовки)»?

2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Разработку технологических процессов механической обработки детали заканчивают разработкой и оформлением комплекта документов на технологические процессы изготовления изделий и деталей.

Стадии разработки, виды документов, формы карт, правила оформления и заполнения документов на технологические процессы и операции обработки резанием зависят от вида технологического процесса (единичный, унифицированный), типа производства и степени использования раз-

работчиком средств вычислительной техники и автоматизированной системы управления производством (АСУП) [6; 17; 32; 45; 46; 47; 51; 52; 55].

По степени детализации информации каждый из указанных видов технологических процессов предусматривает различное изложение содержания операций и комплектность документов.

В **маршрутном технологическом процессе** содержание операций излагают только в МК без указания технологических переходов. Применяют в единичном и серийном типах производства.

Маршрутная карта – технологический документ, содержащий описание технологического процесса изготовления изделия по всем операциям в технологической последовательности с указанием соответствующих данных по оборудованию, оснастке, материальным, трудовым и другим нормативам [1].

В **операционном технологическом процессе** МК содержит только наименование всех операций в технологической последовательности, включая контроль и перемещение, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты. Все операции разрабатывают на ОК. Применяют в крупносерийном и массовом типах производства.

Операционная карта – технологический документ, содержащий: номер и наименование выполняемой операции; применяемое технологическое оборудование; механические свойства материала детали и размеры заготовки; нормы времени на выполнение операции; содержание технологических переходов в последовательности обработки поверхностей; сведения о технологической оснастке и режимы резания по переходам.

В **маршрутно-операционном технологическом процессе** предусматривают краткое описание содержания отдельных операций в МК, а остальные операции оформляют на операционных картах.

При выполнении курсового и дипломного проектирования рекомендуется операционная или маршрутно-операционная степень детализации описания технологического процесса. Конкретно степень детализации описания технологического процесса оговаривают с руководителем дипломного проекта.

2.1 Маршрутная карта

МК является основным и обязательным документом любого технологического процесса. Формы и правила оформления МК, применяемых при отработке технологических процессов изготовления или ремонта изделий в основном и вспомогательном производствах, регламентированы согласно стандарту (ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт).

К заполнению граф технологических документов стандарт предъявляет следующие требования:

1) Каждую строку мысленно делят по горизонтали пополам и информацию записывают в нижней её части, оставляя верхнюю часть свободной для внесения изменений.

2) Для граф, выделенных утолщёнными линиями, существует три варианта заполнения:

- графы заполняют кодами и обозначениями по соответствующим классификаторам и стандартам. Вариант используют разработчики, внедрившие АСУП;

- информацию записывают в раскодированном виде;

- информацию дают в виде кодов с их расшифровкой; при курсовом и дипломном проектировании рекомендуется этот вариант заполнения.

Для изложения информации технологических процессов в МК используют способ заполнения, при котором содержание вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ. Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки формы документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации. Простановка служебных символов является обязательной в любом случае. В качестве обозначения служебных символов приняты прописные буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки. Указание соответствующих служебных символов (для типов строк в зависимости от размещаемого состава информации) в графах МК следует выполнять в соответствии с таблицей 2.1.

Таблица 2.1 – Сведения, вносимые в графы МК

Обозначение служебного символа	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке маршрутной карты
<i>А</i>	Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняют операцию; код и наименование операции
<i>Б</i>	Код, наименование оборудования и информация по трудозатратам
<i>К</i>	Информация о комплектации изделия (сборочной единицы) составными частями с указанием наименования деталей, сборочных единиц, их обозначений, кода единицы величины, единицы нормирования, количества на изделие и нормы расхода
<i>М</i>	Информация о применяемом основном материале и исходной заготовке, применяемых исходных и комплектующих материалах, кодах единицы величины, единицы нормирования, количестве на изделие и нормы расхода
<i>О</i>	Содержание операции (технологического перехода)
<i>Т</i>	Информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке
<i>Р</i>	Информация о режимах обработки

Форма МК единичного процесса обработки резанием: лист первый показан на рисунке 2.1, последующие листы – на рисунке 2.2. Для удобства поиска соответствующих граф карты номера пунктов таблицы 2.2 продублированы выносными линиями на полях (см. рисунок 2.1).

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ «*O*», следует руководствоваться требованиями, которые устанавливают правила записи операций и переходов (см. подраздел 1.9).

При маршрутно-операционном описании технологического процесса на МК номер технологического перехода следует проставлять в начале строки.

Таблица 2.2 – Сведения, вносимые в графы и строки МК

Номер пункта поиска	Наименование (обозначение графы)	Служебный символ	Содержание информации												
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>												
1	–	–	Наименование изделия (детали, сборочной единицы) по основному конструкторскому документу												
2	–	–	Обозначение изделия по основному конструкторскому документу или код ступени классификации по конструкторскому классификатору												
3	–	–	Код классификационных группировок технологических признаков для типовых и групповых технологических процессов по технологическому классификатору												
4	–	–	Обозначение документа по ГОСТ 3.1201-85 (Система обозначения технологической документации)												
5	–	–	Общее количество листов документа												
6	–	–	Порядковый номер листа документа												
7	–	–	Литера, присвоенная технологическому документу												
8	–	–	Графа для особых указаний												
9	<i>Обозначение документа</i>	<i>A</i>	Обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции, например, ИОТ – инструкция по охране труда												
10	<i>T_{шт}</i>	<i>Б</i>	Норма штучного времени на операцию, мин												
11	<i>T_{п.з}</i>	<i>Б</i>	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию, мин												
12	<i>ОП</i>	<i>Б</i>	Объём производственной партии, шт.												
13	<i>K_{шт}</i>	<i>Б</i>	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании, зависящий от количества обслуживаемых станков:												
<table border="1"> <tr> <td>Кол-во станков</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><i>K_{шт}</i></td> <td>1</td> <td>0,65</td> <td>0,48</td> <td>0,39</td> <td>0,35</td> </tr> </table>				Кол-во станков	1	2	3	4	5	<i>K_{шт}</i>	1	0,65	0,48	0,39	0,35
Кол-во станков	1	2	3	4	5										
<i>K_{шт}</i>	1	0,65	0,48	0,39	0,35										

Продолжение таблицы 2.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
14	<i>ЕН</i>	<i>МО2, Б, К, М</i>	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала, или норма времени, например, 1, 10, 100
15	<i>КОИД</i>	<i>Б</i>	Количество одновременно обрабатываемых заготовок при выполнении одной операции
16	<i>КР</i>	<i>Б</i>	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции
17	<i>УТ</i>	<i>Б</i>	Код условий труда. Включает в себя цифру – условия труда: 1 – нормальные; 2 – тяжёлые и вредные; 3 – особо тяжёлые, особо вредные; и букву, указывающую вид нормы времени: Р – аналитически-расчётная; И – аналитически-исследовательская; Х – хронометражная; О – опытно-статистическая
18	<i>Р</i>	<i>Б</i>	Разряд работы, необходимой для выполнения операции. Код включает три цифры: первая – разряд работы по тарифно-квалификационному справочнику, две следующие – код формы и системы оплаты труда: 10 – сдельная форма оплаты труда; 11 – сдельная система оплаты труда прямая; 12 – сдельная система оплаты труда премиальная; 13 – сдельная система оплаты труда прогрессивная; 20 – повременная форма оплаты труда; 21 – повременная система оплаты труда простая; 22 – повременная система оплаты труда премиальная
19	<i>ПРОФ</i>	<i>Б</i>	Код профессии согласно классификатору (таблица 2.3)
20	<i>СМ</i>	<i>Б</i>	Код степени механизации труда. Указывают цифрой: 1 – наблюдение за работой автоматов; 2 – работа с помощью машин и автоматов; 3 – вручную при машинах и автоматах; 4 – вручную без машин и автоматов; 5 – вручную при наладке машин
21	<i>Код, наименование оборудования</i>	<i>Б</i>	Код оборудования. Включает в себя высшую (шесть первых цифр) и низшую (четыре цифры после точки) классификационные группировки. Выборочно коды оборудования указаны в таблице 2.4
22	<i>Код, наименование операции</i>	<i>А</i>	Код операции согласно классификатору технологических операций. В таблице 2.4 выборочно приведены коды основных операций механической обработки. При наличии операции, выполняемой на станке с ПУ, к коду операции добавляют код «4103». После кода операции записывают её наименование
23	<i>Цех</i>	<i>А</i>	Номер цеха, в котором выполняют операцию

Окончание таблицы 2.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
24	<i>Уч</i>	<i>А</i>	Номер участка
25	<i>РМ</i>	<i>А</i>	Номер рабочего места
26	<i>Опер</i>	<i>А</i>	Номер операции в технологической последовательности изготовления, контроля и перемещения. Рекомендуемая нумерация операций: 005, 010, 015, 020, 025 и т. д.
27	<i>Код</i>	<i>МО2</i>	Код материала. Графу не заполняют, ставят прочерк
28	<i>ЕВ</i>	<i>МО2, К, М</i>	Код единицы величины (массы, длины, площади и т.п.) детали или заготовки. Для массы, указанной в килограммах, код 166; в граммах – 163; в тоннах – 168. Допускается вместо кода указывать единицы измерения величины
29	<i>МД</i>	<i>МО2</i>	Масса детали по конструкторскому документу
30	<i>ЕН</i>	<i>МО2, Б, К, М</i>	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени, например, 1, 10, 100
31	<i>Н_{расх}</i>	<i>МО2, К, М</i>	Норма расхода материала
32	<i>КИМ</i>	<i>МО2</i>	Коэффициент использования материала
33	<i>Код заготовки</i>	<i>МО2</i>	Код заготовки по классификатору (таблица 2.5). Допускается указывать вид заготовки (отливка, прокат, штампованная заготовка и т.д.)
34	—	<i>МО1</i>	Наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта, технических условий. Запись выполняют на уровне одной строки с применением разделительного знака дроби «/», например: Лист БОН-2,5×1000×2500 ГОСТ 19993-74/Ш-1У В ст. 3 ГОСТ 14637-89
35	<i>Профиль и размеры</i>	<i>МО2</i>	Обозначение профиля и размера заготовок. Рекомендуется указывать толщину, ширину и длину, сторону квадрата или диаметр и длину, например, 20×50×300, Ш 35. Профиль допускается не указывать
36	<i>КД</i>	<i>МО2</i>	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки
37	<i>МЗ</i>	<i>МО2</i>	Масса заготовки

Таблица 2.3 – Указатель кодов профессий в машиностроении

Наименование профессий	Код
Долбёжник	11868
Заточник	12260
Зуборезчик	12287
Зубошлифовщик	12290
Оператор автоматических линий	14972
Оператор станков с ЧПУ	15292
Полировщик	15887
Прессовщик	16014
Протяжчик	16458
Резчик на пилах, ножовках и станках	16937
Резьбофрезеровщик	17001
Резьбошлифовщик	17003
Сверловщик	17335
Слесарь-инструментальщик	17461
Слесарь механосборочных работ	17474
Станочник на специальных станках по обработке металла	17845
Строгальщик	17960
Токарь	18217
Токарь-карусельщик	18219
Токарь-полуавтоматчик	18225
Токарь-расточник	18235
Токарь-револьверщик	18236
Фрезеровщик	18632
Шлифовщик	18873

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ «/», следует руководствоваться требованиями соответствующих классификаторов, государственных и отраслевых стандартов на кодирование (обозначение) и наименование технологической оснастки (таблица 2.6).

Информацию о применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующей последовательности: 1) приспособления; 2) инструментальная оснастка (вспомогательный инструмент); 3) режущий инструмент; 4) слесарно-монтажный инструмент; 5) специальный инструмент; 6) средства измерения.

Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять через знак «;». Сведения, вносимые в отдельные графы и строки МК, выбирают из таблицы 2.2.

МК единичного технологического процесса механической обработки – 10 1 41.XXXX – с заполненными графами и строчками дана на рисунке 2.3. Последние четыре разряда (XXXX) – резерв дополнительного обозначения по отраслевому классификатору.

Таблица 2.4 – Операции обработки резанием, коды операций и оборудования

Наименование операции	Код операции	Код оборудования
Агрегатная	4101	381881
Долбёжная	4175	381718
Зубодолбёжная	4152	381571
Зубострогальная	4154	381520
Зубофрезерная	4153	381572
Зубошевинговальная	4157	381574
Зубошлифовальная	4151	381561
Ножовочно-отрезная	4281	381762
Вертикально-протяжная (для внутреннего протягивания)	4182	381753
Вертикально-протяжная (для наружного протягивания)	4182	381754
Горизонтально-протяжная	4181	381751
Алмазно-расточная	4224	38126X
Вертикально-расточная	4222	381262
Горизонтально-расточная	4221	381261
Координатно-расточная	4223	381263
Вертикально-сверлильная	4121	381213
Горизонтально-сверлильная	4122	381829
Радиально-сверлильная	4123	381217
Продольно-строгальная	4172	381713
Автоматная токарная	4112	381111
Токарно-винторезная	4110	381101
Токарно-затыловочная	4116	381143
Токарно-револьверная (с вертикальной осью)	4111	381131
Токарно-револьверная (с горизонтальной осью)	4111	381133
Барабанно-фрезерная	4265	38167X
Вертикально-фрезерная (консольные)	4261	381611
Вертикально-фрезерная (с крестовым столом)	4261	381612
Вертикально-фрезерная (специальные)	4261	381861
Горизонтально-фрезерная (консольные)	4268	381621
Горизонтально-фрезерная (универсальные)	4268	381631
Горизонтально-фрезерная (широкоуниверсальные)	4268	381632
Гравировально-фрезерная	4268	381641
Продольно-фрезерная (одностоечные)	4263	381661
Продольно-фрезерная (двухстоечные)	4263	381667
Резьбофрезерная	4271	381623
Фрезерно-центровальная	4269	381825
Внутришлифовальная	4132	381312
Заточная (универсальные)	4141	381361
Заточная (для фрез)	4141	381363
Заточная (для свёрл)	4141	381367
Заточная (для протяжек)	4141	381368
Круглошлифовальная	4131	381311
Плоскошлифовальная	4133	381313

Таблица 2.5 – Указатель кодов основных видов заготовок в машиностроении

Вид заготовок	Код
Сталь крупносортная низкоуглеродистая	09312X
Сталь среднесортная низкоуглеродистая	09322X
Сталь мелкосортная низкоуглеродистая	09332X
Сталь сортовая конструкционная	09501X
Сталь сортовая углеродистая	09503X
Сталь сортовая легированная	09504X
Сталь сортовая инструментальная	0966XX
Сталь сортовая быстрорежущая	0962XX
Отливки из ковкого чугуна	41111X
Отливки из серого чугуна	41112X
Отливки из легированных чугунов	41114X
Отливки из углеродистой стали	41121X
Отливки из легированной стали	41123X
Штампованные заготовки из черных металлов	41211X
Поковки из проката чёрных металлов	41212X
Поковки из проката цветных металлов	41222X

Таблица 2.6 – Указатель кодов на технологическую оснастку

Наименование оснастки	Код
Свёрла спиральные общего назначения с цилиндрическим хвостовиком быстрорежущие	391210
Свёрла спиральные общего назначения с коническим хвостовиком быстрорежущие	391267
Свёрла твёрдосплавные	391303
Свёрла для станков с ЧПУ и автоматических линий	391290
Метчики из углеродистой стали ручные	391310
Метчики быстрорежущие машинно-ручные	391330
Метчики твёрдосплавные	391350
Метчики для станков с ЧПУ	391391
Плашки резьбонарезные круглые	391510
Зенкеры быстрорежущие	391610
Зенкеры твёрдосплавные	391620
Зенкеры конические	391630
Зенкеры и зенковки для станков с ЧПУ	391690
Развёртки ручные	391710
Развёртки машинные быстрорежущие	391720
Развёртки машинные твёрдосплавные	391740
Развёртки для станков с ЧПУ	391790
Фрезы твёрдосплавные	391801
Фрезы быстрорежущие	391802
Фрезы зуборезные и резьбовые	391810
Фрезы концевые	391820
Фрезы насадные	391830
Фрезы для станков с ЧПУ	391890

Продолжение таблицы 2.6

Наименование оснастки	Код
Резцы твёрдосплавные	392101
Резцы с механическим креплением пластин	392104
Резцы быстрорежущие	392110
Резцы для станков с ЧПУ	392190
Пилы круглые сегментные	392210
Протяжки	392302
Долбяки зуборезные	392410
Шеверы дисковые	392430
Головки зуборезные для конических колёс	392460
Гребёнки зуборезные	392480
Головки, плашки, ролики резбонакатные	392500
Головки резбонарезные	392514
Напильники и борфрезы	392900
Калибры гладкие и скобы	393120
Калибры для конусов Морзе	393131
Калибры для метрической резьбы (пробки, кольца)	393140
Штангенциркули	393311
Штангенрейсмасы	393320
Микрометры гладкие	393410
Микрометры резьбовые	393420
Глубиномеры микрометрические	393440
Нутромеры микрометрические	393450
Линейки лекальные	393510
Плиты проверочные и разметочные	393550
Индикаторы рычажно-пружинные	394130
Приборы измерительные универсальные	394300
Приборы активного контроля	394630
Приборы для размерной настройки вне станка режущих инструментов для станков с ЧПУ	394650
Приборы для измерения режущего инструмента	394920
Инструмент алмазный шлифовальный на органической связке	397110
Инструмент алмазный шлифовальный на металлической связке	397120
Инструмент алмазный шлифовальный на керамической связке	397130
Инструмент абразивный из электрокорунда	398110
Инструмент абразивный из карбида кремния	398150
Патроны токарные	396110
Тиски машинные	396131
Головки делительные универсальные	396141
Столпы поворотные	396151
Плиты магнитные	396161
Приспособления универсальные сборные переналаживаемые	396181
Ключи гаечные, торцовые, трубные, специальные	392650
Инструмент вспомогательный для станков с ЧПУ	392801
Центры вращающиеся	392841
Тиски слесарные верстачные	392871

ГОСТ 3.1404-86										Форма 1																									
Дубл.	Взам.	Подп.	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																												
									4		1																								
Разраб. Кузнецов И. С.			КНАГТУ				4ТМ-1.2.07001003		10		1 40																								
Нармпр. Иванов С. Н.			Корпус механизма						КП																										
Соглас. Петров А. А.																																			
Утверд. Попилова Т. И.																																			
Н. контр. Козлова Е. Г.																																			
М 01 Отливка 20Л-1 ГОСТ 977-75 / Литье в оболочковую литейную форму ГОСТ 18169-86																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Код</th> <th>ЕВ</th> <th>МД</th> <th>ЕН</th> <th>Н. расх.</th> <th>КИМ</th> <th>Код заготовки</th> <th>Профиль, размеры заготовки</th> <th>КА</th> <th>МЗ</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>М 02</td> <td>к2</td> <td>10</td> <td>1</td> <td>11.77</td> <td>0.85</td> <td>41121Х</td> <td>120 × 140 × 160</td> <td>1</td> <td>11.77</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>												Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль, размеры заготовки	КА	МЗ			М 02	к2	10	1	11.77	0.85	41121Х	120 × 140 × 160	1	11.77		
Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль, размеры заготовки	КА	МЗ																										
М 02	к2	10	1	11.77	0.85	41121Х	120 × 140 × 160	1	11.77																										
А Код обработки, модель, инвентарный номер																																			
Б Код, наименование операции																																			
А 03 XX XX 005 4.222 Сверильно-фрезерно-расточная с ЧПУ ИОТ XXX																																			
Б 04 381262, мод. 2254ВМФ4 Вертикальный сверильно-фрезерно-расточной с ЧПУ 2 15292 412 1Р 1 1 0.65 90 24 4.22																																			
Т 05 396131 Тиски специальные; 391890 Фреза 2214-0157 Т5К6 ГОСТ 9473-80; 391303 Сверло 2300-2048 φ9,8 Т5К6 ГОСТ 22735-77; 391303 Сверло 2300-2069 φ12 Т5К6																																			
06 ГОСТ 22735-77; 391740 Развертка 2363-2078 φ 9,96 Т5К6 ГОСТ 11175-80; 391740 Развертка 2363-2078 φ 10Н7 Т5К6 ГОСТ 11175-80; 393311 Шц-1-125-01 ГОСТ 166-80;																																			
07 393120 Калибр-пробка φ 10Н7 ГОСТ 27284-87; Приспособление контрольное																																			
А 08 XX XX 010 4.222 Сверильно-фрезерно-расточная с ЧПУ ИОТ XXX																																			
Б 09 381262, мод. 2254ВМФ4 Вертикальный сверильно-фрезерно-расточной с ЧПУ 2 15292 312 1Р 1 1 0.65 90 21 3.76																																			
Т 10 4ТМ-1.1070020СБ Приспособление станочное специальное; 391890 Фреза 2214-0155 φ 125 Т5К6 ГОСТ 9473-80; 391890 Фреза концевая φ 28 Р6М5 ГОСТ 17026-71;																																			
11 391303 Сверло 2301-1400 φ 15 Т5К6 ГОСТ 22736-77; 391303 Сверло 2301-1448 φ 28 Т5К6 ГОСТ 22736-77; 393311 Шц мод. 197-150-0.01 ГОСТ 166-80; 4ТМ-1.1070050СБ																																			
12 Приспособление контрольное																																			
А 13 XX XX 015 4.133 Плоскошлифовальная с ЧПУ ИОТ XXX																																			
Б 14 38133, мод. 3А732Ф1 Плоскошлифовальный станок с ЧПУ 2 18873 412 1Р 1 1 1 90 14 4.13																																			
Т 15 Круг ЧЦ 250х100х76 37А-20 С1 6 К2 ГОСТ 2424-83; 393311 Шц мод. 197-150-0.01 ГОСТ 166-80																																			
МК																																			

Рисунок 2.3

Комплекту документации технологических процессов установлена система кодирования, состоящая из пятизначной структуры (таблица 2.7):

- Первые две цифры – вид технологического документа.
- Третья цифра – вид технологического процесса по организации.
- Последние две цифры – вид технологического процесса по методу выполнения.

Таблица 2.7 – Кодирование технологических документов (XX X XX)

<i>Вид технологического документа</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Код</i>
Комплект технологической документации	КТД	01
Маршрутная карта	МК	10
Карта эскизов	КЭ	20
Технологическая инструкция	ТИ	25
Комплектовочная карта	КК	30
Ведомость оснастки	ВО	42
Ведомость материалов	ВМ	43
Ведомость деталей к унифицированному техпроцессу	ВТП (ВТО)	44
Ведомость сборки изделий		45
Карта технологического процесса	КТП	50
Карта типового технологического процесса	КТТП	55
Операционная карта	ОК	60
Карта наладки	КН	62
Операционно-расчётная технологическая карта	РТК	66
Карта расчёта и кодирования информации		67
<i>Вид технологического процесса (операции) по организации</i>		<i>Код</i>
Без указания		0
Единичный процесс (операция)		1
Типовой процесс (операция)		2
Групповой процесс (операция)		3
<i>Вид технологического процесса по методу выполнения</i>		<i>Код</i>
Без указания вида технологического процесса		00
Ремонт		02
Технический контроль		03
Перемещение		04
Складирование		05
Отрезка заготовок		06
Литьё		10
Ковка		20
Обработка давлением		21
Механическая обработка		40
Обработка резанием		41...45
Обработка на станках с ЧПУ		46
Термическая обработка		50
Термическая обработка с нагревом токами высокой частоты (ТВЧ)		51
Порошковая металлургия		65
Нанесение защитного покрытия		70

Продолжение таблицы 2.7

<i>Вид технологического процесса по методу выполнения</i>	<i>Код</i>
Электрохимическая обработка	72
Электрофизическая обработка	75
Электроискровая и электроимпульсная обработка	76
Ультразвуковая обработка	79
Пайка	80
Слесарные и слесарно-сборочные работы	88
Сварка	90

Наименование операций обработки резанием, коды операций, коды оборудования приведены в таблице 2.4.

Литература: [1; 3; 4; 14; 23; 32; 40; 45; 46; 47; 51; 52; 53; 54; 55; 57].

Контрольные вопросы

- 1) *Как излагают содержание операций в маршрутном технологическом процессе?*
- 2) *Как излагают содержание операций в МК операционного технологического процесса?*
- 3) *Что означает термин «маршрутная карта»?*
- 4) *Что означает термин «операционная карта»?*
- 5) *Что означает термин «карта эскизов»?*
- 6) *Что означает термин «карта наладки»?*
- 7) *Как заполняют информацию в маршрутных и операционных картах технологического процесса?*
- 8) *С какой целью каждую строку маршрутной и операционной карт мысленно делят по горизонтали пополам?*
- 9) *Какую информацию записывают при служебном символе «О»?*
- 10) *Какую информацию записывают при служебном символе «Т»?*
- 11) *Какую информацию записывают при служебном символе «Р»?*

2.2 Операционная карта

Структура построения ОК идентична МК. Запись информации выполняют построчно с привязкой к соответствующим служебным символам (см. подраздел 2.1).

Указание размерности параметров следует выполнять в заголовках или подзаголовках соответствующих граф. Допускается указывать в ОК размерности параметров технологических режимов после их числовых значений, например: 40 мм; 0,2 мм/об; 36 м/мин.

Большинство граф ОК соответствует аналогичным графам МК. Информацию по дополнительным графам ОК следует вносить в соответствии с рисунком 2.4 и таблицей 2.8.

Таблица 2.8 – Информация по дополнительным графам ОК

Номер пункта поиска	Обозначение графы	Содержание информации
1	–	Графы для записи содержания перехода, информации по оснастке, режущему и измерительному инструменту
2	<i>ПИ</i>	Номер позиции инструментальной наладки. Графу заполняют для станков с ЧПУ
3	<i>T_o</i>	Норма основного времени на операцию, мин
4	<i>D</i> или <i>B</i>	Расчётный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали. Данные по « <i>D</i> » или « <i>B</i> » указывают с учётом величины врезания и перебега, мм
5	<i>L</i>	Расчётный размер длины рабочего хода с учётом величины врезания и перебега, мм
6	<i>T_в</i>	Норма вспомогательного времени на операцию, мин
7	<i>t</i>	Глубина резания, мм
8	<i>T_{п.з}</i>	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию, мин
9	<i>i</i>	Число рабочих ходов
10	<i>S_в; S_м; S_{дв.х}</i>	Подача, мм/об, мм/мин, мм/дв.х
11	<i>T_{шт}</i>	Норма штучного времени на операцию, мин
12	<i>n</i>	Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹
13	<i>V</i>	Скорость резания, м/мин
14	<i>t_в</i>	Норма вспомогательного времени на переход, мин
15	–	Номер операции
16	<i>СОТС</i>	Информация по применяемым смазочно-охлаждающим техническим средствам
17	<i>t_о</i>	Норма основного технологического времени на переход, мин

Указание данных по технологическим режимам следует выполнять после записи состава применяемой технологической оснастки.

При указании данных по технологической оснастке информацию следует записывать в следующей последовательности:

- 1) приспособление;
- 2) инструментальная оснастка (вспомогательный инструмент);
- 3) режущий инструмент;
- 4) средства измерения.

В целях разделения информации по группам технологической оснастки и поиска необходимой информации допускается перед указанием состава применять условное обозначение видов: приспособлений – «*ПР*»; вспомогательного инструмента – «*ВИ*»; режущего инструмента – «*РИ*»; средств измерений – «*СИ*». Например, *СИ. 393120 Калибр пробка Ш 24Р7-пр.*

При описании содержания перехода необходимо указывать данные по нормам основного технологического T_o и вспомогательного T_v времени. Это следует выполнять на уровне строки, где заканчивают описание содержания технологического перехода под служебным символом « \mathcal{O} ».

Запись содержания перехода следует выполнять в соответствии с рекомендациями, указанными в подразделе 1.9 и таблице 1.16. Полную запись делают с перечислением всех выдерживаемых размеров. Для промежуточных переходов, не имеющих графических иллюстраций, в содержании следует указывать исполнительные размеры с их предельными отклонениями, требованиями расположения поверхностей и при необходимости шероховатость обработанной поверхности. Например, «*Точить поверхность предв., выдерживая размеры $d = 40-0,34$ и $l = 100\pm 0,4$* ».

Переходы (основные и вспомогательные) нумеруют арабскими цифрами 1, 2, 3...

Параметры шероховатости обрабатываемой поверхности указывают только обозначениями на операционном эскизе. Допускается указывать в тексте содержания операции информацию о параметре шероховатости предварительно обрабатываемых поверхностей (промежуточных переходов), если это нельзя указать на операционном эскизе, например, «*фрезеровать предв. поверхность, выдерживая размер $70\pm 0,5$, $Rz = 50$* ».

Содержание перехода записывают в следующей последовательности:

- 1) ключевое слово (см. таблицу 1.16);
- 2) наименование обрабатываемой поверхности;
- 3) номера выдерживаемых размеров;
- 4) дополнительная информация.

Наиболее полная информация по заполнению ОК единичного технологического процесса изложена в подразделе 1.9.

Бланк ОК (*форма 3*) показан на рисунке 2.5.

Пример ОК единичного технологического процесса механической обработки **60 1 46** с заполненными графами и строчками показан на рисунке 2.6. Последующие листы операционной карты (*форма 2а*) представлены на рисунке 2.7. При записи технологических переходов можно использовать сокращения информации по стандарту (ГОСТ 3.1702-79) (таблица 2.9).

Литература: [3; 4; 6; 14; 15; 23; 27; 32; 40; 45; 46; 47; 51; 52; 53; 54; 55; 57].

Таблица 2.9 – Сокращения наименований обрабатываемых поверхностей и дополнительной информации (ГОСТ 3.1702-79)

Наименование		Наименование	
полное	сокращённое	полное	сокращённое
<i>Буртик</i>	<i>Бурт</i>	<i>Отверстие</i>	<i>Отв.</i>
<i>Буртики</i>	—	<i>Отверстия</i>	—
<i>Выточка</i>	<i>Выт-ка</i>	<i>Паз</i>	—
<i>Выточки</i>	—	<i>Пазы</i>	—
<i>Галтель</i>	<i>Галт.</i>	<i>Поверхность</i>	<i>Поверхн.</i>
<i>Галтели</i>	—	<i>Поверхности</i>	—
<i>Деталь</i>	<i>Дет.</i>	<i>Пружина</i>	<i>Пруж.</i>
<i>Детали</i>	—	<i>Пружины</i>	—
<i>Заготовка</i>	<i>Загот.</i>	<i>Резьба</i>	—
<i>Заготовки</i>	—	<i>Рифление</i>	<i>Рифл.</i>
<i>Зуб</i>	—	<i>Ступень</i>	<i>Ступ.</i>
<i>Зубья</i>	—	<i>Сфера</i>	—
<i>Канавка</i>	<i>Канав.</i>	<i>Торец</i>	—
<i>Канавки</i>	—	<i>Торцы</i>	—
<i>Контур</i>	<i>К-р</i>	<i>Фаска</i>	—
<i>Конус</i>	<i>Кон.</i>	<i>Фаски</i>	—
<i>Лыска</i>	—	<i>Червяк</i>	<i>Черв.</i>
<i>Лыски</i>	—	<i>Цилиндр</i>	<i>Цил.</i>
<i>Внутренняя</i>	<i>Внутр.</i>	<i>Ступенчатая</i>	<i>Ступ.</i>
<i>Глухое</i>	<i>Глух.</i>	<i>Уплотнительная</i>	<i>Уплотн.</i>
<i>Кольцевая</i>	<i>Кольц.</i>	<i>Фасонная</i>	<i>Фасон.</i>
<i>Коническая</i>	<i>Конич.</i>	<i>Шлицевый</i>	<i>Шлиц.</i>
<i>Криволинейная</i>	<i>Криволин.</i>	<i>Шпоночный</i>	<i>Шпон.</i>
<i>Наружное</i>	<i>Нар.</i>	<i>Т-образный</i>	—
<i>Сквозное</i>	<i>Сквозн.</i>	<i>«Ласточкин хвост»</i>	—
<i>Спиральная</i>	<i>Спир.</i>		
<i>Окончательно</i>	<i>Оконч.</i>	<i>Предварительно</i>	<i>Предв.</i>
<i>Одновременно</i>	<i>Одноврем.</i>	<i>С подрезкой торца</i>	<i>С подрез. торц.</i>
<i>По копиру</i>	<i>По копир.</i>	<i>С подрезкой торцов</i>	<i>С подрез. торцов</i>
<i>По программе</i>	<i>По прогр.</i>	<i>Согласно чертежу</i>	<i>Согл. черт.</i>
<i>Последовательно</i>	<i>Посл.</i>	<i>Согласно эскизу</i>	<i>Согл. эск.</i>

2.3 Карта эскизов

Карта эскизов – основной графический документ, дающий наглядную информацию о выполняемой технологической операции.

Эскизы выполняют с соблюдением масштаба или без соблюдения масштаба, но с примерным соблюдением пропорций.

При разработке технологической операции необходимо помнить, что сначала разрабатывают и полностью оформляют эскиз на карте эскизов, а только потом заполняют текстовые ОК.

На каждом эскизе показывают:

1) Заготовку в рабочем положении, причём её контур изображают в таком виде, в каком она должна быть получена в конце данной операции или установка. Если операцию выполняют за несколько установок, то эскиз оформляют на каждый установ отдельно. В этом случае каждому эскизу присваивают номер операции и через чёрточку – номер вспомогательного перехода на переустановку заготовки. Например, 020-1, 020-2 и т.п.

2) Поверхности, которые обрабатывают на данной операции, выделяют утолщёнными чёрными линиями.

3) Условное обозначение схемы базирования по всем проекциям, с точным указанием мест расположения опорных точек в соответствии с правилом шести точек.

4) Размеры, которые получают на данной операции, с указанием допусков, отклонений и шероховатости поверхности в соответствии с требованиями стандартов. При этом необходимо учесть, что на эскизе проставляют только те размеры, которые получают на данной операции. На эскиз следует проставлять рассчитанные технологические размеры и окончательные конструкторские размеры. Нельзя на эскиз проставлять размеры, не совпадающие с конструкторскими размерами и требующие перерасчёта.

5) Габаритные размеры заготовки (в качестве справочных данных).

6) Допуски на погрешности формы и взаимного расположения поверхностей, если это необходимо обеспечить на данной операции.

7) Режущий инструмент показывают по мере необходимости тонкими линиями, отведёнными от заготовки.

На рисунке 2.8 показан пример оформления КЭ. Нумерацию размеров обрабатываемых поверхностей, проставляемую в кружочках (см. таблицу 1.16), начинают с цифры 1. Последовательность простановки номеров в кружочках рекомендуется вести по ходу часовой стрелки. Нумерация относится только к конкретной рассматриваемой операции (установу). На последующих операциях (установках) нумерацию опять начинают с цифры 1. При этом, естественно, одна и та же поверхность заготовки на различных операциях (установках) может иметь различный номер.

При заполнении основной надписи на КЭ (в верхней части) необходимо помнить, что среднюю графу из трёх граф, обведённых жирной линией, не заполняют.

Бланк для операционного эскиза, КЭ (*форма 7*) показан на рисунке 2.9.

Для защиты курсового проекта графический материал технологического характера, поясняющий решение задач по разработке технологических процессов сборки и механической обработки, необходимо выполнить на листах формата А1 с соблюдением штампов и надписей.

Литература: [1; 3; 4; 14; 23; 32; 40; 45; 46; 47; 51; 52; 53; 54; 55; 57].

2.4 Документы технического контроля

При проектировании технологических процессов механической обработки в качестве основного документа технического контроля следует использовать ОК технического контроля в соответствии со стандартом (ГОСТ 3.1502-85, форма 2).

Информацию, которую вносят в ОК технического контроля, выбирают из таблицы 2.10. Пример заполнения ОК технического контроля представлен на рисунке 2.10.

Таблица 2.10 – Информация, вносимая в карту технического контроля

Номер пункта поиска	Наименование (условное обозначение графы)	Содержание информации
1	<i>Контролируемые параметры</i>	Параметры, по которым проводят технический контроль
2	T_o	Суммарное основное время на операцию
3	T_{θ}	Суммарное вспомогательное время на операцию
4	<i>Код средств ТО</i>	Код, обозначение средств технологического оснащения (ТО) по классификатору или по нормативно-техническим документам (НТД)
5	<i>Наименование средств ТО</i>	Краткое наименование средств ТО
6	<i>Объём и ПК</i>	Объём контроля (в штуках, процентах) и периодичность контроля (ПК) (в час, смену и т.д.)
7	t_o или t_{θ}	Основное или вспомогательное время на переход

Остальные графы ОК технического контроля заполняют по аналогии с маршрутной и операционной картами технологического процесса механической обработки.

При описании операций технического контроля следует применять полную или краткую форму записи содержания переходов. Полную форму записи следует выполнять на всю длину строки с включением граф «*Объём и ПК*» и « t_o/t_{θ} » с возможностью переноса информации на последующие строки. Данные по применяемым средствам измерений следует записывать всегда с новой строки.

Краткую форму записи надо применять только при проверке контролируемых размеров и других данных, выраженных числовыми значениями. В этом случае текстовую запись применять не следует, необходимо указать только соответствующие параметры, например, Ш 50±0,031.

Данные по применяемым средствам ТО следует записывать исходя из их возможностей, т.е. к каждому контролируемому размеру (параметру) или к группе контролируемых размеров (параметров).

При необходимости графических изображений к текстовым документам их следует выполнять на форме КЭ по стандарту (ГОСТ 3.1105-2011).

В ОК технического контроля переходы следует вносить в строгой последовательности выполнения измерений. Порядок работы следующий: измерение детали начинают с измерения шероховатости (микронеровностей); затем измеряют отклонения геометрических форм в поперечном и продольном направлении (макронеровностей); далее надо измерять точность размеров (расстояний) и, наконец, отклонения от требуемого поворота поверхностей (расположения поверхностей).

Методы и средства определения точности заготовок и деталей. Шероховатость поверхностей

Для контроля шероховатости поверхностей в цехе могут быть применены образцы шероховатости и образцовые детали. Чтобы повысить точность контроля шероховатости по образцам, применяют микроскопы сравнения.

Основными средствами, при помощи которых измеряют шероховатость, являются: контактный метод шуповыми приборами (профилометрами и профилографами) и бесконтактный – оптическими приборами (микроинтерферометрами, двойными микроскопами, иммерсионно-репликовыми микроинтерферометрами и др.) В промышленности применяют профилографы – профилометры мод. 201, 202, высокочувствительный мод. 252, профилометр цехового типа мод. 253. Для измерения шероховатости поверхности используют приборы: «МИС-11», «ОРИМ-1», «ПТС-1» и др. (см. таблицы 1.10 и 1.11).

2.4.1 Точность геометрических форм

Для выявления отклонений от *плоскостности* и *прямолинейности* применяют поверочные линейки, поверочные и разметочные плиты и уровни.

Поверочные линейки бывают лекальные, с широкой рабочей поверхностью и угловые. Лекальные линейки обладают наиболее высокой точностью и имеют различное поперечное сечение с числом рабочих граней от одной до четырёх и длиной 25...500 мм. Линейки с одной гранью служат для определения отклонений от прямолинейности на просвет.

Отсутствие световой щели между поверхностью заготовки (детали) и линейкой показывает прямолинейность поверхности или образующей, а наличие световой щели указывает на погрешность от прямолинейности (при известном навыке можно оценить на глаз погрешности от прямолинейности в 1...2 мкм).

Для проверки плоскостности применяют лекальные линейки как с одной рабочей гранью, так и с тремя или четырьмя гранями. Линейку с одной гранью прикладывают к проверяемой плоскости в разных местах и в разных направлениях. Результат оценивают по величине световой щели.

С помощью трёхгранных и четырёхгранных линеек плоскости проверяют на краску. Для этой цели рабочие грани линеек покрывают тонким слоем специальной краски (синьки), затем линейкой водят по проверяемой плоскости, в результате чего краска с линейки переходит на проверяемую плоскость. Из-за отдельных неровностей плоскости она покрывается краской не сплошь, а пятнами различной плотности. Выступающие части плоскости покрываются краской, а во впадины краска попадает частично. Последующим шабрением выступов или шлифованием добиваются равномерного распределения краски по всей плоскости.

Линейки с широкой рабочей поверхностью применяют для проверки больших плоскостей или плоскостей с большими промежутками или выемками. Эти линейки могут достигать длины 6 м.

Для сохранения прямолинейности линейки должны быть достаточно жёсткими, почему и приходится придавать им форму жёстких балок и даже рам. Для удобства пользования на торцах линеек делают рукоятки.

Поверочные плиты предназначены для проверки плоскостности поверхностей. Кроме того, их используют в качестве базовых поверхностей для установки на них миниметров, оптиметров, синусных линеек, центровых бабок, штативов, стоек, призм и других измерительных приспособлений. По точности рабочей поверхности плиты изготавливают четырёх классов. Рабочая поверхность плит, предназначенных для проверки на краску, должна быть пришабрена, а для более точных проверок – притёрта; разметочные плиты применяют и со строганой поверхностью.

Для контроля отклонений от *круглости* (овальности и огранки) и *профиля продольного сечения* (конусообразности, бочкообразности, седлообразности и изогнутости) применяют в основном универсальный измерительный инструмент.

Овальность поверхности измеряют индикаторными головками на обычной стойке (штативе) или с помощью скобы, при этом деталь (заготовку) поворачивают на один-два оборота, после чего вычисляют разницу между наибольшим и наименьшим положениями индикатора.

При контроле *огранки* базой измерения используют призму с углом 90°, которая при наиболее часто встречающихся огранках (с тремя и пятью гранями) даёт удвоенное значение огранки.

Бочкообразность, седлообразность и изогнутость проверяют измерением поверхности в трёх сечениях вдоль оси.

Контроль *конусообразности* осуществляют обычными средствами, измеряя диаметры в двух сечениях, расположенных на концах поверхности на определённом расстоянии друг от друга.

2.4.2 Точность размеров

Основными видами измерения и определения точности размеров являются: контроль охватываемых размеров, контроль охватывающих размеров, контроль остальных линейных размеров.

К *охватываемым* размерам относят: диаметры валов, наружных конусов, осей, штифтов, стержней, гаек, шайб; толщины плит, выступов, гаек, шайб, шпонок, зубьев зубчатых колёс, шлицев; ширину и длину изделий, заготовок.

Основными средствами контроля охватываемых размеров являются: линейки, рулетки, штангенциркули, микрометры, калибр-скобы, специальные штриховые и концевые измерительные машины.

Индикатор часового типа (ГОСТ 577-68) – измерительное средство. Цена деления отсчётного устройства 0,01 мм. Предельные погрешности измерений 10 мкм.

Индикаторы рычажно-зубчатые (ГОСТ 5584-75) – измерительные средства. Цена деления отсчётного устройства 0,01 мм. Предельные погрешности измерений 10 мкм.

Головки рычажно-зубчатые 1ИГ (ГОСТ 18833-73) – измерительные средства. Цена деления отсчётного устройства 0,001 мм. Предельные погрешности измерений 1...4 мкм.

Головки рычажно-зубчатые 2ИГ (ГОСТ 18833-73) – измерительные средства. Цена деления отсчётного устройства 0,002 мм. Предельные погрешности измерений 1...4 мкм.

Индикаторы многооборотные 1МИГ (ГОСТ 9696-82) – измерительные средства. Цена деления отсчётного устройства 0,001 мм. Предельные погрешности измерений 1,5...4,5 мкм.

Индикаторы многооборотные 2МИГ (ГОСТ 9696-82) – измерительный инструмент. Цена деления отсчётного устройства 0,002 мм. Предельные погрешности измерений 2...5 мкм.

Головки пружинные (микрокаторы) 1ИГП (ГОСТ 28798-90) – измерительный инструмент. Цена деления отсчётного устройства 0,001 мм. Предельные погрешности измерений 0,5...1 мкм.

Головки пружинные (микрокаторы) 2ИГП (ГОСТ 28798-90) – измерительные средства. Цена деления отсчётного устройства 0,002 мм. Предельные погрешности измерений 1...2 мкм.

Головки пружинные (микрокаторы) 5ИГП (ГОСТ 28798-90) – измерительные средства. Цена деления отсчётного устройства 0,005 мм. Предельные погрешности измерений 3...5 мкм.

Головки пружинные (микрокаторы) 10ИГП (ГОСТ 28798-90) – измерительный инструмент. Цена деления отсчётного устройства 0,01 мм. Предельные погрешности измерений 5 мкм.

Головки пружинные малогабаритные (микаторы) ИПМ (ГОСТ 28798-90) – измерительные средства. Цена деления отсчётного устройства 0,001 мм. Предельные погрешности измерений 1...4,5 мкм.

Микрометры гладкие (ГОСТ 6507-90) – измерительные универсальные средства с точным микрометрическим винтом для измерения охватываемых размеров контактным способом. Различают микрометры: гладкие – для измерений наружных размеров поверхностей; листовые с циферблатом – для измерений толщины листов и лент; трубные – для измерений толщины стенок и труб; зубомерные – для измерений параметров зубчатых колёс. Изготавливают также микрометры с резьбовыми вставками для измерения стандартных резьб. Предельная погрешность измерения микрометром 0,005...0,05 мм в зависимости от контролируемого размера.

Микрометры рычажные (ГОСТ 4381-87) – измерительное средство. Цена деления отсчётного устройства 0,002...0,01 мм. Предельные погрешности измерений 0,6...50 мкм в зависимости от варианта исполнения микрометра рычажного.

Скобы индикаторные и рычажные (ГОСТ 11098-75) – измерительные подковообразные средства для контроля охватываемых размеров с высокой точностью. Скобы используют для размеров до 1000 мм, цена делений 2; 5 и 10 мкм. Предельная погрешность измерения 0,002...0,06 мм. Широко применяют специальные предельные скобы в условиях массового и крупносерийного производства.

Измерительная машина – оптико-механическое средство измерений для определения охватываемых и охватывающих линейных размеров. Измерительные машины изготавливают с верхним пределом измерений 1; 2; 4; 6; 8 и 12 м. В качестве отсчётного устройства используют трубку оптиметра или интерферометра. Измерительную машину применяют главным образом для поверки и настройки нутромеров, контроля больших размеров и измерений больших концевых мер.

Координатно-измерительная машина – универсальное средство контроля размеров в машиностроении. Принцип действия КИМ заключается в измерении перемещений наконечника измерительной головки относительно измеряемого объекта в заданной системе координат. Управление

движениями исполнительных органов КИМ и обработку результатов измерения выполняет ЭВМ. Различают КИМ высокой точности (прецизионные) с погрешностью измерения 3...6 мкм и менее точные (производственные) с погрешностью измерения до 50 мкм.

К *охватывающим* размерам относят: диаметры цилиндрических и конических отверстий; ширину канавок, полостей, пазов, впадин.

Основными средствами контроля охватывающих размеров являются: линейки, рулетки, штангенциркули, шаблоны, нутромеры, калибр-пробки, микроскопы универсальные, пневматические пробки, измерительные машины.

Шаблон – специальный плоский калибр. Шаблоны бывают: резьбовыми, радиусными, профильными и др.

Нутромер микрометрический (ГОСТ 10-88) – измерительный прибор для измерений охватывающих размеров заготовок и деталей. Пределы измерений 50...500 мм. Предельная погрешность измерения 0,01...0,027 мм. Цена деления отсчётного устройства 0,1 мм.

Нутромер индикаторный (ГОСТ 868-82) – измерительный прибор для измерений охватывающих размеров заготовок и деталей. Пределы измерений 1...500 мм. Предельная погрешность измерения 0,003...0,03 мм. Цена деления отсчётного устройства 1; 2 и 10 мкм.

Нутромер индикаторный (ГОСТ 9244-75) – измерительный прибор для измерений охватывающих размеров заготовок и деталей. Пределы измерений 1...50 мм. Предельная погрешность измерения 0,0015...0,005 мм. Цена деления отсчётного устройства 1 мкм.

Калибр-пробка – бесшкальный измерительный инструмент для контроля размеров, формы и взаимного расположения поверхностей. Различают калибры жёсткие и устанавливаемые на необходимый размер. Калибры широко применяют для контроля конических отверстий, внутренней резьбы, впадин, вогнутых радиусов закруглений.

Микроскопы универсальные ММИ и БМИ (ГОСТ 8074-82) – измерительный прибор, визирным устройством которого является микроскоп. Отсчётное устройство микроскопа может быть оптическим или механическим. Микроскопы предназначены для измерений линейных и угловых размеров деталей сложной формы в прямоугольных и полярных координатах, например, элементов зубчатых передач и резьбовых соединений, профильных шаблонов, режущих инструментов. Пределы измерений 1...150 мм. Цена деления отсчётного устройства 5 и 10 мкм. Предельная погрешность измерения 7 и 10 мкм.

Пневматическая пробка с отсчётным прибором (ГОСТ 14864-78) – измерительный прибор, который предназначен для измерения зазора и соответственно размера по скорости истечения воздуха. Цена деления

отсчётного устройства 0,2 и 0,5 мкм. Предельная погрешность измерения 1...5 мкм.

К **остальным** размерам относят: расстояния между осями отверстий, глубины отверстий, расстояния от осей отверстий до плоскостей, радиусы, соосность поверхностей. Основными средствами контроля остальных размеров являются: линейки, рулетки, штангенциркули, индикаторы, головки измерительные, глубиномеры, шаблоны, калибры, микроскопы универсальные, измерительные машины, КИМ, кондукторы контрольные.

Штангенглубиномеры (ГОСТ 162-90) – измерительные средства. Цена деления отсчётного устройства 0,05 и 0,1 мм. Предельные погрешности измерений 0,1...0,3 мм в зависимости от варианта исполнения штангенглубиномера.

Глубиномеры микрометрические (ГОСТ 7470-92) – измерительные средства. Цена деления отсчётного устройства 0,01 мм. Предельные погрешности измерений 5...20 мкм в зависимости от варианта исполнения глубиномера.

Глубиномеры индикаторные (ГОСТ 7661-67) – измерительные средства. Цена деления отсчётного устройства 0,001 мм. Предельные погрешности измерений 1,5...20 мкм в зависимости от варианта исполнения глубиномера.

Кондукторы контрольные – специальные приспособления для комплексного измерения размеров, расположения поверхностей и точности геометрических форм.

2.4.3 Точность расположения поверхностей

При контроле *расположения (поворота) поверхностей* основными видами измерений являются: контроль параллельности плоскостей, контроль параллельности осей, контроль параллельности осей и плоскостей, контроль перпендикулярности осей отверстий, контроль перпендикулярности плоскостей, контроль перпендикулярности осей отверстий и плоскостей, контроль перпендикулярности торца к осям цилиндрических поверхностей, контроль угловых размеров.

Различные схемы измерения требований расположения приведены в справочной литературе [27; 29; 30].

Контроль параллельности плоскостей выполняют следующими методами:

- координатно-измерительным прибором или КИМ;
- на поверочной плите измерительной головкой со штативом с помощью плоскопараллельной пластины или без пластины;
- по разности расстояний измерительным прибором, например, микрометром или штангенциркулем;

- на поверочной плите уровнем и плоскопараллельной пластиной.

Контроль параллельности осей отверстий выполняют следующими методами:

- на поверочной плите оправками, установленными в отверстия с помощью конических или ступенчатых втулок, измерительной головкой на штативе;
- на поверочной плите оправками, установленными в отверстия с помощью конических или ступенчатых втулок, уровнем;
- на поверочной плите оправками, установленными в отверстия с помощью конических или ступенчатых втулок, концевыми мерами длины или штихмасом, индикаторной скобой.

Контроль параллельности оси отверстия и плоскости выполняют следующими методами:

- координатно-измерительным прибором или КИМ;
- на поверочной плите оправкой, установленной в отверстие с помощью конических или ступенчатых втулок, измерительной головкой на штативе или концевыми мерами длины;
- на поверочной плите измерительной головкой без оправки;
- на поверочной плите оправкой, установленной в отверстие с помощью конических или ступенчатых втулок, и уровнем;
- на поверочной плите визирной трубой и визирными марками.

Контроль перпендикулярности осей отверстий выполняют на специальном приспособлении оправками, установленными в отверстия с помощью конических или ступенчатых втулок и измерительными головками, установленными на одной оправке.

Контроль перпендикулярности плоскостей выполняют следующими методами:

- координатно-измерительным прибором или КИМ;
- на поверочной плите угольником поверочным;
- угломером;
- универсальными микроскопами;
- оптическими делительными головками.

Контроль перпендикулярности осей отверстий и плоскостей выполняют следующими методами:

- координатно-измерительным прибором или КИМ;
- угольником поверочным;
- базированием по отверстию, показания снимают по плоскости (калибр-шаблоном или индикаторной головкой);
- базированием по плоскости, показания снимают по отверстию или по оправке, установленной в отверстие;
- кондуктором контрольным.

Контроль перпендикулярности торца к осям цилиндрических поверхностей выполняют следующими методами:

- координатно-измерительным прибором или КИМ;
- схемой контроля торцевого биения;
- базированием по цилиндрической поверхности, показания снимают по торцу (на просвет, щупом, индикаторной головкой).

Контроль угловых размеров

Углы и конусы измеряют с помощью угловых мер, шаблонов, угольников, конусных калибров, синусных и тангенсных линеек, универсальных микроскопов, оптических делительных головок, угломеров и др.

Наиболее распространённым методом является измерение углов и конусов угловыми мерами и угольниками.

Угловые меры (плитки) скомплектованы в наборы до 94 шт. Из наборов выбирают соответствующие плитки или блоки для измерения заданных углов.

Измерение с помощью плиток основано на установлении величины наибольшего просвета между сторонами измеряемого угла и угловой меры или полного отсутствия просвета между ними. Просвет сравнивают на глаз с набором просветов, размеры которых известны (5×10 мкм), или же оценивают с помощью щупов (свыше 30 мкм).

Для измерения прямых углов в зависимости от класса точности и предельных размеров применяют угольники различных типов. Метод измерения основан также на оценке величины просвета между поверхностью угольника и измеряемой поверхностью и протяжённости касания этих поверхностей.

Углы у конических валов и втулок измеряют угломерами. Для повышения точности отсчёта угломеры снабжены нониусами или же оптическими приспособлениями.

Для проверки конусности вала применяют конусные калибр-втулки (полные и неполные), а для проверки внутренних конусов втулок – конусные калибр-пробки. Для проверки конусности вала вдоль образующей конуса наносят карандашом прямую линию и осторожно вводят вал внутрь конуса калибр-втулки. Приложив некоторое осевое усилие для плотного прилегания конических поверхностей вала и втулки, поворачивают их относительно друг друга на небольшой угол. Если образующая конуса вала прямолинейна и угол конуса выполнен правильно, то графит карандаша равномерно распределится по всей длине конуса, в противном случае образуются только отдельные пятна. При проверке внутренней конической поверхности карандашную линию наносят на калибр-пробку.

Угломер – прибор для измерения контактным методом углов между двумя поверхностями деталей машин. Погрешность измерения углов $2 \dots 5'$.

Уровень – это измерительное устройство, позволяющее определять положение той или иной плоскости относительно горизонта и измерять уклоны и углы. Уровнем также измеряют требования положения поверхностей.

Уровень представляет собой запаянную стеклянную трубку – ампулу со шкалой, внутренняя поверхность которой имеет выпуклость с определённым радиусом кривизны. Трубка заполнена эфиром так, что только небольшой объём паров эфира занимает наивысшую точку в виде пузырька.

Для проверки положения вертикальных поверхностей применяют рамный уровень, у которого боковая грань перпендикулярна основанию с вмонтированной в него ампулой. Правильность положения основания уровня в поперечном направлении контролируется второй ампулой меньшей точности.

При небольшом наклоне уровня пузырёк внутри ампулы занимает наивысшую точку со смещением относительно шкалы. При интервале деления шкалы уровня, равном 2 мм, угол наклона уровня (цена деления) равен 2".

Контроль резьбы

Точность резьбы определяют точностью выполнения основных элементов резьбы болта и гайки: а) наружного диаметра; б) среднего диаметра; в) внутреннего диаметра; г) шага; д) угла профиля.

Контроль резьбы болта и гайки производят либо комплексным методом по всем элементам одновременно, либо поэлементно с помощью калибров или специальных приспособлений. Для точных резьб (детали станков, приспособлений, приборов и калибров) обычно применяют поэлементную проверку резьбы на приборах.

Наиболее простым является контроль наружного диаметра болта и внутреннего диаметра гайки. Эти элементы резьбы измеряют *гладкими скобками* и *пробками*, а также с помощью *микрометра* или *штангенциркуля*.

Измерение внутреннего диаметра болта можно выполнить *резьбовым микрометром*, который имеет устройство, сходное с устройством обыкновенного микрометра, только вместо обычных гладких наконечников он снабжён специальными вставками, с помощью которых можно измерить внутренний и средний диаметры наружной резьбы. Резьбовые вставки делают сменными в зависимости от шага резьбы. Цена деления шкалы барабана резьбового микрометра 0,01 мм.

Средний диаметр наружной резьбы также можно измерить *методом трёх проволок*. Метод трёх проволок даёт более высокую точность, чем измерение посредством резьбового микрометра. Поэтому его применяют для измерения среднего диаметра калибров и других точных резьбовых деталей.

Шаг резьбы измеряют *резьбовыми шаблонами*, которые представляют собой наборы плоских стальных пластинок с вырезанным профилем резьбы разных шагов.

При пользовании шаблоном совмещают профиль проверяемой резьбы (по образующей) с одной из пластинок шаблона. При правильном изготовлении шага совмещение профиля резьбы и шаблона не даёт световой щели.

Контроль зубчатых колёс

Измерение зубчатых колёс по всем приведённым в стандарте параметрам является необязательным.

Чаще всего в зубчатом колесе подвергают проверке следующие элементы:

- 1) толщину зуба по делительной окружности;
- 2) основной и делительный шаги зубчатого колеса;
- 3) профиль зуба – эвольвенту.

Указанные параметры зубчатых колёс измеряют: штангензубомерами, тангенциальными зубомерами, шагомерами, специальными шагомерами, эвольвентомерами и зубомерными приборами.

Литература: [3; 15; 22; 27; 29; 30; 32; 36; 37; 38; 39; 45; 49; 53; 54; 56].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На машиностроительных предприятиях страны многочисленный отряд инженеров-технологов занят проектированием технологических процессов изготовления деталей машин. Кроме того, существует большое число специальных проектных технологических институтов, где разрабатывают технологические процессы для вновь вводимых в строй и действующих машиностроительных предприятий. Можно утверждать, что по объёму проектных разработок технологическое проектирование превосходит конструкторские разработки, проект технологического процесса на каждую из деталей в несколько (а иногда в десятки) раз оказывается более объёмным, чем чертёж детали.

Машиностроение в отличие от металлургических, химических и других отраслей промышленности имеет характерную особенность, которая состоит в том, что при освоении производства новых машин разрабатывают тысячи и сотни тысяч технологических процессов. При этом над разработкой отдельного технологического процесса изготовления детали работает один-два технолога-проектировщика. Необходимо, чтобы все технологи владели совершенной методикой проектирования. В противном случае подавляющее большинство технологических процессов, внедряемых на предприятии, окажется нерациональным. Это, в свою очередь, повлечёт

излишний расход металла, брак изделий, значительный перерасход материальных средств.

При проектировании технологических процессов изготовления деталей машин во всём комплексе работ значительное место занимают размерные расчёты основных выходных параметров технологического процесса (операционных размеров, припусков, размеров заготовок), а также оценка точности технологического процесса в целом. Очевидно, эта часть проектных разработок, как наиболее общая и широко используемая, и должна быть автоматизирована в первую очередь.

В учебном пособии предлагаются пути целенаправленного проектирования технологических процессов сборки и механической обработки для получения деталей требуемого качества, отвечающих служебному назначению и изготовленных с наименьшими затратами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Суслов, А. Г. Основы технологии машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. – М. : КноРус, 2013. – 288 с.

2 Основы технологии машиностроения и формализованный синтез технологических процессов : учеб. для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, Н. В. Беляков, Е. И. Махаринский, Ю. Е. Махаринский, В. И. Ольшанский ; под ред. В. А. Горохова. – Старый Оскол : ТНТ, 2011. – Ч. 1-2.

3 Худобин, Л. В. Базирование заготовок при механической обработке : учеб. пособие для вузов / Л. В. Худобин, М. А. Белов, А. Н. Унянин ; под общ. ред. Л. В. Худобина. – Старый Оскол : ТНТ, 2012. – 247 с.

4 Маталин, А. А. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. А. Маталин. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2010. – 512 с.

5 Кондаков, А. И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для вузов / А. И. Кондаков. – М. : КноРус, 2012. – 399 с.

6 Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. – М. : КноРус, 2013. – 336 с.

7 Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для вузов / Л. В. Лебедев, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе, И. В. Шрубченко. – Старый Оскол : ТНТ, 2009. – 424 с.

8 Иванов, А. А. Автоматизированные сборочные системы : учеб. для вузов / А. А. Иванов. – М. : Форум, 2012. – 335 с.

9 Бойцов, В. Б. Технологические методы повышения прочности и долговечности : учеб. пособие для вузов / В. Б. Бойцов, А. О. Чернявский. – М. : Машиностроение, 2005. – 127 с.

- 10 Обработка глубоких отверстий в машиностроении : справ. / С. В. Кирсанов, В. А. Гречишников, С. Н. Григорьев, А. Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2010. – 343 с.
- 11 Кондаков, А. И. Выбор заготовок в машиностроении : справ. / А. И. Кондаков, А. С. Васильев. – М. : Машиностроение, 2007. – 560 с.
- 12 Юренкова, Л. Р. Соединения деталей. Изображение соединений : учеб. пособие / Л. Р. Юренкова, В. В. Бурлай. – М. : ИНФРА-М, 2013. – 126 с.
- 13 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. – 2-е изд., испр. – СПб. : Лань, 2008. – 319 с.
- 14 Сысоев, С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учеб. пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. – СПб. : Лань, 2011. – 349 с.
- 15 Ярушин, С. Г. Технологические процессы в машиностроении : учеб. для бакалавров / С. Г. Ярушин. – М. : Юрайт, 2011. – 564 с.
- 16 Технология машиностроения : учеб. для вузов / Л. В. Лебедев, В. У. Мнацаканян, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе, В. А. Тимирязев. – 2-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.
- 17 Димитрюк, О. К. Технология машиностроения. Курсовое проектирование : в 3 ч. Ч. 1 : учеб. пособие / О. К. Димитрюк, С. О. Димитрюк. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2010. – 83 с.
- 18 Димитрюк, О. К. Технология машиностроения. Курсовое проектирование : в 3 ч. Ч. 2 : учеб. пособие / О. К. Димитрюк, С. О. Димитрюк, С. Г. Танкова. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2012. – 126 с.
- 19 Димитрюк, О. К. Технология машиностроения в вопросах и ответах : учеб. пособие / О. К. Димитрюк, С. О. Димитрюк. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2005. – 51 с.
- 20 Балабанов, А. Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя / А. Н. Балабанов. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 464 с.
- 21 Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2003. – Т. 1-2.
- 22 Димитрюк, О. К. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / О. К. Димитрюк, С. Г. Танкова, А. А. Просолович. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 150 с.
- 23 Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. Н. Чеботарев, В. А. Шкред, И. Л. Алешкевич, А. И. Медведев. – Минск : Вышэйшая школа, 1975. – 288 с.
- 24 Димитрюк, О. К. Технология сборки : учеб. пособие / О. К. Димитрюк. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2005. – 65 с.
- 25 Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения : учеб. / И. М. Колесов. – 2-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 1999. – 591 с.

26 Мосталыгин, Г. П. Технология машиностроения : учеб. / Г. П. Мосталыгин, Н. Н. Толмачевский. – М. : Машиностроение, 1990. – 288 с.

27 Обработка металлов резанием : справ. технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.

28 Балакшин, Б. С. Основы технологии машиностроения / Б. С. Балакшин. – М. : Машиностроение, 1969. – 558 с.

29 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – 5-е изд., испр. – М. : Машиностроение-1, 2003. – 912 с.

30 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Сулова, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 5-е изд., испр. – М. : Машиностроение-1, 2003. – 944 с.

31 Технология машиностроения. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие для вузов / Э. Л. Жуков, И. И. Козарь, С. Л. Мурашкин [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. – 2-е изд., доп. – М. : Высш. шк., 2005. – 278 с.

32 Технология машиностроения. В 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин : учеб. пособие для вузов / Э. Л. Жуков, И. И. Козарь, С. Л. Мурашкин [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. – 2-е изд., доп. – М. : Высш. шк., 2005. – 295 с.

33 ГОСТ 3.1109-82. ЕСТД. Термины и определения основных понятий. – Введ. 01.01.83. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 18 с.

34 Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах : учеб. пособие для вузов / К. М. Великанов, В. Ф. Власов, К. С. Карандашова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, 1977. – 208 с.

35 Машиностроение : терминологический словарь / под общ. ред. М. К. Ускова, Э. Ф. Богданова. – М. : Машиностроение, 1995. – 592 с.

36 Технология машиностроения (специальная часть) / Б. Л. Беспалов, Л. А. Глейзер, И. М. Колесов, Н. Г. Латышев, С. Н. Соловьев, В. А. Тимирязев, Д. В. Чарнко. – М. : Машиностроение, 1973. – 448 с.

37 Якушев, А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения : учеб. / А. И. Якушев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1979. – 343 с.

38 Кутай, А. К. Справочник контрольного мастера / А. К. Кутай, А. Б. Романов, А. Д. Рубинов ; под ред. д-ра техн. наук А. К. Кутая. – Л. : Лениздат, 1980. – 304 с.

39 ГОСТ 8.051-81. ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм. – Введ. 01.01.82. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 10 с.

40 Пронин, А. И. Руководство к дипломному проектированию по технологии машиностроения : учеб. пособие / А. И. Пронин. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КНАГТУ», 2004. – 102 с.

41 Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения : учеб. пособие / В. И. Аверченков, О. А. Горленко, В. Б. Ильицкий [и др.] ; под общ. ред. О. А. Горленко. – М. : Машиностроение, 1988. – 192 с.

42 ГОСТ 2.303-68. ЕСКД. Линии. – Введ. 1971-01-01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 6 с.

43 ГОСТ 2.307-2011. ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений. – Введ. 2012-01-01. – М. : Стандартинформ, 2012. – 21 с.

44 ГОСТ 2.309-73. ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей. – Взамен ГОСТ 2.309-68 ; введ. 1975-01-01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 7 с.

45 ГОСТ 3.1105-2011. ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения. – Введ. 2012-01-01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 19 с.

46 ГОСТ 3.1404-86. ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. – Введ. 1987-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 56 с.

47 ГОСТ 3.1702-79. ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. – Введ. 1981-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 32 с.

48 ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. – Введ. 1977-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1977. – 35 с.

49 ГОСТ 24642-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения. – Введ. 1981-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 68 с.

50 ГОСТ 14.205-83. Технологичность конструкции изделий. Термины и определения. – Введ. 1983-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 5 с.

51 ГОСТ 3.1102-2011. ЕСТД. Стадии разработки и виды документов. – Взамен 3.1102-81 ; введ. 2012-01-01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 8 с.

52 ГОСТ 3.1404-86. ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. – Введ. 1987-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 56 с.

53 Политехнический словарь / редкол. : А. Ю. Ишлинский (гл. ред.) [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Советская энциклопедия, 1989. – 656 с.

54 Захаров, Б. В. Толковый словарь по машиностроению. Основные термины / Б. В. Захаров, В. С. Киреев, Д. Л. Юдин ; под ред. А. М. Дальского. – М. : Русский язык, 1987. – 304 с.

Методические указания

55 Выбор технологических баз. Разработка системы базирования : методические указания к выполнению контрольных и курсовых работ, курсовых и дипломных проектов по дисциплинам «Технология машиностроения» и «Проектирование технологической оснастки» / сост. : О. К. Димитрюк, А. С. Хвостиков, Л. М. Хруль. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2003. – 27 с.

56 Оформление и заполнение технологической документации / сост. : С. Г. Танкова, О. И. Медведева, О. К. Димитрюк. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2003. – 15 с.

57 Правила оформления документации на единичные технологические процессы с применением станков с ЧПУ : методические указания к выполнению курсового проекта по технологии машиностроения / сост. : А. К. Литовченко, О. И. Медведева. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2007. – 28 с.

58 Исходные данные и их анализ : методические указания по дисциплине «Технология машиностроения» для студентов специальности 151001 / сост. : Н. И. Смирнов, О. К. Димитрюк, Г. В. Тарануха, Л. М. Хруль, В. В. Алтухова. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2008. – 16 с.

59 РД ФГБОУ ВПО «КнАГТУ» 013-2013. Текстовые студенческие работы. Правила оформления. – Введ. 2013-09-23. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 56 с.

60 РД ФГБОУ ВПО «КнАГТУ» 014-2011. Конструкторская документация. Правила оформления. – Введ. 2011-09-20. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2011. – 55 с.

Статьи

61 Димитрюк, О. К. Анализ и исследование схем базирования / О. К. Димитрюк, С. Г. Танкова // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре гос. техн. ун-та. Науки о природе и технике. – 2011. – № II-1(6). – С. 48-50.

62 Димитрюк, О. К. Особенности разработки служебного назначения сборочной единицы / О. К. Димитрюк, С. Г. Танкова // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре гос. техн. ун-та. Науки о природе и технике. – 2011. – № IV-1(8). – С. 18-20.

63 Димитрюк, О. К. Погрешность несовмещения баз (погрешность базирования) / О. К. Димитрюк, С. Г. Танкова / Ученые записки Комсомольского-на-Амуре гос. техн. ун-та. Науки о природе и технике. – 2011. – № III-1(7). – С. 57-58.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования

«Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет»

Институт КИМТО

Кафедра «Технология машиностроения»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту

по дисциплине «Технология машиностроения»

**Разработка технологического процесса сборки педали
и изготовления детали «кронштейн»**

Студент группы 6ТМ5д-1

Н. А. Зырянова

Руководитель проекта

А. И. Пронин

Нормоконтролер

А. И. Пронин

2014

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

Факультет _____
Кафедра _____
Специальность (направление) _____

ЗАДАНИЕ
на курсовую проект / работу
по курсу (дисциплине) _____

Тема курсовой работы (распоряжение № _____ от «___» ___ 201__ г.)

Срок сдачи работы _____
Исходные данные _____

Перечень вопросов, подлежащих разработке:
1 Содержание расчётно-пояснительной записки _____

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(рекомендуемое)

**ПРИМЕРНЫЙ СОСТАВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ
ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Титульный лист
Задание на курсовой проект
Содержание курсового проекта

Введение

1 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

- 1.1 Исходные данные и их анализ
- 1.2 Служебное назначение сборочной единицы (узла)
- 1.3 Оценка назначения и техническая характеристика
- 1.4 Определение типа производства
- 1.5 Выбор методов достижения требуемой точности машины.
- 1.6 Выбор вида и формы организации сборочного процесса
- 1.7 Разработка последовательности сборки изделия и схемы сборки
- 1.8 Составление маршрутной технологии общей и узловой сборки
- 1.9 Нормирование сборочных операций

**2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ**

- 2.1 Анализ чертежей и уточнение технических требований
- 2.2 Служебное назначение детали
- 2.3 Анализ технологичности конструкции детали
- 2.4 Выбор исходной заготовки
- 2.5 Выбор технологических баз
- 2.6 Выбор способов обработки поверхностей
- 2.7 Разработка маршрута обработки заготовки
- 2.8 Расчёт припусков и межпереходных размеров
- 2.9 Размерный анализ технологического процесса
- 2.10 Выбор методов и средств технического контроля
- 2.11 Построение операций механической обработки
- 2.12 Выбор оборудования
- 2.13 Выбор технологической оснастки
- 2.14 Определение режимов резания
- 2.15 Нормирование операций
- 2.16 Разработка операционных эскизов
- 2.17 Разработка инструментальных наладок
- 2.18 Разработка расчётно-технологических карт

Заключение
Библиографический список
Приложения

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(рекомендуемое)

**ПРИМЕРНЫЙ СОСТАВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ
КУРСОВОГО ПРОЕКТА С РАЗВИТОЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЧАСТЬЮ**

Титульный лист
Задание на курсовой проект
Содержание курсового проекта

Введение

- 1 Исходная информация
- 2 Анализ и обобщение исходной информации
- 3 Методика исследований
 - 3.1 Критерии оценки эффективности исследуемого процесса (устройства, машины, сборочной единицы (узла))
 - 3.2 Параметры, контролируемые при исследованиях
 - 3.3 Оборудование, стенды, экспериментальные установки, приборы, аппаратура, оснастка
 - 3.4 Условия и порядок проведения опытов (средства технологического оснащения, образцы, режимы обработки, методы и средства измерения контролируемых параметров)
 - 3.5 Планирование экспериментов. Обработка результатов исследований
- 4 Результаты исследований
 - 4.1 Графики, диаграммы, таблицы и другие средства обобщения и показа полученной информации
 - 4.2 Анализ результатов исследований
 - 4.3 Научно-технические выводы и предложения по использованию результатов выполненных исследований
- 5 Технологические разработки
 - 5.1 Технологический процесс сборки одной из спроектированных в курсовом проекте конструкций
 - 5.2 Технологический процесс изготовления детали, входящей в спроектированное изделие
- 6 Конструкторские разработки
 - 6.1 Расчёт и проектирование кинематических, гидравлических и других схем специального научного оборудования, установок, приборов, аппаратов
 - 6.2 Технические проекты указанных устройств, а также узлов, усовершенствованных по результатам исследований

Заключение

Библиографический список

Приложения

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)

**МЕЖОПЕРАЦИОННЫЕ ПРИПУСКИ НА ОБРАБОТКУ
ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Таблица Д.1 – Классы точности размеров и масс и ряды припусков на механическую обработку отливок для различных способов литья (по ГОСТ Р53464-2009)

Литьё	Наибольшие габаритные размеры отливки, мм	Металлы и сплавы		
		цветные с температурой плавления ниже 700 °С	цветные с температурой плавления выше 700 °С, серый чугун	ковкий высокопрочный и легированный чугун, сталь
Под давлением в металлические формы	До 100	$\frac{3T-5}{1}$	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7T}{1}$
	Св. 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7T}{1}$	$\frac{5T-7}{1}$
В керамические формы и по выплавляемым и выжигаемым моделям	До 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7T}{1-2}$	$\frac{5T-7}{1-2}$
	Св. 100	$\frac{4-7}{1-2}$	$\frac{5T-7}{1-2}$	$\frac{5-8}{1-2}$
В кокиль и под низким давлением в металлические формы с песчаными стержнями и без них, литьё в песчаные формы, отверждаемые в контакте с оснасткой	До 100	$\frac{4-9}{1-2}$	$\frac{5T-10}{1-3}$	$\frac{5-11T}{1-3}$
	Св. 100 до 630	$\frac{5T-10}{1-3}$	$\frac{5-11T}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$
	Св. 630	$\frac{5-11T}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7T-12}{2-5}$
В песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой, центробежное, в сварные и сухие песчано-глинистые формы	До 630	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7T-12}{2-4}$	$\frac{7-13T}{2-5}$
	Св. 630 до 4000	$\frac{7-12}{2-4}$	$\frac{8-13T}{3-5}$	$\frac{9T-13}{3-6}$
	Св. 4000	$\frac{8-13T}{3-5}$	$\frac{9T-13}{3-6}$	$\frac{9-14}{4-6}$
Примечания: 1) В числителе указаны классы точности размеров и масс, в знаменателе – ряды припусков. Меньшие их значения относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства, большие значения – к сложным, мелкосерийно и индивидуально изготовленным отливкам; средние значения – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства. 2) Классы точности масс следует принимать соответствующими классам точности отливок				

Таблица Д.2 – Допуски линейных размеров отливок (мм, не более) по ГОСТ Р53464-2009

Интервалы номинальных размеров, мм	Класс точности размеров отливок																				
	1	2	3	4	5т	5	6	7т	7	8	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
До 4	0,06	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1	1,2	1,6	2	-	-	-	-	-
Св.4 до 6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	-	-	-	-
« 6 « 10	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6	7
« 10 « 16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	8
« 16 « 25	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10
« 25 « 40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11
« 40 « 63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12
« 63 « 100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14
« 100 « 160	0,16	0,2	0,24	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16
« 160 « 250	-	-	0,28	0,36	0,44	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14	18
« 250 « 400	-	-	0,32	0,4	0,5	0,64	0,8	1	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20
« 400 « 630	-	-	-	-	0,56	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14	18	22
« 630 « 1000	-	-	-	-	-	0,8	1	1,2	1,6	2	2,2	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24
« 1000 « 1600	-	-	-	-	-	-	-	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14	18	22	28
« 1600 « 2500	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32
« 2500 « 4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14	18	22	28	36
« 4000 « 6300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	6,4	8	10	12	16	20	24	32	40	50
« 6300 « 10000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	10	12	16	20	24	32	40	50	64

Примечания: 1) Классы точности размеров отливок – см. таблицу 1.5. 2) Допуски размеров, указанные в таблице 1.5, не учитывают смещение и коробление отливок. 3) Допуски угловых размеров в пересчете на линейные не должны превышать значений, установленных в таблице 1.5.

4) Допуски размеров элементов отливок, образованных двумя полуформами, перпендикулярными к плоскости разъема, следует устанавливать соответствующими классу точности размеров отливок. Допуски размеров элементов отливки, образованных одной частью формы или одним стержнем, устанавливаются на 1-2 класса точнее. Допуски размеров элементов отливки, образованных тремя частями формы и более, несколькими стержнями или подвижными элементами формы, а также толщины стенок, ребер и фланцев устанавливаются на 1-2 класса грубее. 5) Допуски размеров от предварительно обработанной поверхности, используемой в качестве базы, до литой поверхности следует устанавливать на 2 класса точнее. 6) Допускается устанавливать несимметричные и несимметричные предельные отклонения, при этом предпочтительно следующее расположение полей допусков: несимметричные односторонние «в тело» – для размеров элементов отливок (кроме толщин стенок), расположенных в одной части формы и не подвергаемых механической обработке, при этом для охватываемых элементов (отверстие) поле допуска располагается «в плюс», а для охватываемых элементов (вал) – «в минус»; симметричные – для размеров всех остальных элементов отливок, как не подвергаемых, так и подвергаемых механической обработке

Таблица Д.3 – Основные припуски на механическую обработку отливок
(по ГОСТ Р53464-2009)

Допуск размеров отливков, мм	Основной припуск на сторону для рядов, мм, не более					
	1	2	3	4	5	6
До 0,12	0,2; 0,4	–	–	–	–	–
Св. 0,12 до 0,16	0,3; 0,5	0,6; 0,8	–	–	–	–
» 0,16 » 0,2	0,4; 0,6	0,7; 1	1; 1,4	–	–	–
» 0,2 » 0,24	0,5; 0,7	0,8; 1,1	1,1; 1,5	–	–	–
» 0,24 » 0,3	0,6; 0,8	0,9; 1,2	1,2; 1,6	1,8; 2,2	2,6; 3	–
» 0,3 » 0,4	0,7; 0,9	1; 1,3	1,4; 1,8	1,9; 2,4	2,8; 3,2	–
» 0,4 » 0,5	0,8; 1	1,1; 1,4	1,5; 2	2; 2,6	3; 3,4	–
» 0,5 » 0,6	0,9; 1,2	1,2; 1,6	1,6; 2,2	2,2; 2,8	3,2; 3,6	–
» 0,6 » 0,8	1; 1,4	1,3; 1,8	1,8; 2,4	2,4; 3	3,4; 3,8	4,4; 5
» 0,8 » 1	1,1; 1,6	1,4; 2	2; 2,8	2,6; 3,2	3,6; 4	4,6; 5,5
» 1 » 1,2	1,2; 2	1,6; 2,4	2,2; 3	2,8; 3,4	3,8; 4,2	4,8; 6
» 1,2 » 1,6	1,6; 2,4	2; 2,8	2,4; 3,2	3; 3,8	4; 4,6	5; 6,5
» 1,6 » 2	2; 2,8	2,4; 3,2	2,8; 3,6	3,4; 4,2	4,2; 5	5,5; 7
» 2 » 2,4	2,4; 3,2	2,8; 3,6	3,2; 4	3,8; 4,6	4,6; 5,5	6; 7,5
» 2,4 » 3	2,8; 3,6	3,2; 4	3,6; 4,5	4,2; 5	5; 6,5	6,5; 8
» 3 » 4	3,4; 4,5	3,8; 5	4,2; 5,5	5; 6,5	5,5; 7	7; 9
» 4 » 5	4; 5,5	4,4; 6	5; 6,5	5,5; 7,5	6; 8	8; 10
» 5 » 6	5; 7	5,5; 7,5	6; 8	6,5; 8,5	7; 9,5	9; 11
» 6 » 8	–	6,5; 9,5	7; 10	7,5; 11	8,5; 12	10; 13
» 8 » 10	–	–	9; 12	10; 13	11; 14	12; 15
» 10 » 12	–	–	10; 13	11; 14	12; 15	13; 16
» 12 » 16	–	–	13; 15	14; 16	15; 17	16; 19
» 16 » 20	–	–	–	17; 20	18; 21	19; 22
» 20 » 24	–	–	–	20; 23	21; 24	22; 25
» 24 » 30	–	–	–	–	26; 29	27; 30
» 30 » 40	–	–	–	–	–	34; 37
» 40 » 50	–	–	–	–	–	42
» 50 » 60	–	–	–	–	–	50

Примечания: 1) Для каждого интервала значений допусков размеров отливки в каждом ряду припусков предусмотрены два значения основного припуска. 2) Меньшие значения припуска устанавливают при более грубых качествах точности обработки деталей, большие значения припуска устанавливают при более точных качествах согласно следующим данным:

Класс точности размеров отливок	1 – 3т	3 – 5т	5 – 7	7 – 9т	9 – 16
Квалитет точности размеров деталей, по- лучаемых механиче- ской обработкой отли- вок	IT9 и грубее	IT10 и грубее	IT11 и грубее	IT12 и грубее	IT13 и грубее
	IT8 и точнее	IT8 – IT9	IT9 – IT10	IT9 – IT11	IT10 – IT 12

3) При более высоких требованиях к точности размеров обрабатываемых деталей допускается увеличение основного припуска до ближайшего большего значения из того же ряда

Таблица Д.4 – Выбор диаметра заготовки для деталей, изготовленных из круглого сортового проката по ГОСТ 2590-2006.
Размеры, мм

Номи- ми- наль- ный диа- метр детали	Диаметр заготовки D в зависимости от длины детали L								Номи- ми- наль- ный диа- метр детали	Диаметр заготовки D в зависимости от длины детали L					
	$L/D \leq 4$		$L/D \leq 8$		$L/D \leq 12$		$L/D \leq 20$			$L/D \leq 4$		$L/D \leq 8$		$L/D \leq 12$	
	L	D	L	D	L	D	L	D		L	D	L	D	L	D
5	20	7	40	7	60	7	100	8	46	184	50	368	50	552	52
6	24	8	48	8	72	8	120	8	48	192	52	384	52	576	54
7	28	9	56	9	84	9	140	9	50	200	54	400	54	600	55
8	32	10	64	10	96	10	160	11	52	208	55	416	55	624	56
9	36	11	72	11	108	11	180	12	54	216	58	432	60	648	60
10	40	12	80	12	120	13	200	13	55	220	60	440	60	660	62
11	44	13	88	13	132	13	220	13	58	232	62	461	62	696	65
12	48	14	96	14	144	15	240	15	60	240	65	480	65	720	68
13	52	15	104	15	156	16	260	16	62	248	68	496	68	744	70
14	56	16	112	16	168	17	280	17	65	260	70	520	70	780	72
15	60	17	120	17	180	18	300	18	68	272	72	544	72	816	72
16	64	18	128	18	192	18	320	19	70	280	75	560	75	840	78
17	68	19	136	19	204	20	340	20	72	288	78	576	78	864	80
18	72	20	144	20	216	21	360	21	75	300	80	600	80	900	80
19	76	21	152	21	228	22	380	22	78	312	85	624	85	936	90
20	80	22	160	22	240	23	400	24	80	320	85	640	90	960	95
21	84	24	168	24	252	24	420	25	82	328	90	656	95	984	95
23	92	26	184	26	276	26	460	27	85	340	90	680	95	1020	95
24	96	27	192	27	288	27	480	28	88	352	95	704	100	1056	100
25	100	28	200	28	300	28	500	30	90	360	95	720	100	1080	105
26	104	30	208	30	312	30	520	30	92	368	100	736	100	1104	105
27	108	30	216	30	324	32	540	32	95	380	100	760	105	1140	110
28	112	32	224	32	336	32	560	32	98	392	105	784	110	1176	110
30	120	33	240	33	360	34	600	34	100	400	105	800	110	1200	115
32	128	35	256	35	384	36	640	36	105	420	110	840	115	1260	120
34	132	38	264	38	396	38	680	38	110	440	115	880	120	1320	125
35	140	38	280	38	420	39	700	39	115	460	120	920	125	1380	130
36	144	39	288	40	432	40	720	40	120	480	125	960	130	1440	130
38	152	42	304	42	456	42	760	43	125	500	130	1000	130	1500	135
40	160	43	320	45	480	45	800	48	130	520	135	1040	140	1560	140
42	168	45	336	45	504	48	840	48	135	540	140	1080	140	1620	150
44	176	48	352	48	528	50	880	50	140	560	150	1120	150	1680	160
45	180	48	360	48	540	50	900	50							

Примечания: 1) Диаметры заготовок определены с учётом черновой, полуступенчатой и чистовой обработок деталей типа тел вращения. В зависимости от конфигурации деталей диаметры заготовок могут быть уточнены. 2) Диаметры заготовок для ступенчатых валов выбирают по максимальному диаметру ступени. В тех случаях, когда эту ступень не требуется обрабатывать с высокой точностью, диаметр заготовки может быть уменьшен. 3) Предусмотрена правка заготовок диаметром до 30 мм

Таблица Д.5 – Припуски на обработку отверстий в сплошном материале по 7 и 8-му квалитетам. Размеры, мм

Диаметры отверстий			Сверление		Чистовое растачивание		Зенкерование	Предварительное развёртывание	
Номинал	Допуск		Первое сверло	Второе сверло	Номинал	по <i>H11</i>			
	по <i>H7</i>	по <i>H8</i>							
3	0,01	0,014	2,9	–	–	–	–	–	
4	0,012	0,018	3,9	–	–	–	–	–	
5			4,8						
6			5,8						
7	0,015	0,022	6,8	–	–	–	–	–	
8			7,8					7,96	
9			8,8					8,96	
10			9,8					9,96	
11	0,018	0,027	10	–	–	–	10,79	10,95	
12			11					11,95	
13			12					12,95	
14			13					13,95	
15			14					14,95	
16			15					15,95	
18			17					17,94	
20			0,021					0,033	18
22	20	21,8		21,75	21,94				
24	22	23,8		23,75	23,94				
25	23	24,8		24,75	24,94				
26	24	25,8		25,75	25,94				
28	26	27,8		27,75	27,94				
30	15	28		29,8	29,75	29,93			
32	0,025	0,039		15	30	31,7	0,16		31,71
34			15	32	33,7	33,71		33,93	
35			20	33	34,7	34,71		34,93	
36			20	34	35,7	35,71		35,93	
37			20	35	36,7	36,71		36,93	
38			20	36	37,7	37,71		37,93	
40			25	38	39,7	39,71		39,93	
42			25	40	41,7	41,71		41,93	
45			25	43	44,7	44,71		44,93	
47			25	45	46,7	46,71		46,93	
48			25	46	47,7	47,71		47,93	
50			25	48	49,7	49,71		49,93	

Примечания: 1) При сверлении отверстий в чугунах применять одно сверло для диаметров 30 и 32 (для отверстия Ш 30 применять сверло Ш 28, для отверстия Ш 32 – сверло Ш 30). 2) Выбор перехода «растачивание» или «зенкерование» определяют технологическим процессом. 3) Для обработки отверстий диаметром свыше 30 мм вместо развёрток можно применять расточные оправки типа «Микробор». 4) Диаметр чистовой развёртки выбирают в соответствии с номинальным диаметром отверстия с допусками по *H7* или *H8*

Таблица Д.6 – Припуски на обработку отверстий в сплошном материале по 9 и 11-му квалитетам. Размеры, мм

Диаметр отверстия		Обработка отверстий с допусками по <i>H9</i>						Обработка отверстий с допусками по <i>H11</i>				
Номинал	Допуск		Сверление		Чистовое растачивание		Зенкерование	Развёртывание	Сверление		Зенкерование	Развёртывание
	по <i>H9</i>	по <i>H11</i>	первое	второе	номинал	допуск по <i>H11</i>			первое	второе		
3	0,025	0,06	2,9	–	–	–	–	3H9	2,9	–	–	3H11
4	0,03	0,075	3,9	–	–	–	–	4H9	3,9	–	–	4H11
5			4,8	–	–	–	–	5H9	4,9	–	–	5H11
6			5,8	–	–	–	–	–	6H9	5,9	–	–
7	0,036	0,09	6,8	–	–	–	–	7H9	6,8	–	–	7H11
8			7,8	–	–	–	–	8H9	7,8	–	–	8H11
9			8,8	–	–	–	–	9H9	8,8	–	–	9H11
10			9,8	–	–	–	–	–	10H9	9,8	–	–
11	0,043	0,11	10	–	–	–	10,9	11H9	10,8	–	–	11H11
12			11	–	–	–	11,9	12H9	11,8	–	–	12H11
13			12	–	–	–	12,9	13H9	11,7	–	13H11	–
14			13	–	–	–	13,9	14H9	12,7	–	14H11	–
15			14	–	–	–	14,9	15H9	13,7	–	15H11	–
16			15	–	–	–	15,9	16H9	14,3	–	16H11	–
18			17	–	–	–	17,9	18H9	16,3	–	18H11	–
20			0,052	0,13	18	–	19,8	–	19,88	20H9	17,5	–
22	20	–			21,8	–	21,88	22H9	19,5	–	22H11	–
24	22	–			23,8	–	23,88	24H9	21,5	–	24H11	–
25	23	–			24,8	0,13	24,88	25H9	22,5	–	25H11	–
26	24	–			25,8	–	25,88	26H9	23,5	–	26H11	–
28	26	–			27,8	–	27,88	28H9	25,5	–	28H11	–
30	15	28			29,8	–	29,88	30H9	20	27,5	30H11	–
32	0,062	0,16			15	30	31,7	–	31,85	32H9	20	29
34			15	32	33,7	–	33,85	34H9	20	31	34H11	–
35			20	33	34,7	–	34,85	35H9	20	32	35H11	–
36			20	34	35,7	–	35,85	36H9	20	33	36H11	–
37			20	35	36,7	–	36,85	37H9	20	34	37H11	–
38			20	36	37,7	–	37,85	38H9	20	35	38H11	–
40			25	38	39,7	0,16	39,85	40H9	25	38	40H11	–
42			25	40	41,7	–	41,85	42H9	25	40	42H11	–
45			25	43	44,7	–	44,85	45H9	25	43	45H11	–
47			25	45	46,7	–	46,85	47H9	25	45	47H11	–
48			25	46	47,7	–	47,85	48H9	25	46	48H11	–
50			25	48	49,7	–	49,85	50H9	25	48	50H11	–

Примечания: 1) При сверлении отверстий в чугуне применять одно сверло для диаметров 30 и 32 (для отверстия Ш 30 применять сверло Ш 28, для отверстия Ш 32 – сверло Ш 30). 2) Выбор перехода «расточивание» или «зенкерование» определяют технологическим процессом. 3) Для обработки отверстий диаметром свыше 30 мм вместо развёрток можно применять расточные оправки типа «Микробор»

Таблица Д.7 – Припуски на обработку прошитых или полученных литьём отверстий по 7 и 8-му качествам. Размеры, мм

номинал	Диаметр отверстия		Черновое растачивание		Чистовое растачивание		Развёртывание, тонкое растачивание пластинами или оправками типа «микробор» первое
	допуск		первое	второе	номинал	допуск <i>H11</i>	
<i>I</i>	<i>H7</i>	<i>H8</i>					<i>4</i>
30	0,021	0,033	–	28	29,8	0,13	29,93
32	0,025	0,039	–	30	31,7	0,16	31,93
34				32	33,7		33,93
35				33	34,7		34,93
36				34	35,7		35,93
37				35	36,7		36,93
38				36	37,7		37,93
40				38	39,7		39,93
42				40	41,7		41,93
45				43	44,7		44,93
47				45	46,7		46,93
48	46	47,7	47,93				
50	45	48	49,7	49,93			
52	0,03	0,046	47	50	51,5	0,19	51,92
55			50	53	54,5		54,92
58			53	56	57,5		57,92
60			55	58	59,5		59,92
62			57	60	61,5		61,92
63			58	61	62,5		62,92
65			60	63	64,5		64,92
68			63	66	67,5		67,9
70			65	68	69,5		69,9
72			67	70	71,5		71,9
75	70	73	74,5	74,9			
78	73	76	77,5	77,9			
80	75	78	79,5	79,9			
85	0,035	0,054	80	83	84,3	0,22	84,85
90			85	88	89,3		89,85
95			90	93	94,3		94,85
100			95	98	99,3		99,85
105			100	103	104,3		104,8
110			105	108	109,3		109,8
115			110	113	114,3		114,8
120			115	118	119,3		119,8

Продолжение таблицы Д.7

1	2	3	4	5	6	7	8
125			120	123	124,3		124,8
130			125	128	129,3		129,8
135			130	133	134,3		134,8
140			135	138	139,3		139,8
145			140	143	144,3		144,8
150	0,04	0,063	145	148	149,3	0,25	149,8
155			150	153	154,3		154,8
160			155	158	159,3		159,8
165			160	163	164,3		164,8
170			165	168	169,3		169,8
175			170	173	174,3		174,8
180			175	178	179,3		179,8
190			185	188	189,3		189,8
195	0,046	0,072	190	193	194,3	0,29	194,8
200			194	197	199,3		199,8

Примечание – Окончательное развёртывание и тонкое растачивание отверстий выполняют по номинальным диаметрам отверстий с допусками *H7* или *H8*

Таблица Д.8 – Припуски на обработку прошитых или полученных литьём отверстий по 9 и 11-му квалитетам. Размеры, мм

Номинал	Диаметр отверстия		Обработка отверстий с допуском <i>H9</i>					Зенкерование или растачивание по <i>H11</i>	
	Допуск		Черновое растачивание	Чистовое растачивание с допуском по <i>H11</i>	Развёртывание, тонкое растачивание пластинами, оправками «Микробор»		первое	второе	
	<i>H9</i>	<i>H11</i>			первое	второе			номинал
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	0,052	0,13	–	28	29,8	29,93	30 <i>H9</i>	28	30 <i>H11</i>
32				30	31,7	31,93	32 <i>H9</i>	30	32 <i>H11</i>
34				32	33,7	33,93	34 <i>H9</i>	32	34 <i>H11</i>
35				33	34,7	34,93	35 <i>H9</i>	32	35 <i>H11</i>
36				34	35,7	35,93	36 <i>H9</i>	34	36 <i>H11</i>
37				35	36,7	36,93	37 <i>H9</i>	34	37 <i>H11</i>
38	0,062	0,16	–	36	37,7	37,93	38 <i>H9</i>	36	38 <i>H11</i>
40				38	39,7	39,93	40 <i>H9</i>	38	40 <i>H11</i>
42				40	41,7	41,93	42 <i>H9</i>	40	42 <i>H11</i>
45				43	44,7	44,93	45 <i>H9</i>	42	45 <i>H11</i>
47				45	46,7	46,93	47 <i>H9</i>	43	47 <i>H11</i>
48				46	47,7	47,93	48 <i>H9</i>	46	48 <i>H11</i>
50			45	48	49,7	49,93	50 <i>H9</i>	48	50 <i>H11</i>

Продолжение таблицы Д.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
52			47	50	51,5	51,92	52H9	50	52H11
55			50	53	54,5	54,92	55H9	52	55H11
58			53	56	57,5	57,92	58H9	55	58H11
60			55	58	59,5	59,92	60H9	58	60H11
62			57	60	61,5	61,92	62H9	60	62H11
63			58	61	62,5	62,92	63H9	60	63H11
65	0,074	0,19	60	63	64,5	64,92	65H9	62	65H11
68			63	66	67,5	67,9	68H9	65	68H11
70			65	68	69,5	69,9	70H9	68	70H11
72			67	70	71,5	71,9	72H9	70	72H11
75			70	73	74,5	74,9	75H9	72	75H11
78			73	76	77,5	77,9	78H9	75	78H11
80			75	78	79,5	79,9	80H9	78	80H11
85			80	83	84,3	84,85	85H9	82	85H11
90			85	88	89,3	89,85	90H9	88	90H11
95			90	93	94,3	94,85	95H9	92	95H11
100	0,087	0,22	95	98	99,3	99,85	100H9	98	100H11
105			100	103	104,3	104,8	105H9	102	105H11
110			105	108	109,3	109,8	110H9	107	110H11
115			110	113	114,3	114,8	115H9	112	115H11
120			115	118	119,3	119,8	120H9	117	120H11
125			120	123	124,3	124,8	125H9	122	125H11
130			125	128	129,3	129,8	130H9	127	130H11
135			130	133	134,3	134,8	135H9	132	135H11
140			135	138	139,3	139,8	140H9	137	140H11
145			140	143	144,3	144,8	145H9	142	145H11
150	0,1	0,25	145	148	149,3	149,8	150H9	147	150H11
155			150	153	154,3	154,8	155H9	152	155H11
160			155	158	159,3	159,8	160H9	157	160H11
165			160	163	164,3	164,8	165H9	162	165H11
170			165	168	169,3	169,8	170H9	167	170H11
175			170	173	174,3	174,8	175H9	172	175H11
180			175	178	179,3	179,8	180H9	177	180H11
190			185	188	189,3	189,8	190H9	187	190H11
195	0,115	0,29	190	193	194,3	194,8	195H9	192	195H11

Примечание – При обработке сквозных отверстий по H9 диаметром свыше 80 мм рекомендуется применять двухрезцовые оправки для совмещения первого и второго чернового растачивания

Таблица Д.9 – Диаметры стержней под нарезание метрической резьбы
(по ГОСТ 19258-73). Размеры, мм

Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы P	Поле допуска резьбы									
		$6h$	$6g$	$6e$	$6h; 6g; 6e$	$8h$	$8g$	$8h; 8g$			
		Номинал			Предельные отклонения	Номинал		Предельные отклонения			
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
С крупным шагом											
5	0,8	4,94	4,92	4,88	-0,1	4,94	4,92	-0,18			
6	1	5,92	5,89	5,86	-0,1	5,92	5,89	-0,2			
8	1,25	7,9	7,87	7,8	-0,11	7,9	7,87	-0,24			
10	1,5	9,88	9,85	9,8	-0,12	9,88	9,85	-0,26			
12	1,75	11,86	11,83	11,8	-0,13	11,86	11,83	-0,29			
14	2	13,84	13,8	13,77	-0,13	13,84	13,8	-0,29			
16	2	15,84	15,8	15,77	-0,13	15,84	15,8	-0,29			
18	2,5	17,84	17,8	17,76	-0,18	17,84	17,8	-0,37			
20	2,5	19,84	19,8	19,76	-0,18	19,84	19,8	-0,37			
22	2,5	21,84	21,8	21,76	-0,18	21,84	21,8	-0,37			
24	3	23,84	23,79	23,75	-0,22	23,84	23,79	-0,44			
27	3	26,84	26,79	26,75	-0,22	26,84	26,79	-0,44			
30	3,5	29,84	29,79	29,75	-0,27	29,84	29,79	-0,51			
33	3,5	32,84	32,79	32,75	-0,27	32,84	32,79	-0,51			
36	4	35,84	35,78	35,74	-0,32	35,84	35,78	-0,59			
39	4	38,84	38,78	38,74	-0,32	38,84	38,78	-0,59			
С мелким шагом											
6	0,5	5,94	5,92	5,89	-0,06	-	-	-			
	0,75			5,88	-0,09						
8	0,5	7,94	7,92	7,89	-0,06	-	-	-			
	0,75			7,89	-0,09						
	1			7,86	-0,1				7,92	7,89	-0,2
10	0,5	9,94	9,92	9,89	-0,06	-	-	-			
	0,75			9,88	-0,09						
	1			9,86	-0,1				9,92	9,89	-0,2
	1,25			9,84	-0,11				9,9	9,87	-0,24
12	0,5	11,94	11,92	11,89	-0,06	-	-	-			
	0,75			11,88	-0,09						
	1			11,86	-0,1				11,92	11,89	-0,2
	1,25			11,84	-0,11				11,9	11,87	-0,24
	1,5			11,81	-0,12				11,88	11,85	-0,26
14	0,5	13,94	13,92	13,89	-0,06	-	-	-			
	0,75			13,88	-0,09						
	1			13,86	-0,1				13,92	13,89	-0,2
	1,25			13,84	-0,11				13,9	13,87	-0,24
	1,5			13,81	-0,2				13,88	13,85	-0,26

Продолжение таблицы Д.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	0,5	15,94	15,92	15,89	-0,06	-	-	-
	0,75	15,94	15,92	15,88	-0,09	-	-	-
	1	15,92	15,89	15,86	-0,1	15,92	15,89	-0,2
	1,5	15,88	15,85	15,81	-0,12	15,88	15,85	-0,26
18	0,5	17,94	17,92	17,89	-0,06	-	-	-
	0,75	17,94	17,92	17,88	-0,09	-	-	-
	1	17,92	17,89	17,86	-0,1	17,92	17,89	-0,2
	1,5	17,88	17,85	17,81	-0,12	17,88	17,85	-0,26
	2	17,84	17,8	17,77	-0,13	17,84	17,8	-0,29
20	0,5	19,94	19,92	19,89	-0,06	-	-	-
	0,75	19,94	19,92	19,88	-0,09	-	-	-
	1	19,92	19,89	19,86	-0,1	19,92	19,89	-0,2
	1,5	19,88	19,85	19,81	-0,12	19,89	19,85	-0,26
	2	19,84	19,8	19,77	-0,13	19,84	19,8	-0,29
22	0,5	21,94	21,92	21,89	-0,06	-	-	-
	0,75	21,94	21,92	21,88	-0,09	-	-	-
	1	21,92	21,89	21,86	-0,1	21,92	21,89	-0,2
	1,5	21,88	21,85	21,81	-0,12	21,88	21,85	-0,26
	2	21,84	21,8	21,77	-0,13	21,84	21,8	-0,29

Таблица Д.10 – Диаметры отверстий под нарезание метрической резьбы (по ГОСТ 19257-73). Размеры, мм

Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы <i>P</i>	Поле допуска					Диаметр сверла под резьбу
		<i>4H5H; 5H; 5H6H; 6H; 7H</i>	<i>6G; 7G</i>	<i>4H5H; 5H</i>	<i>5H6H; 6H; 6G</i>	<i>7H; 7G</i>	
		Номинал		Предельные отклонения			
1	2	3	4	5	6	7	8
С крупным шагом							
5	0,8	4,2	4,23	+0,09	+0,13	+0,18	4,2
6	1	4,95	5	+0,17	+0,2	+0,26	5
8	1,25	6,7	6,75	+0,17	+0,2	+0,26	6,8
10	1,5	8,43	8,5	+0,19	+0,22	+0,3	8,5
12	1,75	10,2	10,25	+0,21	+0,27	+0,36	10,2
14	2	11,9	11,95	+0,24	+0,3	+0,4	12
16	2	13,9	13,95	+0,24	+0,3	+0,4	14
18	2,5	15,35	15,4	+0,3	+0,4	+0,53	15,5
20	2,5	17,35	17,4	+0,3	+0,4	+0,53	17,5
22	2,5	19,35	19,4	+0,3	+0,4	+0,53	19,5
24	3	20,85	20,9	+0,3	+0,4	+0,53	21
27	3	23,85	23,9	+0,3	+0,4	+0,53	24
30	3,5	26,3	26,35	+0,36	+0,48	+0,62	26,5
33	3,5	29,3	29,35	+0,36	+0,48	+0,62	29,5
36	4	31,8	31,85	+0,36	+0,48	+0,62	32
39	4	34,8	34,85	+0,36	+0,48	+0,62	35

Продолжение таблицы Д.10

1	2	3	4	5	6	7	8
С мелким шагом							
6	0,5	5,5	5,52	+0,08	+0,1	+0,14	5,5
	0,75	5,2	5,23	+0,11	+0,17	+0,22	5,25
8	0,5	7,5	7,52	+0,08	+0,1	+0,14	7,5
	0,75	7,2	7,23	+0,11	+0,17	+0,22	7,25
	1	6,95	7	+0,17	+0,2	+0,26	7
10	0,5	9,5	9,52	+0,08	+0,1	+0,14	9,5
	0,75	9,2	9,23	+0,11	+0,17	+0,22	9,25
	1	8,95	9	+0,17	+0,2	+0,26	9
	1,25	8,7	8,75	+0,17	+0,2	+0,26	8,8
12	0,5	11,5	11,52	+0,08	+0,1	+0,14	11,5
	0,75	11,2	11,23	+0,11	+0,17	+0,22	11,25
	1	10,95	11	+0,17	+0,2	+0,26	11
	1,25	10,7	10,75	+0,17	+0,2	+0,26	10,8
	1,5	10,43	10,5	+0,19	+0,22	+0,3	10,5
14	0,5	13,5	13,52	+0,08	+0,1	+0,14	13,5
	0,75	13,2	13,23	+0,11	+0,17	+0,22	13,25
	1	12,95	13	+0,17	+0,2	+0,26	13
	1,25	12,7	12,75	+0,17	+0,2	+0,26	12,8
	1,5	12,43	12,5	+0,19	+0,22	+0,3	12,5
16	0,5	15,5	15,52	+0,08	+0,1	+0,14	15,5
	0,75	15,2	15,23	+0,11	+0,17	+0,22	15,25
	1	14,95	15	+0,17	+0,2	+0,26	15
	1,5	14,43	14,5	+0,19	+0,22	+0,3	14,5
18	0,5	17,5	17,52	+0,08	+0,1	+0,14	17,5
	0,75	17,2	17,23	+0,11	+0,17	+0,22	17,25
	1	16,95	17	+0,17	+0,2	+0,26	17
	1,5	16,43	16,5	+0,19	+0,22	+0,3	16,5
	2	15,9	15,95	+0,24	+0,3	+0,4	16
20	0,5	19,5	19,52	+0,08	+0,1	+0,14	19,5
	0,75	19,2	19,23	+0,11	+0,17	+0,22	19,25
	1	18,95	19	+0,17	+0,2	+0,26	19
	1,5	18,43	18,5	+0,19	+0,22	+0,3	18,5
	2	17,9	17,95	+0,24	+0,3	+0,4	18
22	0,5	21,5	21,52	+0,08	+0,1	+0,14	21,5
	0,75	21,2	21,23	+0,11	+0,17	+0,22	21,25
	1	20,95	21	+0,17	+0,2	+0,26	21
	1,5	20,43	20,5	+0,19	+0,22	+0,3	20,5
	2	19,9	19,95	+0,24	+0,3	+0,4	20

Таблица Д.11 – Операционные припуски на обтачивание, мм

Интервалы диаметров	Черновое обтачивание термически необработанных и обработанных материалов		Чистовое обтачивание			
			термически необработанных материалов		термически обработанных материалов	
	Длина					
	до 200	св. 200 до 400	до 200	св. 200 до 400	до 200	св. 200 до 400
Припуск Z на диаметр						
От 3 до 6	–	–	0,5	–	0,8	–
Св.6 до 10	1,5	1,7	0,8	1,0	1,0	1,3
» 10 » 18	1,5	1,7	1,0	1,3	1,3	1,5
» 18 » 30	2,0	2,2	1,3	1,3	1,3	1,5
» 30 » 50	2,0	2,2	1,4	1,5	1,5	1,9
» 50 » 80	2,3	2,5	1,5	1,8	1,8	2,0
» 80 » 120	2,5	2,8	1,5	1,8	1,8	2,0
» 120 » 180	2,5	2,8	1,8	2,0	2,0	2,3
» 180 » 260	2,8	3,0	2,0	2,3	2,3	2,5
» 260 » 360	3,0	3,3	2,0	2,3	2,3	2,5

Примечание – При обтачивании заготовок с уступами припуск назначают в зависимости от общей длины детали и наибольшего диаметра

Таблица Д.12 – Операционные припуски на тонкое растачивание, мм

Окончательный диаметр обработки		Припуск на диаметр при растачивании							
		алюминия		баббита		бронзы и чугуна		стали	
свыше	до	предварительно	окончательно	предварительно	окончательно	предварительно	окончательно	предварительно	окончательно
–	30	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
30	50	0,3	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1
50	80	0,4	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1
80	120	0,4	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
120	180	0,5	0,1	0,6	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1

Таблица Д.13 – Операционные припуски на фрезерование плоскостей, мм

Толщина, <i>h</i>	Черновое фрезерование после грубого						Чистовое фрезерование после чернового					
	Ширина <i>b</i> до 200 мм			Ширина <i>b</i> св. 200 до 400 мм			Ширина <i>b</i> до 200 мм			Ширина <i>b</i> св. 200 до 400 мм		
	Припуск двухсторонний на толщину при длине											
	До 100	Св.100 до 260	Св.260 до 400	До 100	Св.100 до 260	Св.260 до 400	До 100	Св.100 до 260	Св.260 до 400	До 100	Св.100 до 260	Св.260 до 400
Припуск на диаметр												
Св. 6 до 30	1,0	1,2	1,5	1,2	1,5	1,7	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
» 30 » 50	1,0	1,5	1,7	1,5	1,5	2,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,2
» 50 » –	1,5	1,7	2,0	1,7	2,0	2,5	1,0	1,3	1,5	1,3	1,5	1,5

Таблица Д.14 – Операционные припуски на наружное шлифование, мм

Интервалы диаметров	Вариант I	Вариант II		Вариант III	
	Окончательное шлифование термически обработанных деталей	Шлифование после термообработки		Шлифование до термообработки	Шлифование после термооб- работки
		черновое	чистовое		
Припуск <i>Z</i> на диаметр					
Св. 3 до 6	0,2	0,15	0,05	–	–
» 6 » 10	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3
» 10 » 18	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3
» 18 » 30	0,3	0,2	0,1	0,3	0,4
» 30 » 50	0,4	0,3	0,1	0,3	0,4
» 50 » 80	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5
» 80 » 120	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5
» 120 » 180	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8
» 180 » 260	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8
» 260 » 360	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8

Таблица Д.15 – Операционные припуски на внутреннее шлифование, мм

Интервалы диаметров	Вариант I	Вариант II		Вариант III	
	Окончательное шлифо- вание термически об- работанных и необра- ботанных деталей	Шлифование после термообра- ботки		Шлифование до термооб- работки	Шлифова- ние после термообра- ботки
		черно- вое	чисто- вое		
Припуск <i>Z</i> на диаметр					
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Св. 6 до 10	0,2	–	–	–	–
» 10 » 18	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3
» 18 » 30	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3

Продолжение таблицы Д.15

<i>l</i>	2	3	4	5	6
» 30 » 50	0,3	0,2	0,1	0,3	0,4
» 50 » 80	0,4	0,3	0,1	0,3	0,4
» 80 » 120	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5
» 120 » 180	0,5	0,3	0,2	0,5	0,5

Таблица Д.16 – Операционные припуски на шлифование плоскостей, мм

Толщина, <i>h</i>	Вариант I		Вариант II			
	Окончательное шлифование термически обработанных и необработанных деталей		Шлифование после термообработки			
			Черновое		Чистовое	
	ширина до 200	ширина св. 200 до 400	ширина до 200	ширина св. 200 до 400	ширина до 200	ширина св. 200 до 400
	Припуск <i>Z</i> на толщину <i>h</i> при длине <i>l</i>					
	До 400	До 400	До 400	До 400	До 400	До 400
Св.6 до 30	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
» 30 » 50	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2
» 50 » –	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2

Учебное издание

Димитрюк Олег Калинович
Димитрюк Сергей Олегович
Танкова Светлана Геннадьевна

**ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Часть 3

Учебное пособие

Научный редактор – кандидат технических наук,
доцент А. И. Пронин

Редактор Т. Н. Карпова

Подписано в печать 26.05.2014.

Формат 60 × 84 1/16. Бумага 60 г/м². Ризограф EZ570E.
Усл. печ. л. 7,90. Уч.-изд. л. 7,73. Тираж 75 экз. Заказ 26284.

Редакционно-издательский отдел
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»
681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

Полиграфическая лаборатория
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»
681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.