

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальности
1-25 01 07 «Экономика и управление на предприятии»
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2022

УДК 621.9
ББК 34.5
С56

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «18» апреля 2022 г.,
протокол № 11

Составители: канд. техн. наук, доц. Д. Г. Шатуров;
Я. И. Печковская

Рецензент канд. техн. наук Е. В. Ильюшина

Методические рекомендации содержат указания для выполнения практических работ в соответствии с рабочей программой дисциплины «Современные промышленные технологии», а также краткие теоретические положения и необходимые справочные данные.

Учебно-методическое издание

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч. -изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2022

Содержание

Введение.....	4
1 Практическая работа № 1. Определение типа производства.....	5
2 Практическая работа № 2. Разработка маршрутного технологического процесса.....	10
3 Практическая работа № 3. Расчет припусков на обработку	18
4 Практическая работа № 4. Расчет режимов резания.....	27
5 Практическая работа № 5. Техническое нормирование.....	32
6 Практическая работа № 6. Разработка технологических карт.....	36
Список литературы.....	46

Введение

Целью учебной дисциплины является обучение студентов разработке технологических процессов изготовления деталей и сборки узлов машин в условиях любого типа производства.

Целью практических работ является формирование умений и навыков разработки технологических процессов, оформления технологической документации.

По практическим работам каждый студент оформляет отчет, содержащий тему работы, цель, основные теоретические сведения, описание выполняемых задач, результаты работы и выводы.

Защита практической работы проводится во время занятий устно, письменно или в форме тестирования.

Более подробно с содержанием практических работ, примерами их выполнения, а также с заданиями для выполнения можно ознакомиться в [1, 2].

1 Практическая работа № 1. Определение типа производства

Цель работы: приобретение практических навыков установления типа производства.

1.1 Теоретические сведения

Основным принципом построения технологических процессов (ТП) является принцип совмещения технических, экономических и организационных задач, решаемых в конкретных производственных условиях. Наименьшие затраты при изготовлении изделий могут быть достигнуты только в случае построения ТП в полном соответствии с типом данного производства и его возможными техническими условиями.

В зависимости от номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий современное производство подразделяется на единичное, серийное и массовое.

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой и малым объемом выпуска изделий. На предприятиях единичного производства количество выпускаемых изделий исчисляется штуками и десятками штук, на рабочих местах выполняются разнообразные технологические операции, повторяющиеся нерегулярно или не повторяющиеся совсем.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного времени.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяемыми партиями. Различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производства. По всем технологическим и производственным признакам серийное производство занимает промежуточное положение между единичным и массовым производствами. При этом мелкосерийное производство близко к единичному, а крупносерийное – к массовому.

На начальной стадии тип производства устанавливают ориентировочно, используя данные, представленные в таблице 1.1 [1, 2].

Таблица 1.1 – Ориентировочный выбор типа производства

Производство	Количество обрабатываемых в год деталей одного наименования		
	массой св. 30 кг	массой от 8 до 30 кг	массой до 8 кг
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	Св. 5 до 100	Св. 10 до 200	Св. 100 до 500
Среднесерийное	Св. 100 до 300	Св. 200 до 500	Св. 500 до 5000
Крупносерийное	Св. 300 до 1000	Св. 500 до 5000	Св. 5000 до 50000
Массовое	Св. 1000	Св. 5000	Св. 50000

После разработки ТП, расчета норм времени по операциям и числа рабочих мест тип производства уточняют по коэффициенту закрепления операций $K_{з.о}$:

$$K_{з.о} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (1.1)$$

где $\sum O_i$ – суммарное число различных операций;

$\sum P_i$ – суммарное число рабочих мест по операциям.

Для определения числа рабочих мест устанавливают расчетное количество станков по операциям:

$$m_{pi} = \frac{N \cdot t_{шт.(ш-к)}}{60 \cdot F_{д} \cdot \eta_{з.н}}, \quad (1.2)$$

где N – годовой объем выпуска изделий, шт.;

$t_{шт.(ш-к)}$ – штучное (штучно-калькуляционное) время на операции, мин;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$\eta_{з.н}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования.

Нормативный коэффициент загрузки оборудования принимают:

– для мелкосерийного производства $\eta_{з.н} = 0,8 \dots 0,9$;

– для среднесерийного $\eta_{з.н} = 0,75 \dots 0,85$;

– для массового и крупносерийного $\eta_{з.н} = 0,7 \dots 0,8$.

При расчетах можно принимать усредненное значение $\eta_{з.н} = 0,75 \dots 0,8$.

Расчетное количество станков по операциям округляют до ближайшего большего целого числа и получают принятое количество станков $m_{при}$, при этом

$$\sum P_i = \sum m_{при}.$$

Фактический коэффициент загрузки оборудования по операциям при этом

$$\eta_{з.ф.i} = \frac{m_{pi}}{m_{при}}. \quad (1.3)$$

Количество операций, которые можно выполнить на каждом рабочем месте, определяется из выражения

$$O_i = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.i}}. \quad (1.4)$$

Действительный годовой фонд времени работы оборудования зависит от его типа. Данные приведены в таблице 1.2.

Расчитанный коэффициент закрепления операций сравнивают с его нормативным показателем и уточненно определяют тип производства.

Таблица 1.2 – Фонд времени работы оборудования (в две смены)

Оборудование	Номинальный годовой фонд, ч	Действительный годовой фонд, ч
Металлорежущие станки 1–30-й категорий ремонтной сложности	4154	4029
Металлорежущие станки св. 30-й категории ремонтной сложности	4154	3904
Автоматические линии	4154	3738
Поточные линии	4154	3987
Рабочие места без оборудования (верстаки, столы)	4154	4154

Нормативные коэффициенты закрепления операций следующие:

- массовое производство – $K_{з.о} \leq 1$;
- крупносерийное – $1 < K_{з.о} \leq 10$;
- среднесерийное – $10 < K_{з.о} \leq 20$;
- мелкосерийное – $20 < K_{з.о} \leq 40$;
- единичное – $K_{з.о}$ не регламентируется, но более 40.

Кроме того, для серийного производства определяют величину партии единовременного запуска, а для массового – такт выпуска.

Величина партии (расчетная)

$$n_p = \frac{N \cdot a}{F'_d}, \quad (1.5)$$

где N – годовой объем выпуска изделий одного наименования, шт.;

a – периодичность запуска изделий в производство, дн.;

F'_d – число рабочих дней в году, $F'_d = 254$ дн.

Рекомендуется следующая периодичность запуска:

- для крупных изделий $a = 3$ –6 дн.;
- для средних $a = 12$ дн.;
- для мелких $a = 24$ дн.

Размер партии должен быть скорректирован с учетом удобства планирования и организации производства (его целесообразно принимать не менее сменной выработки).

Корректировка размера партии состоит в определении расчетного числа смен на обработку всей партии деталей на основных рабочих местах. Расчетное число смен при этом

$$C_p = \frac{t_{ш-к\ ср} \cdot n_p}{476 \cdot \eta_{з.н}}, \quad (1.6)$$

где $t_{ш-к\ ср}$ – среднее штучно-калькуляционное время по основным операциям, мин;

476 – действительный фонд времени работы оборудования в смену, мин.

Расчетное число смен округляют в большую сторону до принятого числа

смен C_{np} и определяют принятое число деталей в партии:

$$n_{np} = \frac{476 \cdot \eta_{з.н} \cdot C_{np}}{t_{ш-к\ ср}}. \quad (1.7)$$

Такт выпуска $T_в$, мин/шт., определяют из зависимости

$$T_в = \frac{60 \cdot F_{Д}}{N}. \quad (1.8)$$

1.2 Пример выполнения практической работы

1 Цель практической работы.

2 Изделием является вал массой 6,5 кг при годовом объеме выпуска 12000 шт. Технологический процесс состоит из четырех операций: 005 Фрезерно-центровальной – $t_{ум} = 1,8$ мин; 010 Токарно-копировальной – $t_{ум} = 2,8$ мин; 015 Резьбофрезерной – $t_{ум} = 2,6$ мин; 020 Шлифовальной – $t_{ум} = 1,8$ мин. Обработку производят на поточной линии.

3 По таблице 1.1 ориентировочно устанавливаем тип производства – крупносерийное.

4 Определяем расчетное количество станков по операциям, принимая $F_{д} = 3987$ ч и $\eta_{з.н} = 0,75$:

– для операции 005

$$m_{p1} = \frac{N \cdot t_{ум}}{60 \cdot F_{Д} \cdot \eta_{з.н}} = \frac{12000 \cdot 1,8}{60 \cdot 3987 \cdot 0,75} = 0,12;$$

– для операции 010

$$m_{p2} = \frac{12000 \cdot 2,8}{60 \cdot 3987 \cdot 0,75} = 0,19;$$

– для операции 015

$$m_{p3} = \frac{12000 \cdot 2,6}{60 \cdot 3987 \cdot 0,75} = 0,17;$$

– для операции 020

$$m_{p4} = \frac{12000 \cdot 1,8}{60 \cdot 3987 \cdot 0,75} = 0,12.$$

Принятое количество станков:

– для операции 005 $m_{np1} = 1$;

– для операции 010 $m_{np2} = 1$;

– для операции 015 $m_{np3} = 1$;

– для операции 020 $m_{np4} = 1$.

Суммарное число рабочих мест

$$\sum P_i = m_{np1} + m_{np2} + m_{np3} + m_{np4} = 1 + 1 + 1 + 1 = 4.$$

5 Определяем фактические коэффициенты загрузки:

– для операции 005

$$\eta_{з.ф.1} = \frac{m_{p1}}{m_{np1}} = \frac{0,12}{1} = 0,12;$$

– для операции 010

$$\eta_{з.ф.2} = \frac{m_{p2}}{m_{np2}} = \frac{0,19}{1} = 0,19;$$

– для операции 015

$$\eta_{з.ф.3} = \frac{m_{p3}}{m_{np3}} = \frac{0,17}{1} = 0,17;$$

– для операции 020

$$\eta_{з.ф.4} = \frac{m_{p4}}{m_{np4}} = \frac{0,12}{1} = 0,12.$$

6 Определяем число операций, которые можно выполнить на каждом рабочем месте:

– для операции 005

$$O_1 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.1}} = \frac{0,75}{0,12} = 6,25;$$

– для операции 010

$$O_2 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.2}} = \frac{0,75}{0,19} = 3,95;$$

– для операции 015

$$O_3 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.3}} = \frac{0,75}{0,17} = 4,41;$$

– для операции 020

$$O_4 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.4}} = \frac{0,75}{0,12} = 6,25.$$

7 Суммарное число различных операций

$$\sum O_i = O_1 + O_2 + O_3 + O_4 = 6,25 + 3,95 + 4,41 + 6,25 = 20,86.$$

Определяем коэффициент закрепления операций для рассматриваемого технологического процесса:

$$K_{з.о} = \frac{20,86}{4} = 5,21.$$

Следовательно, производство уточненно является крупносерийным.

8 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Что понимается под типом производства?
- 2 По каким критериям может быть оценен тип производства?
- 3 Поясните методику определения типа производства.

2 Практическая работа № 2. Разработка маршрутного технологического процесса

Цель работы: приобретение навыков выявления разработки маршрутных технологических процессов.

2.1 Теоретические сведения

При разработке техпроцесса необходимо использовать следующие рекомендации:

- тщательно проверить возможность встраивания в автоматическую линию выбранных для техпроцесса станков;
- определить технологические базы заготовки и решить, можно ли на принятых базах выполнить все операции обработки детали и обеспечить требуемую точность и шероховатость её поверхностей;
- в качестве технологических баз следует принимать такие поверхности заготовки, которые обеспечивают их удобную установку, надежную фиксацию и закрепление в приспособлении станков;

– определить, позволяют ли принятые технологические базы обрабатывать деталь в стационарных станочных приспособлениях или в приспособлениях-спутниках;

– определить концентрацию операций (переходов) на отдельных станках, учитывая при этом, что сложные наладки требуют дополнительных затрат времени на замену инструментов;

– разработанный технологический процесс обработки детали должен предусматривать выполнение сначала черновых, затем получистовых и в конце чистовых операций (переходов);

– определить возможности использования современных обрабатывающих центров;

– проверить, обеспечивается ли необходимая точность всех обрабатываемых поверхностей детали при её обработке.

Последняя рекомендация выполняется для одной (самой точной) поверхности детали по коэффициенту уточнения.

Проверка начинается с установления общего количества этапов обработки, требуемых для обеспечения заданных показателей точности выбранной поверхности. Устанавливается необходимое общее уточнение в процессе обработки по формуле

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, \quad (2.1)$$

где $T_{\text{заг}}$, $T_{\text{дет}}$ – допуски исходной заготовки и готовой детали соответственно.

Затем следует определить количество переходов обработки по формуле

$$n = \frac{\lg \varepsilon_{\text{общ}}}{0,46}. \quad (2.2)$$

Для условий массового и крупносерийного производств полученное значение, как правило, округляется в большую сторону, а в условиях мелкосерийного и единичного – в меньшую.

Точность обработки на промежуточных стадиях устанавливается на основании зависимости

$$\varepsilon_{\text{обр}} = \prod \varepsilon_i \geq \varepsilon_{\text{общ}}, \quad (2.3)$$

где $\varepsilon_{\text{обр}}$ – уточнение, достигаемое при выполнении технологического процесса;

ε_i – уточнение, достигаемое в процессе выполнения отдельного технологического перехода.

При разделении общего уточнения на сомножители учитывают, что на первой стадии методы черновой обработки поверхности обеспечивают $\varepsilon_{\text{черн}} < 6$, на второй стадии обработки получистовыми и чистовыми методами $\varepsilon_{\text{чист}} < 3 \dots 4$,

на третьей стадии обработки (обработка с точностью 5...7-го качества) $\varepsilon_{\text{омд}} < 1,5...2$; $\varepsilon_1 > \varepsilon_2 > \dots > \varepsilon_i$, а также сведения о точности обработки.

Устанавливается количество операций (переходов) механической обработки и их содержание.

Для принятого техпроцесса дается обоснование выбора черновых и чистовых технологических баз, особое внимание обращается на обеспечение принципов постоянства и совмещения баз. Если принципы постоянства и совмещения баз не выдерживаются, то следует дать обоснование необходимости смены баз.

Здесь же дается обоснование выбора (замены) конкретных моделей станков, станочных приспособлений, режущих и мерительных инструментов.

При назначении рационального маршрута обработки поверхностей следует пользоваться сведениями о средней точности обработки и шероховатости обработанной поверхности, приведенными в таблицах 2.1–2.5.

Таблица 2.1 – Средняя точность обработки и шероховатость обработанной поверхности при обработке наружных поверхностей тел вращения

Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости Ra , мкм
Обтачивание однократное	12	6,3
Обтачивание предварительное. Обтачивание чистовое	10...8	3,2
Обтачивание предварительное. Обтачивание чистовое.	8...6	0,8
Шлифование однократное		
Обтачивание предварительное. Обтачивание чистовое. Обтачивание тонкое	7...6	0,4
Обтачивание однократное. Шлифование предварительное. Шлифование чистовое	7...6	0,4
Обтачивание предварительное. Обтачивание чистовое. Шлифование предварительное. Шлифование чистовое	6	0,4
Обтачивание предварительное. Обтачивание чистовое. Шлифование предварительное. Шлифование тонкое	6...5	0,2
Обтачивание предварительное. Обтачивание чистовое. Шлифование предварительное. Шлифование чистовое. Шлифование тонкое	5	0,2...0,1

Таблица 2.2 – Средняя точность обработки и шероховатость обработанной поверхности цилиндрических отверстий

Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости R_a , мкм
<i>В сплошном металле</i>		
Сверление	12	25...12,5
Сверление и зенкерование	11	6,3...3,2
Сверление и развертывание	8...9	3,2...1,6
Сверление и протягивание	9..8	3,2...0,4
Сверление, зенкерование и развертывание	9...8	1,6...0,8
Сверление и двукратное развертывание	8...7	1,6...0,4
Сверление, зенкерование и двукратное развертывание	8...7	0,8...0,4
Сверление, зенкерование и шлифование	8...7	0,8...0,4
Сверление, протягивание и калибрование	8...7	0,8...0,4
<i>В заготовках с отверстием</i>		
Зенкерование или растачивание	12	6,3...3,2
Рассверливание	12	25...6,3
Двукратное зенкерование или двукратное растачивание	11	12,5...6,3
Зенкерование или растачивание и развертывание	9...8	3,2...1,6
Зенкерование и растачивание	9...8	6,3...3,2
Двукратное зенкерование и развертывание или двукратное растачивание и развертывание	9...8	1,6...0,8
Зенкерование или растачивание и двукратное развертывание	8...7	0,8...0,4
Зенкерование или двукратное растачивание и двукратное развертывание или тонкое растачивание	8...7	0,8...0,4
Зенкерование или двукратное растачивание и хонингование	8...7	0,2...0,05
Зенкерование и растачивание, тонкое растачивание и хонингование	8...7	0,1...0,025
Прогрессивное протягивание и шлифование	8...7	0,8...0,2

Таблица 2.3 – Средняя точность и шероховатость обработки плоских поверхностей

Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости R_a , мкм
1	2	3
Строгание и фрезерование цилиндрическими и торцевыми фрезами:		
черновое	14...11	12,5...3,2
получистовое и однократное	12...11	3,2...1,6
чистовое	10	1,6...0,8
тонкое	8...6	1,6...0,2
Протягивание:		
черновое литых и штампованных поверхностей	11...10	3,2...1,6
чистовое	8...6	1,6...0,4

Окончание таблицы 2.3

1	2	3
Шлифование:		
однократное	8...7	1,6...0,4
предварительное	9...8	0,8...0,4
чистовое	7	0,4...0,1
тонкое	6	0,2...0,05
<i>Примечания</i>		
1 Данные относятся к обработке жестких деталей с габаритными размерами не более 1 м при базировании по чисто обработанной поверхности и использовании ее в качестве измерительной базы.		
2 Точность обработки торцевыми фрезами при сопоставимых условиях выше, чем цилиндрическими, примерно на один квалитет.		
3 Тонкое фрезерование проводят только торцевыми фрезами		

Таблица 2.4 – Средняя точность и шероховатость обработки резьбовых поверхностей

Способ обработки	Поле допуска	Параметр шероховатости Ra , мкм
Круглыми плашками	8g	12,5...6,3
Метчиками	8H	6,3...3,2
Фрезерование:		
дисковыми фрезами	6g	6,3...1,6
гребенчатыми фрезами	6g	6,3...3,2
Точение:		
резцами	4h	3,2...0,8
гребенками	6g	6,3...0,8
Вращающимися резцами (вихревой метод)	6g	3,2...1,6
Самораскрывающимися головками	4h	6,3...1,6
Накатывание:		
плашками	6g	0,8...0,4
резьбонакатными роликами	6g...4h	0,8...0,2

Таблица 2.5 – Средняя точность обработки зубчатых колес

Способ обработки	Степень точности	Параметр шероховатости Ra , мкм
Фрезерование:		
предварительное	9...10	12,5...3,2
чистовое дисковой фрезой	8...9	6,3...1,6
чистовое червячной фрезой	7...8	6,3...1,6
Долбление чистовое	6...8	3,2...0,8
Протягивание	6...7	3,2...0,8
Строгание чистовое	5...7	3,2...0,8
Шевингование	6...7	1,6...0,4
Шлифование	4...5	0,8...0,2

Принятый маршрутный технологический процесс целесообразно оформить в виде таблицы 2.6. Таблицу следует расположить на нескольких страницах и обеспечить ее наибольшую информативность, т. к. в дальнейшем она будет являться основой для оформления технологической документации на разрабатываемый техпроцесс.

В таблицу следует включать всю информацию, необходимую для оформления маршрутных карт, операционных карт, карт эскизов, а также контрольных карт. Следовательно, таблица должна содержать наименование операции, модель станка, подробное содержание операции (переходов), эскиз обработки с выдерживаемыми размерами, сведения о технологической оснастке (приспособления, вспомогательный и режущий инструмент, марка инструментального материала, средства измерения), сведения о технологических базах.

Таблица 2.6 – Маршрутный технологический процесс изготовления вала

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Модель станка	Режущий инструмент, размеры, марка инструментального материала	Технологическая база
005	Фрезерно-центровальная 1 Фрезеровать торцы. 2 Сверлить центровые отверстия	MP-77	Фреза торцовая Ø125, Т5К10. Сверло центровочное Ø4, Р6М5	Поверхности заготовки Ø40, торец
010	Токарная с ЧПУ 1 Точить начерно поверхности Ø37, Ø42, Ø50. 2 Точить начисто поверхности Ø35, Ø40. 3 Точить фаски. 4 Точить канавки	16К20Ф3	Резец проходной 16×25, Т5К10. Резец канавочный Т5К10	Центровые отверстия, торец
015	Вертикально-фрезерная 1 Фрезеровать шпоночный паз ($b = 8N9, l = 32$)	6М12П	Фреза шпоночная Ø12, Р6М5	Цилиндрические поверхности Ø25, Ø30, торец
020	Термическая			
	...			
045	Контрольная	Стол ОТК		

2.2 Пример выполнения практической работы

1 Цель практической работы.

Исходные данные. Тип производства – среднесерийное; тип детали – вал; размер детали $\varnothing 55k6 \left(\begin{matrix} +0,021 \\ +0,002 \end{matrix} \right)$.

2 Выбор заготовки.

В качестве заготовки принимаем прокат горячекатаный $\varnothing 60 \begin{pmatrix} + 0,5 \\ - 1,1 \end{pmatrix}$.

3 Расчет необходимого уточнения ТП.

Необходимое общее уточнение рассчитываем по формуле (2.1):

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \frac{1,6}{0,019} = 84,21.$$

4 Установление количества переходов.

Определяем количество переходов обработки по формуле (2.2):

$$n = \frac{\lg 84,21}{0,46} = 4,1. \quad (2.4)$$

Окончательно принимаем четыре перехода.

5 Разработка маршрута обработки поверхности.

Для обработки поверхности $\varnothing 55k6$ назначаем следующий маршрут:

- 1) точение черновое;
- 2) точение чистовое;
- 3) шлифование предварительное;
- 4) шлифование окончательное.

Распределяем общее уточнение и назначаем по переходам: $\varepsilon_1 = 6$; $\varepsilon_2 = 4$;
 $\varepsilon_3 = 2$; $\varepsilon_4 = 1,8$.

Рассчитываем допуски на межоперационные размеры:

$$T_1 = \frac{T_{\text{заг}}}{\varepsilon_1} = \frac{1,6}{6} = 0,266 \text{ мм.}$$

Принимаем ближайший стандартный допуск в 300 мкм, что соответствует 12-му качеству точности.

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{300}{4} = 75 \text{ мкм.}$$

Принимаем ближайший стандартный допуск в 74 мкм, что соответствует 9-му качеству точности.

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{74}{2} = 37 \text{ мкм.}$$

Принимаем ближайший стандартный допуск в 30 мкм, что соответствует 7-му качеству точности.

Выполняем проверку правильности назначения межоперационных допусков.

Рассчитываем промежуточное значение уточнений:

$$\varepsilon_1 = \frac{1,6}{0,3} = 5,3; \varepsilon_2 = \frac{300}{74} = 4,05; \varepsilon_3 = \frac{74}{30} = 2,5; \varepsilon_4 = \frac{30}{19} = 1,6.$$

Определяем общее уточнение для принятого маршрута обработки по формуле (2.3):

$$\varepsilon_{обр} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 = 5,3 \cdot 4,05 \cdot 2,5 \cdot 1,6 = 85,86.$$

Полученное значение показывает, что при принятом маршруте точность обработки поверхности $\varnothing 55k6$ обеспечивается, т. к. $84,21 < 85,86$.

6 Разработка маршрута обработки детали (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Маршрутный технологический процесс изготовления вала

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Модель станка	Режущий инструмент, размеры, марка инструментального материала	Технологическая база
005	Фрезерно-центровальная 1 Фрезеровать торцы. 2 Сверлить центровые отверстия	MP-77	Фреза торцовая $\varnothing 80$, Т5К10. Сверло центровочное $\varnothing 4$, Р6М5	Поверхности заготовки $\varnothing 40$, торец
010	Токарная с ЧПУ 1 Точить поверхности $\varnothing 58$, $\varnothing 42$, $\varnothing 50$ начерно. 2 Точить поверхности $\varnothing 57$, $\varnothing 40$ начисто. 3 Точить фаски. 4 Точить канавки	16К20Ф3	Резец проходной 16×25 , Т5К10. Резец канавочный Т5К10	Центровые отверстия, торец
015	Вертикально- фрезерная 1 Фрезеровать шпоночный паз ($e = 8N9$, $l = 32$)	6М12П	Фреза шпоночная $\varnothing 12$, Р6М5	Цилиндрические поверхности $\varnothing 25$, $\varnothing 30$, торец
020	Термическая			
025	Шлифовальная 1 Шлифовать $\varnothing 56$ предварительно	3М152	Круг 1 $600 \times 80 \times 305$ 14А 25П С1 7 К5 50М/С А 1 Кл. ГОСТ 2424–83	Центровые отверстия
030	Шлифовальная 1 Шлифовать $\varnothing 55$ окончательно	3М152	Круг 1 $600 \times 80 \times 305$ 14А 25П С1 7 К5 50М/С А 1 Кл. ГОСТ 2424–83	Центровые отверстия
035	Контрольная	Стол ОТК		

Контрольные вопросы

- 1 Понятие базы в технологии машиностроения.
- 2 Каким образом можно установить количество переходов обработки поверхности?
- 3 Перечислите требования, предъявляемые к черновым базам.

3 Практическая работа № 3. Расчет припусков на обработку

Цель работы: приобретение навыков расчета межоперационных припусков.

3.1 Теоретические сведения

Общим припуском на обработку называется слой материала, удаляемый с поверхности исходной заготовки в процессе механической обработки с целью получения готовой детали.

Операционный припуск – это слой материала, удаляемый с заготовки при выполнении конкретной технологической операции. Минимальная величина припуска определяется методом дифференцированного расчета по элементам, составляющим припуск. Различают *минимальный, номинальный и максимальный* припуски.

При расчете минимального промежуточного припуска (припуска на конкретную технологическую операцию или переход) учитывают следующие составляющие его элементы:

- высоту микронеровностей Rz_{i-1} , полученную на предшествующем переходе;
- состояние и глубину h_{i-1} поверхностного слоя в результате выполнения предшествующего перехода;
- пространственные отклонения ρ_{i-1} расположения обрабатываемой поверхности относительно технологических баз;
- погрешность установки ε_i при выполнении перехода.

Шероховатость поверхности Rz_{i-1} и характеристика поверхностного слоя h_{i-1} зависят от режима резания, качества обрабатываемого материала и других факторов.

Поверхностный слой h_{i-1} , образовавшийся в результате предшествующего перехода, удаляется на выполняемом переходе полностью или частично. Например, при изготовлении поковок образуется обезуглероженный слой до 0,5 мм, который следует удалить полностью с обрабатываемой поверхности, т. к. этот слой является дефектным. Аналогично при обработке заготовок из серого чугуна поверхностный слой необходимо срезать на первом рабочем ходе. Этот слой толщиной 1...2 мм состоит из перлитной корки с включениями формовочного песка.

Пространственные отклонения ρ_{i-1} характеризуются погрешностью расположения обрабатываемой поверхности относительно базовых поверхностей заготовки. Примерами пространственных отклонений могут быть: отклонения от соосности наружной поверхности вращения и поверхности отверстия у заготовок типа втулок и дисков; изгиб заготовки вала; выпуклость и вогнутость плоскостей; отклонение от параллельности обрабатываемой плоскости корпуса и базовой плоскости; отклонение от перпендикулярности торцовой поверхности к оси отверстия и др.

Составляющей минимального промежуточного припуска является также погрешность установки заготовок на выполняемом переходе ε_i . Эта погрешность характеризуется смещением или поворотом подлежащей обработке поверхности относительно баз, поэтому эта погрешность должна быть компенсирована соответствующим увеличением припуска.

Суммируя величины Rz_{i-1} , h_{i-1} , ρ_{i-1} и ε_i , получают минимальный расчетный припуск для технологического перехода.

При обработке плоскостей векторы ρ_{i-1} и ε_i суммируются арифметически, т. к. они коллинеарны (параллельны) и направлены перпендикулярно обрабатываемой поверхности. Следовательно, при обработке плоскости расчетная формула минимального припуска имеет вид:

$$Z_{i\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i. \quad (3.1)$$

При обработке двух противоположных плоскостей одноименными методами припуск на две стороны составит

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i). \quad (3.2)$$

При обработке поверхностей вращения векторы ρ_{i-1} и ε_i могут принять любое угловое положение и потому их суммирование целесообразно выполнять по правилу *квадратного корня*:

$$\rho_{i-1} + \varepsilon_i = \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}. \quad (3.3)$$

Величина межоперационного припуска на диаметр (при обработке поверхностей вращения) удваивается. Следовательно, припуск на диаметр при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (3.4)$$

При анализе конкретных переходов некоторые составляющие из общей формулы расчета припуска могут быть исключены. Так, при обтачивании цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах, погрешность ε_i может быть принята равной нулю и, следовательно,

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}). \quad (3.5)$$

При шлифовании заготовок после термообработки поверхностный слой

необходимо по возможности сохранить, следовательно, слагаемое h_{i-1} нужно исключить из расчетной формулы, т. е. для односторонней обработки

$$Z_{i\min} = Rz_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i, \quad (3.6)$$

а для двухсторонней

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (3.7)$$

При развертывании плавающей разверткой и протягивании отверстий смещение и увод оси не устраняются, а погрешность установки в этом случае принимается равной нулю, поэтому

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1}). \quad (3.8)$$

При суперфинишировании и полировании цилиндрической поверхности, когда уменьшается только шероховатость поверхности, припуск определяется лишь высотой микронеровностей обрабатываемой поверхности, т. е.

$$2Z_{i\min} = 2Rz_{i-1}. \quad (3.9)$$

Следовательно, при расчете минимально необходимого припуска следует учитывать конкретные условия обработки. В зависимости от этих условий некоторые слагаемые не учитываются, что позволяет уменьшить припуск и сократить расходы на обработку. Расчет припусков удобно производить в виде расчетной карты. Порядок расчета припусков представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Порядок расчета припусков на обработку и предельных размеров по технологическим переходам

Наружная поверхность	Внутренняя поверхность
1	2
1 Пользуясь рабочим чертежом детали и картой технологического процесса механической обработки, записать в расчетную карту обрабатываемые элементарные поверхности заготовки и технологические переходы обработки в порядке последовательности их выполнения по каждой элементарной поверхности от черновой заготовки до окончательной обработки	
2 Записать значения Rz , T , ρ , ε , Td , TD или TL для каждого перехода	
3 Определить расчетные минимальные припуски на обработку по всем технологическим переходам	
4 Записать для конечного перехода в графу «Расчетный размер» наименьший предельный размер детали по чертежу	4 Записать для конечного перехода в графу «Расчетный размер» наибольший предельный размер детали по чертежу
5 Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер прибавлением к наименьшему предельному размеру по чертежу расчетного припуска Z_{\min}	5 Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер вычитанием из наибольшего предельного размера по чертежу расчетного припуска Z_{\min}

Окончание таблицы 3.1

1	2
6 Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода прибавлением к расчетному размеру расчетного припуска z_{\min} следующего за ним смежного перехода	6 Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода вычитанием из расчетного размера расчетного припуска z_{\min} следующего за ним смежного перехода
7 Записать наименьшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их увеличением расчетных размеров; округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода	7 Записать наибольшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их уменьшением расчетных размеров; округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода
8 Определить наибольшие предельные размеры прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру	8 Определить наименьшие предельные размеры путем вычитания допуска из округленного наибольшего предельного размера
9 Записать предельные значения припусков z_{\max} как разность наибольших предельных размеров и z_{\min} как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов	9 Записать предельные значения припусков z_{\max} как разность наименьших предельных размеров и z_{\min} как разность наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов
10 Определить общие припуски z_{\max} и z_{\min} , суммируя промежуточные припуски на обработку	
11 Проверить правильность произведенных расчетов по формулам $z_{i\max} - z_{i\min} = T_{i-1} - T_i; 2z_{i\max} - 2z_{i\min} = Td(TD)_{i-1} - Td(TD)_i;$ $z_{0\max} - z_{0\min} = T_3 - T_\delta; 2z_{0\max} - 2z_{0\min} = Td(TD)_3 - Td(TD)_\delta$	
12 Определить общий номинальный припуск по формулам $z_{\text{ном}} = z_{0\min} + ei_3 - ei_\delta;$ $2z_{\text{ном}} = 2z_{0\min} + ei_3 - ei_\delta$	12 Определить общий номинальный припуск по формулам $z_{\text{ном}} = z_{0\min} + ES_3 - ES_\delta;$ $2z_{\text{ном}} = 2z_{0\min} + ES_3 - ES_\delta$
13 Определить номинальный размер заготовки по формуле $d_{\text{зном}} = d_{\delta\min} + Z_{\text{ном}}(2Z_{\text{ном}})$	13 Определить номинальный размер заготовки по формуле $D_{\text{зном}} = D_{\delta\min} + Z_{\text{ном}}(2Z_{\text{ном}})$
14 Округлить номинальные размеры заготовок в сторону увеличения для наружных поверхностей и в сторону уменьшения для внутренних поверхностей согласно рекомендациям стандартов (ГОСТ 2590–88 – для проката, ГОСТ 7505–89 – для поковок, ГОСТ 25645–85 – для отливок) и окончательно установить размеры заготовок: номинальный и отклонения (верхнее и нижнее)	
<p><i>Примечание</i> – Td, TL – допуски на размеры наружных и внутренних поверхностей; $T_{i-1} (T_i)$ – допуски предыдущего и выполняемого переходов; $T_3 (T_\delta)$ – допуски заготовки и детали; $Td (TD)_3, Td (TD)_\delta$ – допуски заготовки и детали; $ei_3, (ei_\delta)$ – нижние отклонения заготовки и детали; $ES_3, (ES_\delta)$ – верхние отклонения заготовки и детали; $d_{\text{зном}} (d_{\text{ном}})$ – номинальные размеры заготовки и детали (для наружных поверхностей); $D_{\text{зном}} (D_{\text{ном}})$ – номинальные размеры заготовки и детали (для внутренних поверхностей)</p>	

Рассмотренный метод назначения припусков на механическую обработку получил название аналитического. Достоинством метода является возможность обоснованно определить операционные размеры. Припуски можно также

назначать табличным методом с использованием стандартов ГОСТ 2590–88 – на прокат, ГОСТ 7505–89 – на поковки, ГОСТ 25645–85 – на отливки и др., однако в этом случае можно определить только общий припуск и нет возможности определения операционных припусков.

При расчете минимального припуска *отклонения расположения* необходимо учитывать: у заготовок (под первый технический переход); после черновой и получистовой обработки лезвийным инструментом (под последующий переход); после термической обработки. На стадиях чистовой и отделочной обработки этими отклонениями пренебрегают.

Отклонение оси детали от прямолинейности (кривизну) определяют в зависимости от способа установки. При установке в центрах общее на длине L отклонение от прямолинейности (кривизна) определяется соотношением

$$\rho_{i-1} = \Delta_K L/2, \quad (3.10)$$

а при консольном закреплении

$$\rho_{i-1} = 2\Delta_K L \cos[\arctg(2\Delta_K)], \quad (3.11)$$

где Δ_K – кривизна оси заготовки, мкм/мм.

Суммарное значение нескольких отклонений расположения определяют как векторную сумму, если направления этих векторов неизвестны:

$$\rho_{i-1}^{\Sigma} = \sqrt{\rho_{i-1,1}^2 + \rho_{i-1,2}^2 + \dots} \quad (3.12)$$

Так, при обработке проката круглого сечения в центрах получим

$$\rho_{i-1}^{\Sigma} = \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \Delta_y^2}, \quad (3.13)$$

где ρ_{i-1} – общее отклонение оси от прямолинейности;

Δ_y – смещение оси заготовки в результате погрешности расположения центровых отверстий, которая определяется при известном допуске TD диаметрального размера базы заготовки, использованной при центрировании (в миллиметрах), соотношением (при угле призмы 90°)

$$\Delta_y = \sqrt{\frac{TD^2}{2} + 0,25^2}. \quad (3.14)$$

При обработке отверстия в отливке и ее базировании на плоскость, или при обработке плоскости торца и базировании по отверстию, суммарное отклонение расположения ρ_{i-1}^{Σ} определяется геометрической суммой коробления плоскости и смещения оси отверстия.

После сверления отверстия суммарные отклонения определяются геометрической суммой смещения оси отверстия и уводом сверла на длине сверления.

Для каждого *промежуточного* расчетного размера назначаются допуски. При этом учитывается достигнутый квалитет точности на каждом техноло-

гическом переходе, который устанавливается с учетом таблиц точности обработки. Для промежуточных размеров предельные отклонения устанавливаются таким образом, чтобы выполнялось требование «допуск в металл». Это означает, что для валов выбирают поле допуска h , а для отверстий – H соответствующего качества точности.

Для определения величины остаточных пространственных отклонений можно воспользоваться формулой

$$\rho_{ост} = K_y \cdot \rho_{заг}, \quad (3.15)$$

где K_y – коэффициент уточнения формы (таблица 3.2);

$\rho_{заг}$ – пространственное отклонение заготовки.

Таблица 3.2 – Значения коэффициента уточнения

Вид обработки	K_y
Однократное и черновое точение штампованных заготовок, заготовок из горячекатаного проката, предварительное шлифование проката 10-го и 11-го классов	0,06
Получистовая обработка заготовок из проката, штампованных заготовок, рассверливание отверстий, смещение оси отверстия после черновой обработки	0,05
Чистовое точение заготовок из сортового проката обыкновенного качества, штампованных заготовок, после первого технологического перехода обработки литых заготовок, после чистового шлифования проката 10, 11-го классов	0,04
Двукратное обтачивание калиброванного проката или двукратное шлифование заготовок после токарной обработки	0,02
Получистовая обработка (зенкерование и черновое развертывание отверстий)	0,005
Чистовая обработка – развертывание отверстий	0,002

3.2 Пример выполнения практической работы

1 Цель практической работы.

2 *Исходные данные.* Рассчитать припуски на механическую обработку поверхности $\varnothing 50k6^{(+0.018/+0.002)}$ с окончательной шероховатостью $Ra = 1,25$ мкм (рисунок 3.1). Заготовка-поковка штампованная, полученная на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП).

3 Составляем расчетную карту (таблица 3.3). В эту карту заносим технологический маршрут обработки поверхности и значения элементов припуска (R_z , h , ρ) для заготовки и технологических переходов. Допуск для заготовки определен по ГОСТ 7505–89. Для ясности производим нумерацию переходов: 0 – заготовка; 1 – обтачивание черновое; 2 – обтачивание чистовое; 3 – шлифование окончательное.

Суммарное отклонение для заготовки

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2},$$

где $\rho_{см} = 0,9$ мм (по ГОСТ 7505–89);

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_K \cdot l;$$

$$l = \frac{L}{2} = \frac{325}{2} = 162,5 \text{ мм},$$

где $\Delta_K = 1,5 \text{ мкм/мм}$ [3, таблица 4.8];

$$\rho_{\text{кор}} = 1,5 \cdot 162,5 = 0,244 \text{ мм};$$

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{Td_0^2}{2} + 0,25^2} = \sqrt{3,4425} = 1,85 \text{ мм},$$

где $Td_0 = 2,6 \text{ мм}$ – допуск заготовки (по ГОСТ 7505–89);

$$\rho_o = \sqrt{0,9^2 + 0,244^2 + 1,85^2} = \sqrt{4,29} = 2,07 \text{ мм}.$$

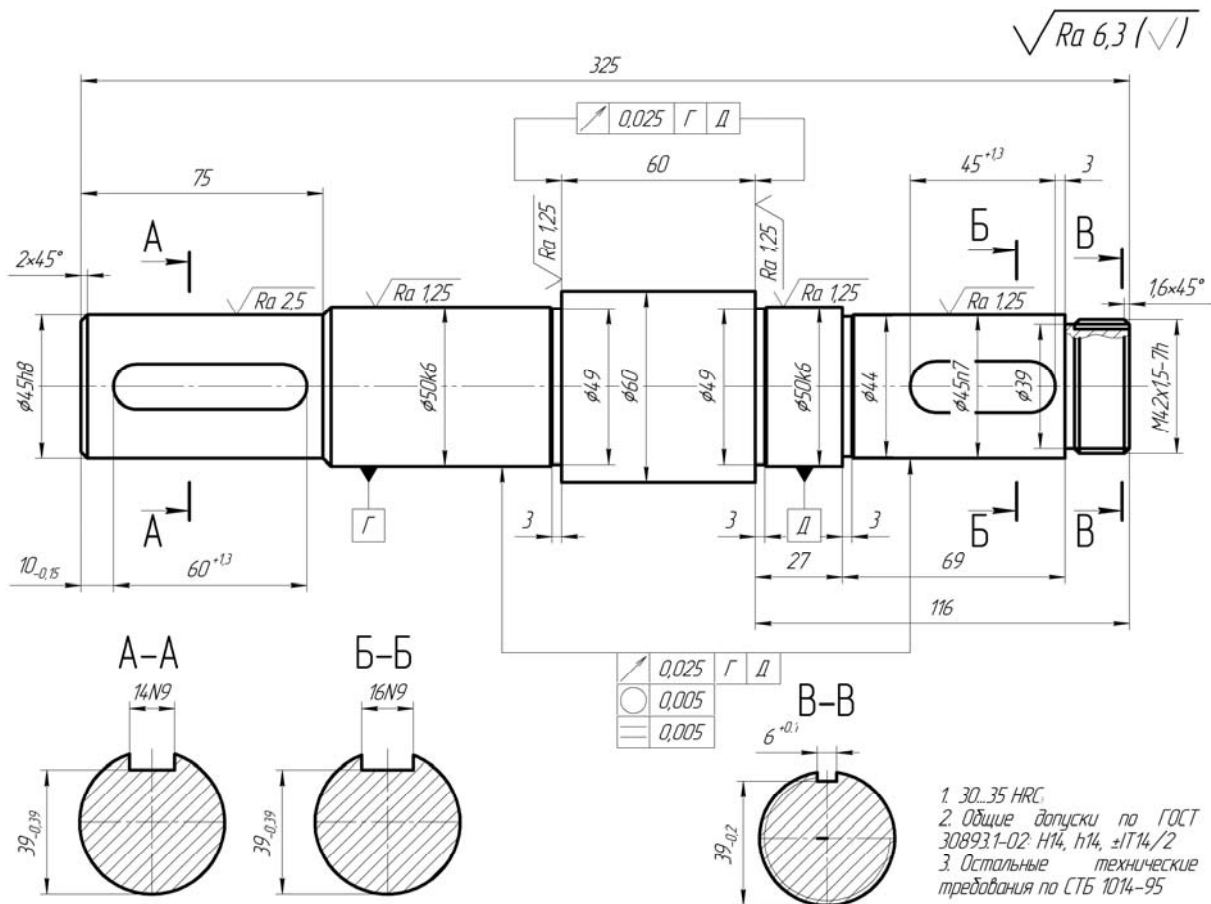


Рисунок 3.1 – Чертеж вала

Остаточные пространственные отклонения:
– после черного обтачивания

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_o = 0,06 \cdot 2070 = 124,2 \approx 125 \text{ мкм};$$

– после чистового обтачивания

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 2070 = 82,8 \approx 83 \text{ мкм.}$$

Погрешности установки для всех технологических переходов равны нулю, т. к. обработку проводят в центрах.

Все дальнейшие расчеты проведены по методике и в последовательности, которые приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.3 – Расчет припусков на обработку поверхности Ø50k6

Номер и название перехода	Элемент припуска, мкм			Расчетный припуск $2Z_{i\min}$, мкм	Расчетный размер, d_{pi} , мм	Допуск, Td_i , мкм	Предельный размер		Предельный припуск	
	R_z	h	ρ				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Заготовка	150	250	2070		55,678	2600	55,7	58,3		
Обтачивание: черновое	50	50	125	2·2470	50,738	330	50,74	51,2	4960	7100
чистовое	30	30	83	2·225	50,288	120	50,29	50,41	450	790
Шлифование	5	15	–	2·143	50,002	16	50,002	50,018	288	392
$\Sigma =$									5698	8282

4 Во всех случаях расчетный минимальный припуск рассчитываем по формуле

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}).$$

Для обтачивания чернового

$$2Z_{1\min} = 2(Rz_0 + h_0 + \rho_0) \text{ или } 2Z_{1\min} = 2(150 + 250 + 2070) = 2 \cdot 2470 \text{ мкм.}$$

Для обтачивания чистового

$$2Z_{2\min} = 2(Rz_1 + h_1 + \rho_1) \text{ или } 2Z_{2\min} = 2(50 + 50 + 125) = 2 \cdot 225 \text{ мкм.}$$

Для шлифования

$$2Z_{3\min} = 2(Rz_2 + h_2 + \rho_2) \text{ или } 2Z_{3\min} = 2(30 + 30 + 83) = 2 \cdot 143 \text{ мкм.}$$

5 Определяем расчетные размеры:

$$d_{pi} = d_{\min i} + 2Z_{i\min}.$$

Для шлифования

$$d_{p3} = d_{\min 3}; d_{p3} = 50,002 \text{ мм.}$$

Для обтачивания чистового

$$d_{p2} = d_{p3} + 2Z_{3\min}; d_{p2} = 50,002 + 2 \cdot 0,143 = 50,288 \text{ мм.}$$

Для обтачивания черногого

$$d_{p1} = d_{p2} + 2Z_{2\min}; \quad d_{p1} = 50,288 + 2 \cdot 0,255 = 50,738 \text{ мм.}$$

Для заготовки

$$d_{p0} = d_{p1} + 2Z_{1\min}; \quad d_{p0} = 50,738 + 2 \cdot 2,47 = 55,678 \text{ мм.}$$

6 Определяем минимальные предельные размеры d_{\min} , округляя расчетные размеры в сторону увеличения, и получаем

$$d_{0\min} = 55,7 \text{ мм}; \quad d_{1\min} = 50,74 \text{ мм}; \quad d_{2\min} = 50,29 \text{ мм}; \quad d_{3\min} = 50,002 \text{ мм.}$$

7 Определяем максимальные предельные размеры d_{\max} путем прибавления допусков к минимальным предельным размерам и получаем

$$d_{0\max} = 58,3 \text{ мм}; \quad d_{1\max} = 51,2 \text{ мм}; \quad d_{2\max} = 50,41 \text{ мм}; \quad d_{3\max} = 50,018 \text{ мм.}$$

8 Определяем $2Z_{i\min}^{np}$ и $2Z_{i\max}^{np}$ по переходам:

$$2Z_{i\min}^{np} = d_{i-1\min} - d_{i\min};$$

$$2Z_{i\max}^{np} = d_{i-1\max} - d_{i\max}$$

и получаем

$$2Z_{1\min}^{np} = d_{0\min} - d_{1\min} = 55,7 - 50,74 = 4960 \text{ мкм};$$

$$2Z_{1\max}^{np} = d_{0\max} - d_{1\max} = 58,3 - 51,2 = 7100 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\min}^{np} = d_{1\min} - d_{2\min} = 50,74 - 50,41 = 330 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\max}^{np} = d_{1\max} - d_{2\max} = 51,2 - 50,41 = 790 \text{ мкм};$$

$$2Z_{3\min}^{np} = d_{2\min} - d_{3\min} = 50,29 - 50,002 = 288 \text{ мкм};$$

$$2Z_{3\max}^{np} = d_{2\max} - d_{3\max} = 50,41 - 50,018 = 392 \text{ мкм.}$$

9 Определяем общие предельные припуски:

$$2Z_{0\min}^{np} = \sum_{i=1}^n 2Z_{i\min}; \quad 2Z_{0\max}^{np} = \sum_{i=1}^n 2Z_{i\max};$$

$$2Z_{0\min}^{np} = 4960 + 450 + 288 = 5698 \text{ мкм};$$

$$2Z_{0\max}^{np} = 7100 + 790 + 392 = 8282 \text{ мкм.}$$

10 Производим проверку правильности расчетов:

$$2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_0 - Td_3 \text{ или } 8282 - 5698 = 2600 - 16 \text{ или } 2584 = 2584.$$

11 Определяем общий номинальный припуск:

$$2Z_{0\text{ном}} = 2Z_{0\min} + ei_0 - ei_3 = 5698 + 900 - 2 = 6596 \text{ мкм.}$$

12 Определяем номинальный размер заготовки:

$$d_{0\text{ном}} = d_{3\min} + 2Z_{0\text{ном}} \text{ или } d_{0\text{ном}} = 50,002 + 6,596 = 56,598 \text{ мм.}$$

Определяем $d_{0\text{ном}}$ в сторону увеличения и получаем $d_{0\text{ном}} = 57 \text{ мм.}$

13 Имея предельные размеры и допуски на каждый переход, определяем размеры по переходам:

- заготовка $\varnothing 57_{-0,9}^{+1,7}$;
- обтачивание черновое $\varnothing 51,2_{-0,46}$;
- обтачивание чистовое $\varnothing 50,41_{-0,29}$;
- шлифование $\varnothing 50_{+0,002}^{+0,018}$.

14 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение операционного припуска.
- 2 Перечислите составляющие припуска.
- 3 Какие методы расчета припусков Вы знаете?

4 Практическая работа № 4. Расчет режимов резания

Цель работы: приобретение практических навыков расчета режимов резания.

4.1 Теоретические сведения

Расчет или назначение режимов резания можно проводить двумя методами: аналитическим по формулам теории резания и табличным с использованием нормативных материалов.

Расчет режимов резания обычно проводят в следующем порядке:

- 1) выбирают вид и материал режущей части инструмента;
- 2) определяют глубину резания: при черновой обработке глубину резания t принимают равной 60 %...70 % общего припуска, а при чистовой – в зависимости от требований точности размеров и шероховатости обработанной поверхности;
- 3) назначают подачу: при черновой обработке выбирают максимально возможную подачу, исходя из жесткости и прочности технологической системы,

мощности привода станка и других ограничивающих факторов; при чистовой обработке – в зависимости от требований точности размеров и шероховатости обработанной поверхности;

4) уточняют величину подачи по паспорту станка, как правило, в меньшую сторону;

5) определяют расчетную скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (4.1)$$

где C_v – постоянный коэффициент;

T – период стойкости инструмента, мин;

t – глубина резания, мм;

s – подача, мм/об (мм/мин);

m, x, y – показатели степени;

K_v – поправочный коэффициент.

В свою очередь

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (4.2)$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающей качество обрабатываемого материала;

K_{nv} – коэффициент, характеризующий состояние поверхности заготовки;

K_{uv} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

6) определяют расчетную частоту вращения шпинделя станка или инструмента

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \quad (4.3)$$

где D – диаметр заготовки;

7) определяют принятую частоту вращения шпинделя станка или инструмента, уменьшая расчетную частоту вращения до ближайшего паспортного значения станка n_{np} ;

8) определяют действительную скорость резания:

$$V_o = \frac{\pi D n_{np}}{1000}; \quad (4.4)$$

9) определяют силы резания P_z, P_y, P_x . Для каждого вида обработки существуют свои расчетные зависимости;

10) определяют эффективную мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_o}{1020 \cdot 60}, \quad (4.5)$$

где P_z – окружная сила резания, Н;

11) определяют мощность, потребляемую на приводе станка:

$$N_{np} = \frac{N_e}{\eta_{cm}}, \quad (4.6)$$

где η_{cm} – КПД станка, $\eta_{cm} = 0,85$;

12) сравнивают потребляемую мощность на приводе с мощностью электродвигателя станка N_{cm} , при этом необходимо выполнение условия $N_{np} \leq N_{cm}$, тогда обработка возможна;

13) определяют основное технологическое (машинное) время:

$$t_o = \frac{L_{p.x}}{S_M}, \quad (4.7)$$

где $L_{p.x}$ – длина рабочего хода инструмента, мм;

S_M – минутная подача, мм/мин.

В свою очередь

$$L_{p.x} = l_{рез} + y_1 + y_2, \quad (4.8)$$

где $l_{рез}$ – длина резания, мм;

y_1 – величина врезания инструмента, мм;

y_2 – величина перебега (схода) инструмента, мм.

Во всех случаях длину рабочего хода инструмента, величины врезания и перебега определяют индивидуально в зависимости от вида обработки, типа и геометрии режущего инструмента и других факторов.

Необходимые справочные материалы для определения режимов резания аналитическим методом при различных видах обработки представлены в [3].

4.2 Пример выполнения практической работы

1 Цель практической работы.

2 *Исходные данные.* Выполнить аналитический расчет режимов резания на операцию чистового обтачивания (см. рисунок 3.1, таблицу 3.3). Обработку производят на автоматической линии. Проводится чистовое обтачивание поверхности $\varnothing 50k6$. Станок – токарный с ЧПУ. Длина обрабатываемой поверхности – 74 мм. Материал заготовки – сталь 20Х с пределом прочности при растяжении $\sigma_B = 750$ МПа. Вид заготовки – штамповка. Шероховатость обработанной поверхности $Rz = 80$ мкм. Технологическая система жесткая.

3 Выбор режущего инструмента. Продольный суппорт – резец проходной упорный с неперетачиваемой пластиной твердого сплава Т15К6 и размером державки 25×32 мм: $\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$, $\lambda = 5^\circ$, $\gamma = 15^\circ$.

4 Определяем глубину резания:

$$t = \frac{D_1 - D_2}{2}, \quad (4.9)$$

где D_1 – диаметральный размер до обработки;

D_2 – диаметральный размер после обработки.

При $D_1 = 50,9$ мм, $D_2 = 50,35$ мм (см. таблицу 3.3) получим

$$t_1 = \frac{50,9 - 50,35}{2} = 0,275 \text{ мм.} \quad (4.10)$$

5 Определяем подачу и скорость резания.

Согласно справочным данным [3]:

подача, соответствующая чистовой обработке, $s_1 = 0,47$ мм/об;

$T = 45$ мин – стойкость инструмента при обработке; $C_v = 350$; $m = 0,20$;

$x = 0,15$; $y = 0,35$;

$$K_v = k_{mv} \cdot k_{uv} \cdot k_{nv} \cdot k_{\varphi v} \cdot k_{\varphi 1v}; \quad (4.11)$$

$$k_r = 1; n_v = 1; k_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 1;$$

$$k_{uv} = 1; k_{nv} = 0,8; k_{\varphi v} = 0,7; k_{\varphi 1v} = 1; K_{uv} = 1;$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,56.$$

Расчетная скорость резания

$$V_{p1} = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 0,275^{0,15} \cdot 0,47^{0,35}} \cdot 0,56 = 144,7 \text{ м/мин.}$$

Расчетная частота вращения шпинделя

$$n_p = \frac{1000 \cdot 144,7}{3,14 \cdot 50,35} = 915,27 \text{ мин}^{-1}.$$

Минутная подача

$$S_{M1} = S_{01} \cdot n_{\partial} = 0,47 \cdot 915,27 = 430,17 \text{ мм/мин.} \quad (4.12)$$

6 Расчёт сил резания [3]

$$P_{x,y,z} = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p. \quad (4.13)$$

Для составляющей силы резания P_z коэффициенты составят [3]:

$$C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15;$$

$$K_p = k_{mp} \cdot k_{\varphi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{\lambda p};$$

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n;$$

$$n = 0,75; k_{\varphi p} = 0,89; k_{\gamma p} = 1,25; k_{\lambda p} = 1,0;$$

$$k_{mp} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1;$$

$$K_p = 1 \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1 = 1,11;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,275^{1,0} \cdot 0,47^{0,75} \cdot 144,7^{-0,15} \cdot 1,11 = 246,47 \text{ Н.}$$

Для определения составляющих силы резания P_y и P_x можно использовать данные [3, таблицы 22, 23 гл. 4]. Результаты расчета представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Расчет составляющих силы резания

Обозначение	P_y	P_x
C_p	243	339
x	0,9	1,0
y	0,6	0,5
n	-0,3	-0,4
k_{mp}	1,0	1,0
$k_{\varphi p}$	0,5	1,17
$k_{\gamma p}$	2,0	2,0
$k_{\lambda p}$	0,75	1,07
Величина сил, Н	81,5	218,8

7 Определение мощностей. Эффективная мощность резания [3]

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_{\text{дл}}}{1020 \cdot 60} = \frac{246,47 \cdot 67,82}{60 \cdot 1020} = 0,19 \text{ кВт.} \quad (4.14)$$

Мощность на приводе

$$N_{np} = \frac{N_e}{\eta} = \frac{0,19}{0,85} = 0,22 \text{ кВт,} \quad (4.15)$$

где η – КПД станка, $\eta = 0,85$.

Мощность станка $N_{cm} = 0,22$ кВт.

8 Определение основного технологического времени. Длина рабочего хода

$$L_{p.x} = l_{рез} + y_1 + y_2 ,$$

где $l_{рез} = 74$ мм;

y_1 – величина врезания инструмента, $y_1 = 2$ мм;

y_2 – величина перебега инструмента, $y_2 = 2$ мм.

$$L_{p.x} = 74 + 2 + 2 = 78 \text{ мм};$$

$$t_{o1} = \frac{70}{430,17} = 0,18 \text{ мин.}$$

9 Выводы.

Контрольные вопросы

1 Перечислите основные элементы режимов резания.

2 Каков порядок расчета режимов резания?

3 Каким образом устанавливается величина подачи при обработке?

5 Практическая работа № 5. Техническое нормирование

Цель работы: приобретение практических навыков установления технически обоснованных норм времени выполнения операций.

5.1 Теоретические сведения

Норма времени – это время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

Норма времени обычно устанавливается на технологическую операцию и служит для выполнения экономических расчетов и нормирования труда рабочих. Такая норма времени называется нормой штучно-калькуляционного времени. Она определяется по соотношению

$$t_{ш-к} = t_{шт} + \frac{T_{n-з}}{n}, \quad (5.1)$$

где $t_{шт}$ – штучное время (время на выполнение работы, равной единице нормирования), мин;

$T_{n-з}$ – подготовительно-заключительное время на партию n обрабатываемых заготовок, мин.

При техническом нормировании норму штучного времени подсчитывают по формуле

$$t_{шт} = t_o + t_в + t_{обсл} + t_{отд}, \quad (5.2)$$

где t_o – основное технологическое время, мин;

$t_в$ – вспомогательное время (установка и снятие детали, подвод и отвод инструмента, включение станка и подачи, смена инструмента, контрольные измерения и др.), мин;

$t_{обсл}$ – время обслуживания (технического и организационного) рабочего места, включающее уход за рабочим местом в течение рабочей смены и организацию самой работы, мин;

$t_{отд}$ – время на личные потребности рабочего и отдыха, мин.

Время на обслуживание рабочего места разделяют на время технического обслуживания $t_{тех}$ и время организационного обслуживания $t_{орг}$, т. е.

$$t_{обсл} = t_{тех} + t_{орг}. \quad (5.3)$$

При этом время $t_{тех}$ можно определить в процентах к основному времени либо рассчитать по формуле

$$t_{тех} = \frac{t_o \cdot t_{см}}{T}, \quad (5.4)$$

где $t_{см}$ – время смены инструмента, мин;

T – стойкость инструмента, мин.

Время $t_{орг}$ принимают в процентах от оперативного $t_{оп}$ времени (суммы $t_o + t_в$). Время $t_{отд}$ принимают в процентах от оперативного времени $t_{оп}$. Такой расчет производят в условиях крупносерийного и массового производств.

В условиях серийного производства определяют одну норму на обслуживание и отдых, которую назначают в процентах от оперативного времени.

Основное (машинное) время – это время на достижение непосредственной цели данной технологической операции или перехода по качественному и (или) количественному изменению предмета труда. При всех станочных операциях основное время определяется отношением пути, пройденного обрабатывающим инструментом, к его минутной подаче, т. е.

$$t_o = \frac{L_{p.x}}{S_M} \cdot i, \quad (5.5)$$

где $L_{p.x}$ – длина рабочего хода инструмента в направлении подачи, мм;

S_M – минутная подача, мм/мин;

i – число рабочих ходов.

В свою очередь

$$L_{p.x} = l_{рез} + y_1 + y_2, \quad (5.6)$$

где $l_{рез}$ – длина обрабатываемой поверхности (длина резания), мм;

y_1 – длина врезания, мм;

y_2 – длина перебега инструмента, мм.

При *точении, растачивании, подрезке торцев, отрезке* величину y_1 определяют по формуле

$$y_1 = \frac{t}{\operatorname{tg}\varphi} + (0,5...2), \quad (5.7)$$

где t – глубина резания;

φ – главный угол в плане,

а длину перебега y_2 принимают равной 0,5...2 мм.

При *сверлении глухом и сверлении напроход*, а также центровании длину врезания определяют по формуле

$$y_1 = \frac{d}{2} \operatorname{ctg}\varphi + (0,5...2), \quad (5.8)$$

а при *рассверливании, зенкерования, развертывании напроход*

$$y_1 = \frac{D-d}{2} \operatorname{ctg}\varphi + (0,5...2), \quad (5.9)$$

где d – диаметр просверленного отверстия (сверла), мм;

D – диаметр рассверливания, зенкерования или развертывания, мм.

При *глухом зенкерования и развертывании*, а также *зенкерования фасок и цекования* значение y_1 принимают равным 0,5...2 мм.

Рассмотренную методику определения основного времени можно использовать при однопозиционной обработке. При многопозиционной обработке на многопозиционных и агрегатных станках основное время операции может быть определено как сумма основных времен по позициям в случаях последовательной обработки либо по лимитирующей позиции (позиции, на которой основное время наибольшее) в случае параллельной обработки. Следует отметить, что второй вариант более предпочтителен, т. к. при этом возрастает производительность обработки.

5.2 Пример выполнения практической работы

1 Цель практической работы.

2 *Исходные данные.* Операция нарезания резьбы М10-7Н в отверстии глубиной 17 мм в условиях массового производства. Нарезание резьбы осуществляется на специальном токарном станке метчиком. Частота вращения шпинделя станка при нарезании резьбы $n = 250 \text{ мин}^{-1}$, частота вращения при ускоренном обратном ходе $n_1 = 1000 \text{ мин}^{-1}$. Используется специальный патрон с пневматическим приводом. Заготовка – поковка массой 1 кг.

3 Для условий массового производства норма штучного времени определяется по формуле, не учитывающей подготовительно-заключительное время, которое в связи с большим количеством деталей в партии мало.

4 Основное время определяем по формуле (5.5), принимая длину врезания $y_1 = 2$ шага резьбы, а длину перебега $y_2 = 3$ шага резьбы. Шаг резьбы $S = 1,5$ мм.

$$t_0 = \frac{17 + 2 \cdot 1,5 + 3 \cdot 1,5}{1,5 \cdot 250} + \frac{17 + 2 \cdot 1,5 + 3 \cdot 1,5}{1,5 \cdot 1000} = 0,065 + 0,016 = 0,08 \text{ мин.}$$

5 Для определения нормы штучного времени к t_0 следует добавить другие составляющие. Эти составляющие устанавливаются по нормативам времени для массового производства.

Вспомогательное время на установку заготовки и снятие детали в цанговом патроне с креплением пневмозажимом $t_{e1} = 0,08$ мин.

Вспомогательное время на приемы управления станком: включить или выключить станок рычагом – $t_{e2} = 0,02$ мин; подвести метчик и отвести – $t_{e3} = 0,01$ мин.

Вспомогательное время на перемещение каретки суппорта в продольном направлении: прямое перемещение в начале выполнения операции – $t_{e4} = 0,04$ мин; обратное перемещение после нарезания резьбы – $t_{e5} = 0,04$ мин.

Вспомогательное время на контроль резьбы пробкой – $t_{e6} = 0,27$ мин.

Общее вспомогательное время

$$t_e = t_{e1} + 2 \cdot t_{e2} + t_{e3} + t_{e4} + t_{e5} + t_{e6},$$

или

$$t_e = 0,08 + 2 \cdot 0,02 + 0,02 + 0,01 + 0,04 + 0,04 + 0,27 = 0,48 \text{ мин.}$$

6 Оперативное время

$$t_{on} = t_o + t_e = 0,08 + 0,48 = 0,56 \text{ мин.}$$

7 Время на обслуживание рабочего места включает несколько составляющих.

Затраты времени на техническое обслуживание рабочего места составляют 2 % от основного:

$$t_{mex} = 0,02 \cdot 0,08 = 0,002 \text{ мин.}$$

Затраты времени на организационное обслуживание рабочего места составляют 1,3 % от оперативного:

$$t_{opz} = 0,013 \cdot 0,56 = 0,007 \text{ мин.}$$

Затраты времени на перерывы и отдых принимаем 7 % от оперативного:

$$t_{omd} = 0,07 \cdot 0,56 = 0,04 \text{ мин.}$$

Штучное время находим суммированием всех составляющих:

$$t_{шт} = t_o + t_g + t_{mex} + t_{opz} + t_{omd} = 0,08 + 0,48 + 0,002 + 0,007 + 0,04 = 0,61 \text{ мин.}$$

8 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение понятию «норма времени».
- 2 Какие переходы технологической операции включены в состав вспомогательного времени?
- 3 Поясните смысл штучно-калькуляционного времени.

6 Практическая работа № 6. Разработка технологических карт

Цель работы: приобретение практических навыков оформления технологической документации на техпроцесс механообработки деталей.

6.1 Теоретические сведения

Разработанные технологические процессы оформляются на бланках соответствующих технологических документов, степень подробности которых устанавливается в зависимости от типа и характера производства, а также от сложности и точности обрабатываемых изделий.

ГОСТ 3.1102–81 подразделяет основные технологические документы на документы общего и специального назначения. Комплектность технологических документов устанавливают в зависимости от вида разрабатываемого технологического процесса (таблица 6.1). В комплект технологической документации единичного технологического процесса изготовления детали входят: титульный лист (ТЛ); ведомость оснастки (ВО); ведомость технологических документов (ВТД); маршрутная карта (МК); карта эскизов технологического процесса изготовления детали (КЭ); операционные карты сварки, нанесения покрытий, механической обработки (ОК).

Документами общего назначения являются карта эскизов и технологическая инструкция.

Маршрутная карта (МК) содержит полное описание технологического процесса, включая все технологические операции, а также контроль и перемещение детали в технологической последовательности её изготовления с

указанием сведений об оборудовании, оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах.

Таблица 6.1 – Служебные символы и соответствующее им содержание информации

Обозначение служебного символа	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные в строке	Примечание
МО1	Информация о материале и масса изготавливаемой детали с указанием массы в графе «Н. расх.»	МК/ОК
А	Номер цеха, участка, рабочего места, номер и наименование операции	МК, МК/ОК, МК/КТО
Б	Код, наименование оборудования и информация о трудозатратах	МК/ОК, МК/КТО
М	Информация о применяемом для изготовления материале (наименование, обозначение)	МК/ОК, МК/КТО
О	Содержание операции (перехода)	МК к ЕТП, МК/ОК, МК/КТО
Т	Информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке	МК/ВО, МК, МК/ОК, МК/КТО
С	Номер по порядку деталей, изготавливаемых по типовому технологическому процессу, наименования и обозначения по конструкторским документам, информация о массе детали	МК/ВТП, МК/ВТО
Ш	Переменные данные по номерам цеха, участка, рабочего места, операции и трудозатратам	МК/ВТП, МК/ВТО
Р	Информация о технологических режимах	МК к ЕТП, МК/ОК, МК/КТО, МК/ВТП, МК/ВТО

Сложные операции описывают в МК сокращенно. Последовательность записи информации по типам строк: «А», «Б». При определении операций, подлежащих полному описанию в операционных картах, учитывают: сложность и точность базирования детали при обработке; необходимость поэлементного описания операций; необходимость указания данных о режимах.

Наименование операций должно отражать применяемый вид оборудования, например, «Наплавочная», «Токарная», «Круглошлифовальная» и т. д. После наименования операций допускается в скобках указывать номера документов. На этой же строке указывают обозначения документов, разработанных для данной операции. При ссылке в МК на документы, применяемые при выполнении операций, очередность записи их обозначений должна быть следующая: ВО, ОК, КЭ, ТИ и инструкция по охране труда (ИОТ).

Условные обозначения граф МК приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Условные обозначения граф маршрутной карты

Наименование (условное обозначение) графы	Содержание информации
Цех	Номер цеха, в котором выполняется операция
Уч.	Номер участка, конвейера, поточной линии
РМ	Номер рабочего места
Опер.	Номер операции (процесса) в технологической последовательности изготовления, включая контроль и перемещение
Код, наименование операции	Наименование операции
Обозначение документа	Обозначение документов, инструкций по охране труда, применяемых при выполнении операции. Состав документов указывают через разделительный знак «;»
Код, наименование оборудования	Код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования, инвентарный номер
СМ	Степень механизации. Не заполняется
Проф.	Код профессии по классификатору. Не заполняется
Р	Разряд работы, необходимый для выполнения операции
УТ	Код условий труда по классификатору и код вида нормы
КР	Количество исполнителей
КОИД	Количество одновременно обрабатываемых деталей (сборочных единиц) при выполнении операции
ОП	Объем производственной партии, шт.
<i>K_{шт}</i>	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании
<i>T_{п.з}</i>	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию
<i>T_{шт}</i>	Норма штучного времени на операцию
Наименование детали, сб. единицы или материала	Наименование деталей, сборочных единиц, материалов, применяемых при выполнении операций
Обозначения, код	Обозначения деталей, сборочных единиц по конструкторскому документу. Не заполняется
ОПП	Обозначения подразделения (склада), откуда поступают комплектующие детали. Не заполняется
ЕД	Единица измерения величины
ЕН	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени, например, 1, 10, 100
КИ	Количество деталей, сборочных единиц, применяемых при сборке, при разборке – количество получаемых деталей
Н. расх.	Норма расхода материала

В графе с условным обозначением «УТ» записывают в виде дроби в числителе условия труда, а в знаменателе – вид нормы времени. Запись выполняют в строку, например, «Н/Р». Принятые обозначения условий труда и норм времени приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Обозначение условий труда и вида нормы времени

Условия труда	Обозначение	Норма времени	Обозначение
Нормальные	Н	Расчетная	Р
Тяжелые, вредные	Т	Хронометрическая	ХР
Особо тяжелые, особо вредные	ОТ	Опытно-статистическая	ОС

Информацию общего назначения, например, общие требования к выполнению технологического процесса, требования к безопасности труда следует указывать перед новой операцией по всей длине строки. Операцию технического контроля в МК записывают в конце технологического маршрута.

Пример заполнения маршрутной карты представлен на рисунке 6.1.

ГОСТ 3.1404-86 Форма 1																	
Дубл.																	
Взам.																	
Подп.																	
Разраб.																	
Провер.																	
Утв.																	
Н.контр																	
М01	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71																
М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры			КД	МЗ					
	Кг	6,8	1	8,9	0,76	поковка	Ø132×248			1	8,9						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа								
Б	Код, наименование оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тп.з.	Тит
А03				005	4269 Фрезерно-центровальная				ИОТ №67								
Б04				МР-71М			4		311	1Р	1	1	1		1		
05																	
А06				010	4117 Токарная многорезцовая копировальная				ИОТ №67								
Б07				1Н713			4		311	1Р	1	1	1		1		
08																	
А09				015	4214 Вертикально-сверлильная				ИОТ №67								
Б10				2Н118			2		311	1Р	1	1	1		1		
11																	
А12				020	4274 Резьбофрезерная				ИОТ №67								
Б13				5К63			4		311	1Р	1	1	1		1		1,95
14																	
А15				025	4165 Шлицефрезерная				ИОТ №63								
Б16				5350А			4		411	1Р	1	1	1		1		
МК																	

Рисунок 6.1 – Пример заполнения маршрутной карты

Карта эскизов – это графический документ, содержащий эскизы, схемы, таблицы, поясняющие выполнение технологического процесса, операции или перехода, включая контроль и перемещения (рисунок 6.2).

Дубл.									
Взам									
Подп.									
Разраб.				БРУ	КТМ.16			20146	
Пров.									
Н.контр.				Вал-шестерня				020	

$\sqrt{Ra3,2}$

КЭ	
----	--

Рисунок 6.2 – Пример карты эскизов

Технологическая инструкция содержит описание технологического процесса, методов и приёмов, повторяющихся при изготовлении деталей, правил эксплуатации средств технологического оснащения.

Документы специального назначения посвящены описанию технологического процесса и операций в зависимости от типа производства. К числу обязательных документов специального назначения относятся: маршрутная карта; карта технологического процесса; операционная карта.

Взамен маршрутной карты допускается использовать *карты технологического процесса*. Они служат для операционного описания технологического процесса в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.

Карта типового (группового) технологического процесса служит для описания технологического процесса изготовления или ремонта изделий в технологической последовательности по всем операциям одного вида обработки, сборки или ремонта с указанием переходов и общих данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.

Для единичных технологических процессов разрабатывается *операционная карта*, в которой содержится описание технологической операции с указанием последовательности выполнения переходов, средств технологического оснащения, сведений о режимах и трудовых затратах.

Операционные карты (ОК) разрабатывают на все операции, которые подлежат полному описанию с указанием последовательности выполнения переходов, данных о средствах технического оснащения, технологических режимах и трудозатратах. ОК механической обработки детали оформляют на формах 3 и 2б по ГОСТ 3.1404–86. Условное обозначение документа – ОК. Операционные карты на другие операции – на формах 2 и 1б МК по ГОСТ 3.1118–82. Условное обозначение документа – МК/ОК. Для описания операций применяют построчный (модульный) принцип внесения информации. Каждой начальной строке модуля соответствует свой служебный символ, который характеризует состав информации (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Условные обозначения граф формы ОК по ГОСТ 3.1404–86

Условное обозначение графы	Содержание графы
ЕВ	Код единицы величины (массы, длины и т. д.)
МД	Масса детали
МЗ	Масса заготовки
КОИД	Количество одновременно обрабатываемых деталей
СОЖ	Смазочно-охлаждающая жидкость

На строке со служебным символом «А» записывают номер и наименование операции из маршрутной карты. После наименования операции на этой же строке записывают обозначение документа (карты эскизов), разработанного для этой операции. На следующей строке со служебным символом «Б» указывают применяемое оборудование. Если материалы применяются на одном из нескольких технологических переходов, то информацию о применяемых материалах записывают в строках с символом «М», следующих после строки с символом «Р» (информация о технологических режимах) данного перехода. Информацию о режимах записывают по всей длине строки.

Запись содержания перехода (строка с символом «О») должна начинаться с ключевого слова: «Установить и закрепить», «Наплавить», «Переустановить и закрепить», «Точить» и т. д. Она может быть полная и сокращенная. Полную запись следует делать при отсутствии графического изображения (карты эскизов). Например, «Точить поверхность, выдерживая размеры $d = 40_{-0,34}$ и $l = 40 \pm 0,1$ ». При наличии карты эскизов, достаточно полно отражающей необходимую информацию, запись перехода делается по сокращенной форме. Например, «Точить канавку 1».

Сведения о технологической оснастке записывают после записи перехода на строке со служебным символом «Т». Если оснастка выпускается серийно, записывается ее наименование и обозначение по действующему классификатору; если оснастка подлежит проектированию и изготовлению, после её наименования пишут «Цеховая».

Запись данных о технологических режимах делают после информации по оснастке, используя строку со служебным символом «Р». Допускается сведения о режимах указывать в тексте содержания перехода.

Пример заполнения операционной карты представлен на рисунке 6.3.

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
Разраб.																				
Провер.																				
Утв.																				
Н.контр.																				20
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД									
Резьбофрезерная		Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		217...229НВ	кг	6,8	Ø132×248			8,9	1									
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз	Тит-к	Сож												
5К63				1,06	0,74	-	1,95	Эмульсия												
Р		ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V											
01																				
002	1. Фрезеровать резьбу, выдерживая размеры 1, 2																			
Т03	Фреза гребенчатая Р6М5 ГОСТ 1336-77; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89																			
Р04			36	23	0,812	1	1,5	400	45,216											
05																				
006	Контроль исполнителем 10%																			
Т07																				
Р08																				
09																				
010																				
Т11																				
Р12																				
13																				
ОК																				

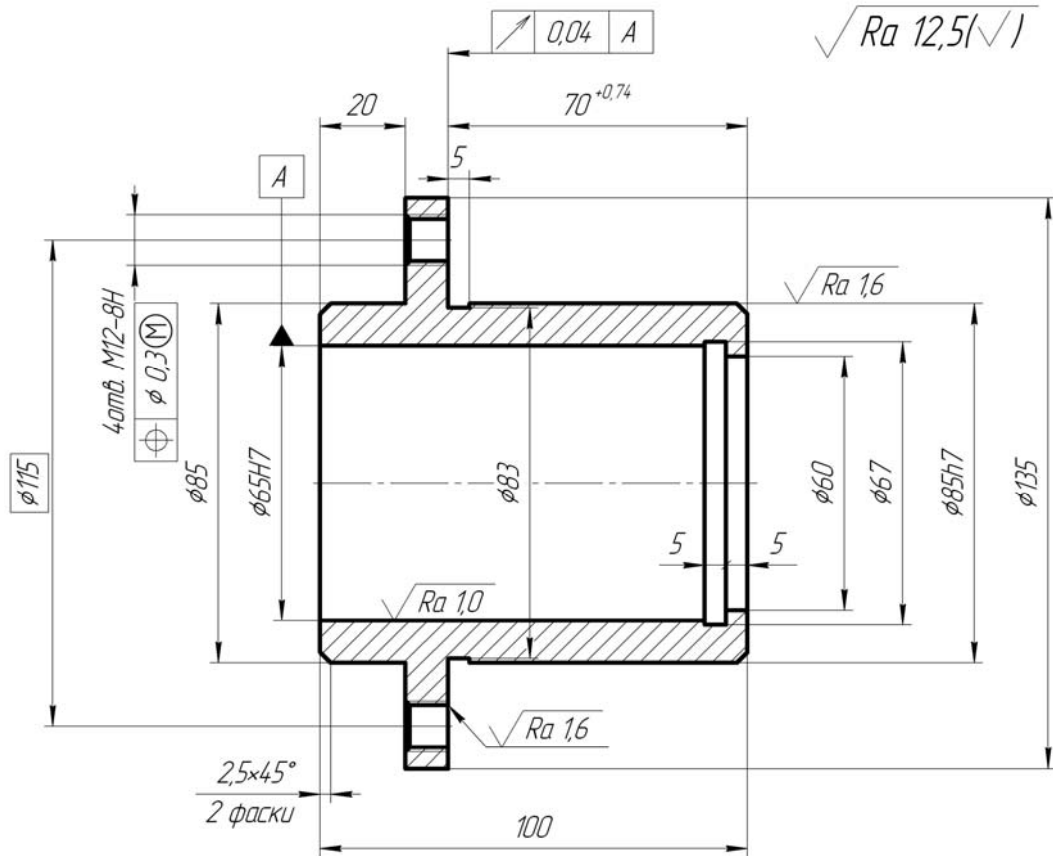
Рисунок 6.3 – Пример заполнения операционной карты

6.2 Пример выполнения практической работы

- 1 Цель практической работы.
- 2 Исходные данные. Чертеж стакана (рисунок 6.4).
- 3 Разрабатываем технологический процесс (таблица 6.5).
- 4 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Из каких карт состоит комплект документов на техпроцесс обработки деталей машин?
- 2 Какую информацию содержит в себе маршрутная карта?
- 3 Какую информацию вносят в операционную карту?



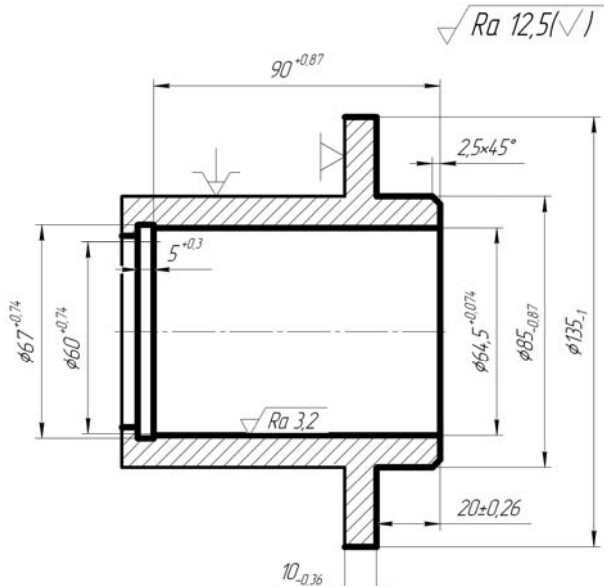
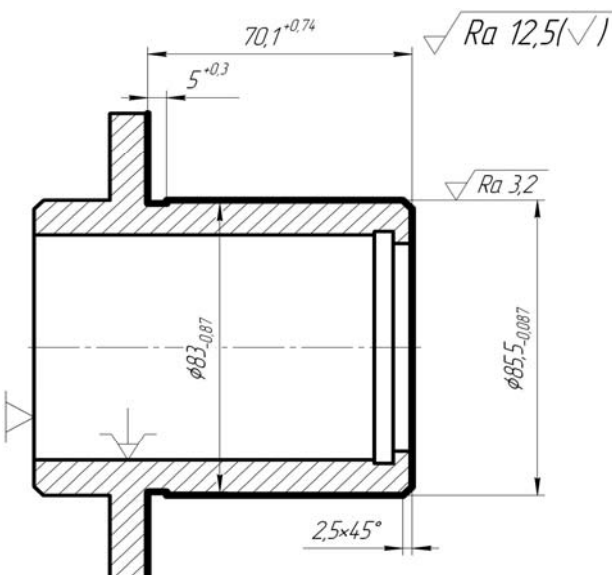
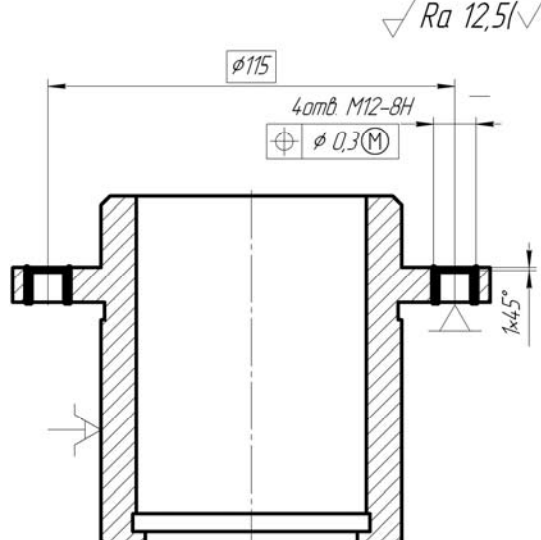
1. 177...229 НВ
2. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-02: h14, H14, ±IT14/2
3. Остальные требования по СТБ 1014-95

Рисунок 6.4 – Стакан (материал – сталь 45)

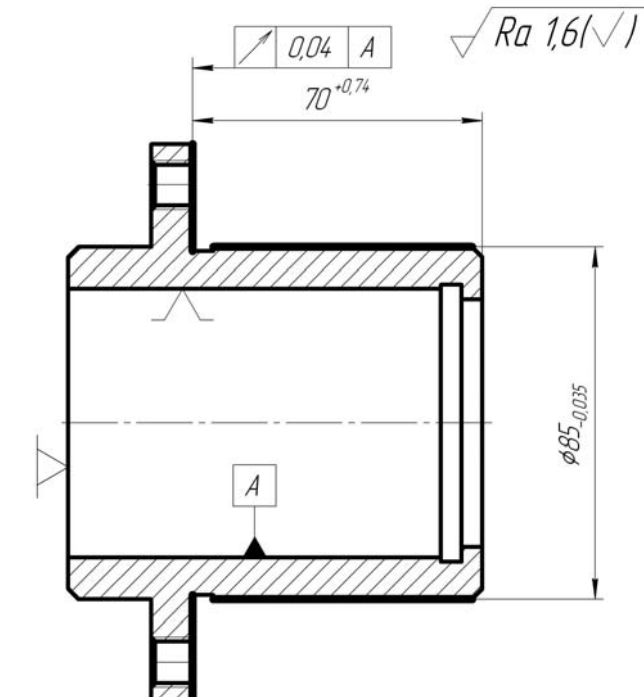
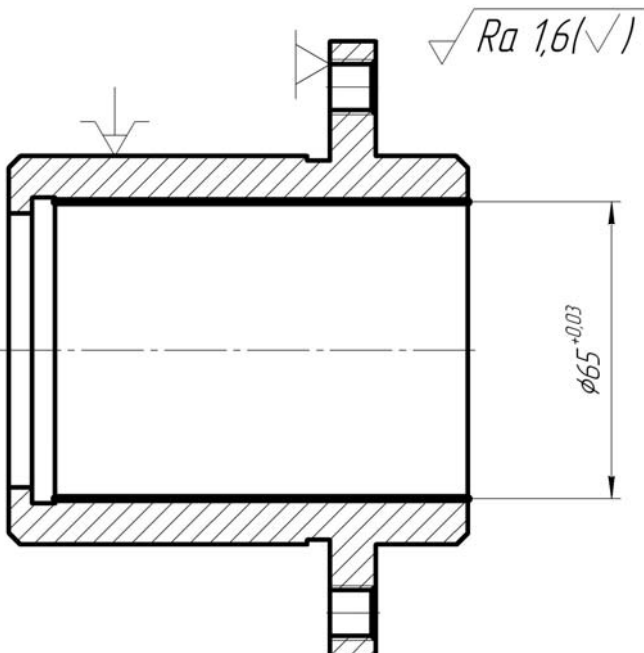
Таблица 6.5 – Технологический маршрут изготовления стакана

Номер, наименование операции	Эскиз обработки	Оборудование
1	2	3
005 Заготовительная Штамповка		Кривошипный горячештамповочный пресс

Продолжение таблицы 6.5

1	2	3
<p>010 Токарная с ЧПУ</p> <p>1 Точить фланец и торцы. 2 Расточить отверстия. 3 Расточить канавку</p>	 <p>Technical drawing of a stepped shaft (part 010) showing dimensions and surface finish requirements. The drawing includes a cross-section with a central bore. Key dimensions include: total length 90^{+0.07}, a chamfered end with 2.5x45°, a diameter of 67^{+0.74} at the top, an inner diameter of 60^{+0.74}, a diameter of 64.5^{+0.074} for the main body, and an outer diameter of 85^{+0.087}. A groove is shown with a width of 5^{+0.3} and a depth of 10_{-0.36}. The bottom diameter is 85_{-0.087} and the bottom length is 20_{+0.26}. Surface finish requirements are Ra 12.5 for the chamfered end and Ra 3.2 for the main body.</p>	<p>Токарный с ЧПУ мод. 16Б16Т1</p>
<p>015 Токарная с ЧПУ</p> <p>1 Точить торцы и наружную поверхность. 2 Точить канавку. 3 Точить фаску</p>	 <p>Technical drawing of a stepped shaft (part 015) showing dimensions and surface finish requirements. The drawing includes a cross-section with a central bore. Key dimensions include: total length 70.1^{+0.74}, a chamfered end with 2.5x45°, a diameter of 87_{-0.087} for the main body, and an outer diameter of 85.5_{-0.087}. A groove is shown with a width of 5^{+0.3}. Surface finish requirements are Ra 12.5 for the chamfered end and Ra 3.2 for the main body.</p>	<p>Токарный с ЧПУ мод. 16Б16Т1</p>
<p>020 Вертикально-сверлильная с ЧПУ</p> <p>1 Центровать четыре отверстия. 2 Сверлить четыре отверстия. 3 Зенковать четыре отверстия. 4 Нарезать резьбу в четырех отверстиях</p>	 <p>Technical drawing of a vertically drilled part (part 020) showing dimensions and surface finish requirements. The drawing includes a cross-section with a central bore. Key dimensions include: outer diameter 115, a chamfered end with 1x45°, and a hole with a diameter of 40mm M12-8H and a tolerance of 0.3(M). Surface finish requirements are Ra 12.5 for the chamfered end.</p>	<p>Вертикально-сверлильный с ЧПУ мод. 2Р118Ф2</p>

Окончание таблицы 6.5

1	2	3
<p>025 Торцевкруглошлифовальная</p> <p>1 Шлифовать наружную поверхность и торец</p>		<p>Торцевкруглошлифовальный мод. 3Т160</p>
<p>030 Внутришлифовальная</p> <p>1 Шлифовать отверстие</p>		<p>Внутришлифовальный мод. 3К227В</p>

Список литературы

1 Технология машиностроения. Практикум: учебное пособие / А. А. Жолобов [и др.]; под ред. А. А. Жолобова. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 335 с.: ил.

2 **Жолобов, А. А.** Практикум по технологии машиностроения: учебное пособие / А. А. Жолобов, И. Д. Камчицкая, А. М. Федоренко; под ред. А. А. Жолобова. – Минск : РИВШ, 2020. – 316 с.

3 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 941 с.