

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова»  
Многопрофильный колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА**

МДК 01.01. Технологические процессы изготовления деталей машин

**15.02.16 Технология машиностроения**

Магнитогорск, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 ВВЕДЕНИЕ.....</b>                                                                                                                                                                                      | <b>4</b>  |
| <b>2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....</b>                                                                                                                                                                         | <b>6</b>  |
| <i>Практическое занятие №1 .....</i>                                                                                                                                                                        | <i>6</i>  |
| <i>Анализ конструкции детали на технологичность.....</i>                                                                                                                                                    | <i>6</i>  |
| <i>Практическое занятие №2 .....</i>                                                                                                                                                                        | <i>10</i> |
| <i>Виды поверхностей. Размерные цепи. Технологический анализ чертежа детали.....</i>                                                                                                                        | <i>10</i> |
| <i>Практическое занятие №3 .....</i>                                                                                                                                                                        | <i>17</i> |
| <i>Выбор заготовок и расчет припусков для различных изделий (согласно заданию).....</i>                                                                                                                     | <i>17</i> |
| <i>Практическое занятие №4 .....</i>                                                                                                                                                                        | <i>25</i> |
| <i>Оценка материалоемкости и других факторах себестоимости производства изделий по данным о<br/>выбранных видах заготовок .....</i>                                                                         | <i>25</i> |
| <i>Практическое занятие №5 .....</i>                                                                                                                                                                        | <i>32</i> |
| <i>Выбор режимов резания согласно каталогам. Использование программ-калькуляторов для выбора<br/>режимов резания (различные производители) .....</i>                                                        | <i>32</i> |
| <i>Практическое занятие №6 .....</i>                                                                                                                                                                        | <i>34</i> |
| <i>Технологическая документация. МК.....</i>                                                                                                                                                                | <i>34</i> |
| <i>Практическое занятие №7 .....</i>                                                                                                                                                                        | <i>43</i> |
| <i>Технологическая документация. ОК.....</i>                                                                                                                                                                | <i>43</i> |
| <i>Практическое занятие №8 .....</i>                                                                                                                                                                        | <i>50</i> |
| <i>Технологическая документация. КЭ .....</i>                                                                                                                                                               | <i>50</i> |
| <i>Лабораторное занятие №1 .....</i>                                                                                                                                                                        | <i>52</i> |
| <i>Описание детали. Назначение детали. Составление спецификации деталей, входящих в состав<br/>механизм .....</i>                                                                                           | <i>52</i> |
| <i>Лабораторное занятие № 2.....</i>                                                                                                                                                                        | <i>56</i> |
| <i>Анализ конструктивно-технологических свойств детали, исходя из ее служебного назначения;<br/>использовать конструкторскую документацию при отработке конструкции детали на<br/>технологичность .....</i> | <i>56</i> |
| <i>Лабораторное занятие №3 .....</i>                                                                                                                                                                        | <i>59</i> |
| <i>Проектирование заготовки из проката.....</i>                                                                                                                                                             | <i>59</i> |
| <i>Лабораторное занятие №4 .....</i>                                                                                                                                                                        | <i>63</i> |
| <i>Проектирование отливки .....</i>                                                                                                                                                                         | <i>63</i> |
| <i>Лабораторное занятие №5 .....</i>                                                                                                                                                                        | <i>69</i> |
| <i>Проектирование штамповки.....</i>                                                                                                                                                                        | <i>69</i> |
| <i>Лабораторное занятие № 6.....</i>                                                                                                                                                                        | <i>70</i> |
| <i>Проверка правильности величины назначения припусков и размеров заготовок.....</i>                                                                                                                        | <i>70</i> |
| <i>Лабораторное занятие № 7.....</i>                                                                                                                                                                        | <i>72</i> |
| <i>Проведение технико – экономического обоснования выбора метода получения заготовки.....</i>                                                                                                               | <i>72</i> |

|                                                                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Лабораторное занятие № 8.....</i>                                                                                                                   | <i>74</i> |
| <i>Расчет припусков статистическим способом.....</i>                                                                                                   | <i>74</i> |
| <i>Лабораторное занятие №9 .....</i>                                                                                                                   | <i>76</i> |
| <i>Выбор технологического оборудования приспособлений, режущего и измерительного инструмента .....</i>                                                 | <i>76</i> |
| <i>Лабораторное занятие №10.....</i>                                                                                                                   | <i>80</i> |
| <i>Назначение режимов резания .....</i>                                                                                                                | <i>80</i> |
| <i>Лабораторное занятие №11.....</i>                                                                                                                   | <i>86</i> |
| <i>Разработка конструкции приспособления для обработки заготовки, по заданным условиям используя конструкторскую документацию .....</i>                | <i>86</i> |
| <i>Лабораторное занятие №12.....</i>                                                                                                                   | <i>95</i> |
| <i>Проектирование технологической операции. Разработка операционного эскиза технологической операции, используя конструкторскую документацию .....</i> | <i>95</i> |
| <i>Лабораторное занятие №13.....</i>                                                                                                                   | <i>99</i> |
| <i>Выбор технологического оборудования и технологической оснастки: приспособлений, режущего, измерительного и вспомогательного инструмента .....</i>   | <i>99</i> |

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений, необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой профессионального модуля ПМ.01 Разработка технологических процессов изготовления деталей машин предусмотрено проведение практических занятий и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

**уметь:**

- У 1.1.1 читать чертежи и требования к деталям служебного назначения;
- У 1.1.2 анализировать технологичность изделий;
- У 1.1.3 оформлять техническое задание на конструирование нестандартных приспособлений, режущего и измерительного инструмента;
- У 1.2.1 определять виды и способы получения заготовок;
- У 1.2.2 оформлять чертежи заготовок для изготовления деталей;
- У 1.2.3 определять тип производства;
- У 1.3.1 проектировать технологические операции;
- У 1.3.2 составлять последовательность выполнения технологического процесса обработки деталей
- У 1.3.3 выбирать методы обработки поверхностей;
- У 1.4.1 анализировать исходные данные на основе чертежей технологических карт;
- У 1.4.2 анализировать и выбирать схемы базирования;
- У 1.4.3 анализировать и выбирать схемы закрепления заготовки;
- У 1.4.4 выбирать технологическое оборудование и технологическую оснастку: приспособления, режущий, мерительный и вспомогательный инструмент;
- У 1.5.1 выполнять расчеты межпереходных и межоперационных размеров, припусков и допусков;
- ПК 1.5.2 определять способы формообразования при обработке деталей резанием и с применением аддитивных методов;
- ПК 1.5.3 выполнять расчеты режимов резания и норм времени на операции металлорежущей обработки;
- У 1.6.1 оформлять технологическую документацию;
- У 1.6.2 составлять технологические маршруты операций изготовления деталей;
- У 1.6.3 использовать пакеты прикладных программ (CAD/CAM системы) для разработки конструкторской документации и проектирования технологических процессов механической обработки и аддитивного изготовления деталей;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

| Код | Наименование вида деятельности и профессиональных компетенций |
|-----|---------------------------------------------------------------|
|-----|---------------------------------------------------------------|

|        |                                                                                                                                                     |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ВД 1   | Разработка технологических процессов изготовления деталей машин                                                                                     |
| ПК 1.1 | Использовать конструкторскую и технологическую документацию при разработке технологических процессов изготовления деталей машин                     |
| ПК 1.2 | Выбирать метод получения заготовок с учетом условий производства                                                                                    |
| ПК 1.3 | Выбирать методы механической обработки и последовательность технологического процесса обработки деталей машин в машиностроительном производстве     |
| ПК 1.4 | Выбирать схемы базирования заготовок, оборудование, инструмент и оснастку для изготовления деталей машин                                            |
| ПК 1.5 | Выполнять расчеты параметров механической обработки изготовления деталей машин, в том числе с применением систем автоматизированного проектирования |
| ПК 1.6 | Разрабатывать технологическую документацию по изготовлению деталей машин, в том числе с применением систем автоматизированного проектирования       |

А также формированию *общих компетенций*:

| Код   | Наименование общих компетенций                                                                                                                              |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОК 01 | Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.                                                         |
| ОК 02 | Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности |

Выполнение обучающихся практических работ по учебному модулю ПМ.01 Разработка технологических процессов изготовления деталей машин МДК 01.01. Технологические процессы изготовления деталей машин направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проекторочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические и лабораторные занятия проводятся после соответствующей темы после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 1.1 Общие вопросы технологии машиностроения

#### Практическое занятие №1

##### Анализ конструкции детали на технологичность

**Цель работы:** выполнить качественную и количественную оценку конструкции детали на технологичность, внести рекомендации по повышению технологичности детали.

Основные понятия:

**Технологичность** – это одна из комплексных характеристик технического устройства, которая выражает удобство его производства, ремонтпригодность и эксплуатационные качества.

**Технологичность конструкции** – это совокупность свойств конструкции детали (изделия), определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ. [ГОСТ 14.205-83]

Оценка технологичности конструкции осуществляется на уровне изделий, сборочных единиц и деталей. Цель обеспечения технологичности конструкции детали – повышение производительности труда и качества изделий при максимальном снижении затрат времени и средств на разработку, технологическую подготовку производства, изготовление, эксплуатацию и ремонт.

Чтобы избежать незамеченных недостатков в конструкции, качественный анализ технологичности целесообразно проводить в определенной последовательности:

1. Установить возможность применения высокопроизводительных методов обработки.
2. Определить целесообразность назначения протяженности и размеров обрабатываемых поверхностей, труднодоступные для обработки места.
3. Определить технологическую увязку размеров, оговоренных допусками, шероховатость поверхностей, необходимость дополнительных технологических операций для получения высокой точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей.
4. Определить возможность обработки детали в имеющихся производственных условиях.
5. Определить поверхности, которые могут быть использованы при базировании.
6. Проанализировать возможность выбора рационального метода получения заготовки.

С целью упрощения анализа технологичности возможны рекомендации для типовых классификационных групп деталей.

Для корпусных деталей следует определить:

1. Допускает ли конструкция обработку плоскостей на проход и что мешает данному виду обработки? Возможно ли обрабатывать отверстия одновременно на многошпиндельных станках с учетом расстояний между центрами отверстий.
2. Позволяет ли форма отверстий растачивать их на проход с одной стороны или с двух сторон?
3. Имеется ли возможность свободного доступа инструмента к обрабатываемым

поверхностям?

4. Имеются ли глухие отверстия?
5. Имеются ли наклонные обрабатываемые поверхности?
6. Для всех ли отверстий плоскость входа и выхода перпендикулярна оси отверстия?
7. Имеются ли в конструкции детали достаточные по размерам базовые поверхности?

Для валов следует определить:

1. Возможно ли обрабатывать поверхности проходными резцами?
2. Имеются ли буртики большого диаметра (по сравнению с остальными диаметрами)? Как это повлияет на коэффициент использования материала?
3. Имеются ли закрытые шпоночные пазы?
4. Каково соотношение длин ступеней вала, эффективна ли их многорезцовая параллельная обработка?
5. Допускает ли жесткость вала получение высокой точности (жесткость вала недостаточна, если для получения 8-9 квалитета точности соотношение его длины к диаметру  $l:d > 10-12$ ; при более низкой точности, это соотношение может быть равно 15; при многорезцовой обработке это соотношение = 10)?

Для зубчатых колес следует определить:

1. Возможность высокопроизводительного формообразования зубчатого венца с применением пластического деформирования в горячем и холодном состоянии.
2. Простоту формы центрального отверстия.
3. Простоту конфигурации наружного контура зубчатого венца (более технологичны плоские, без ступицы).
4. Одно или двухстороннее расположение ступицы (это определяет возможность нарезания зубьев одновременно у нескольких деталей).
5. Симметричность расположения переключки между ступицей и венцом (нарушение этого требования вызывает значительные односторонние искажения при термической обработке).
6. Правильность форм и размеров канавок для выхода инструментов.
7. Возможность многорезцовой обработки в зависимости от соотношения диаметров венцов и расстояний между ними.

Технологичность конструкций изделия оценивают количественно с помощью системы показателей, которая включает в себя:

1. Базовые (исходные) значения показателей технологичности, являющиеся предельными нормативами технологичности, обязательными для выполнения при разработке изделия;
2. Значения показателей технологичности, достигнутые при разработке изделия;
3. Показатели уровня технологичности конструкции разрабатываемого изделия.

Для количественной оценки технологичности конструкции проводится расчет коэффициентов технологичности: Кт.о., Кш., Ку.э., Ки.м., которые сравниваются со средними нормативными значениями этих коэффициентов.

В результате такого сравнения определяется, что в конструкции детали существенно будет влиять на трудоемкость изготовления (высокие требования по точности); потребует использования стандартного или специального инструмента?

Анализ технологичности производства по коэффициентам.

$$1. \text{ Коэффициент точности } K_{т.о.} = 1 - \frac{1}{A_{ср.}}$$

$A_{ср.}$  - средний квалитет точности.

$$A_{ср} = \frac{\sum A_{ni}}{\sum n_i} = \frac{9 * 2 + 14 * 22}{2 + 22} = \frac{18 + 308}{24} = \frac{326}{24} = 13,6$$

Где  $n_i$  – число размеров чертежа соответствующих квалитетов точности.

$$K_{т.о} = 1 - \frac{1}{13,6} = 0,92 \geq 0,5 \Rightarrow \text{технологична.}$$

Если коэффициент точности больше чем 0.5, то деталь считается технологичной.

$$2. \text{ Коэффициент шероховатости } K_{ш} = \frac{1}{B_{ср}}$$

$B_{ср}$  - средний класс шероховатости.

$$B_{ср} = \frac{\sum B_{ni}}{\sum n_i} = \frac{6 * 26 + 5 * 45}{26 + 45} = \frac{156 + 225}{71} = \frac{381}{71} = 5,36$$

$n_i$  – число поверхностей соответствующих классов шероховатости.

$$K_{ш} = \frac{1}{5,36} = 0,18 \geq 0,16 \Rightarrow \text{технологична.}$$

Если коэффициент шероховатости больше чем 0.16, то деталь считается технологичной.

$$3. \text{ Коэффициент унификации } K_{у.э.} = \frac{Q_{у.э.}}{Q_3}$$

Где  $Q_{у.э.}$  – число унифицированных конструктивных элементов (резьба, фаски, отверстия, радиусы и т.д.)

$Q_3$  - общее число конструктивных элементов.

$$Q_{у.э.} = \frac{8 + 14 + 4 + 13 + 4}{25 + 12 + 7 + 23 + 4} = \frac{40}{64} = 0,62$$

$0,62 \geq 0,6 \Rightarrow \text{технологична}$

Если коэффициент унификации больше чем 0.6, то деталь считается технологичной.

4. Коэффициент использования материала

$$K_{и.м.} = \frac{M_d}{M_3} = \frac{0,72}{1,01} = 0,712$$

$M_d$  – масса детали.

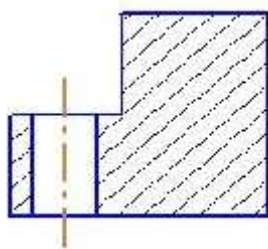
$M_3$  – масса заготовки.

$0.712 \geq 0.7$  – технологична

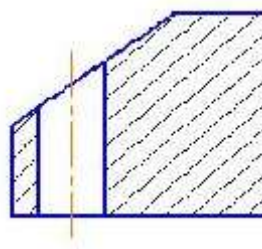
Если коэффициент использования материала больше 0.7, то деталь считается технологичной.

Кроме коэффициентов при анализе детали на технологичность рассматривают и другие технологические требования:

1. Деталь должна быть жесткой и прочной, стенки и перегородки должны быть достаточных размеров, чтобы при закреплении заготовки и в процессе обработки не возникали деформации а следовательно и погрешность обработки.
2. Базовые поверхности детали должны иметь достаточную протяженность позволяющую осуществить полную механическую обработку от одной неизменной базы.
3. Обрабатываемые поверхности должны быть открыты и доступны для подхода режущего инструмента при врезании и отхода при выходе.
4. Внешняя форма детали должна давать возможность одновременно обрабатывать несколько наружных поверхностей путем много инструментальной обработки.
5. Отверстия корпусных деталей по возможности должны иметь простую геометрическую форму без кольцевых канавок и фасок.
6. Возможность сквозной обработки при помощи расточных инструментов.
7. Отверстия, оси которых расположены под углом относительно стенки обрабатываемой детали, нежелательны. При сверлении подобных отверстий создаются неудобства резания, так как режущие кромки начинают резать не одновременно.



Технологично



Не технологично

8. В стенках и перегородках не желательны различные окна, прерывающие отверстия и т.д.
9. Крепежные отверстия деталей должны быть стандартными.

Вывод: В ходе выполнения работы я научился рассчитывать коэффициенты технологичности изделия (детали).

#### Исходные данные (задание):

1. Чертеж детали на бумажном (электронном) носителе
2. Выполнить качественную и количественную оценку на технологичность конструкции детали, изображенной на чертеже.
3. Сформулировать и записать рекомендации по повышению технологичности детали.

#### Порядок выполнения:

1. Выполнить чертеж детали.
2. Рассчитать коэффициенты: точности, шероховатости, унификации и Ким.

3. Дать качественную оценку технологичности конструкции детали.
4. Сделать общий вывод о конструкции детали.
5. Выработать рекомендации по повышению технологичности детали.

**Перечень оборудования: (ТСО, наглядные пособия)**

ПК преподавателя, проектор, интерактивная доска, ПК студенческие.

Комплект наглядных пособий: комплект чертежей деталей в бумажном и электронном виде.

**Вопросы для повторения:**

1. Технологичность – определение.
2. Нормативные значения коэффициентов технологичности.

## Практическое занятие №2

### Виды поверхностей. Размерные цепи. Технологический анализ чертежа детали

**Цель работы:** отработка навыков выявления составляющих звеньев с составлением схемы размерной цепи и освоение методов расчета.

**Задачи:** познакомиться с основными понятиями теории размерных цепей, по заданному исходному (замыкающему) звену сборочной размерной цепи выявить составляющие звенья и составить схему размерной цепи; используя метод расчета на «max-min» и теоретико-вероятностный метод, назначить допуски и предельные отклонения на составляющие звенья.

**Основные положения.**

**Размерная цепь** – совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи и образующих замкнутый контур [46]. Размерная цепь обозначается прописными буквами русского алфавита (А, Б, В, ...) или строчной буквой греческого алфавита ( $\beta$ ,  $\mu$ , ...), кроме букв  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\zeta$ ,  $\lambda$ ,  $\omega$ .

**Звено размерной цепи** – один из размеров, образующих размерную цепь [46]. Звено обозначается прописной буквой русского алфавита или буквой греческого алфавита ( $\beta$ ,  $\mu$ , ...), кроме букв  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\zeta$ ,  $\lambda$ ,  $\omega$  с индексом. На схеме звено для линейных размеров условно обозначается – двухсторонней стрелкой (рисунок 8.1).



Рисунок 8.1 – Условное обозначение звена

**Замыкающее звено** – звено размерной цепи, являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате ее решения [46]. Обозначается прописными буквами русского алфавита (А, Б, В, ...) или строчной буквой греческого алфавита ( $\beta$ ,  $\mu$ , ...), кроме букв  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\zeta$ ,  $\lambda$ ,  $\omega$  с индексом 0 или  $\Delta$ .

**Составляющее звено** – звено размерной цепи, функционально связанное с замыкающим звеном [46]. Обозначается прописными буквами русского алфавита (А, Б, В, ...) или строчной буквой греческого алфавита ( $\beta$ ,  $\mu$ , ...), кроме букв  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\xi$ ,  $\lambda$ ,  $\omega$  с индексом, соответствующим порядковому номеру составляющего звена.

**Увеличивающее звено** – составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается, при неизменных остальных звеньях [46]. Обозначается как составляющее звено с указанием над обозначением стрелки

вправо, например,  $A_1$ ,  $B_2$ ,  $\beta_4$ .

**Уменьшающее звено** – составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается, при неизменных остальных звеньях [46]. Обозначается как составляющее звено с указанием над обозначением стрелки

влево, например,  $A_1$ ,  $B_2$ ,  $\beta_4$ .

В зависимости от решаемых задач размерные цепи разделяют на конструкторские, технологические и измерительные размерные цепи.

**Конструкторская размерная цепь** – размерная цепь, определяющая расстояние или относительный поворот между поверхностями или осями поверхностей деталей в изделии [46]. Примеры конструкторских цепей приведены на рисунок 8.2.

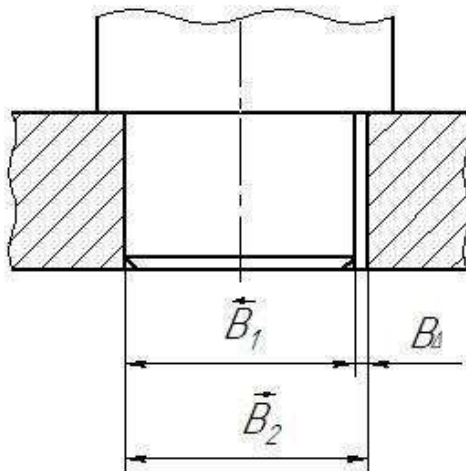


Рисунок 8.2 – Пример конструкторской размерной цепи

**Технологическая размерная цепь** – размерная цепь, обеспечивающая требуемое расстояние или относительный поворот между поверхностями изготавливаемого изделия при выполнении операции или ряда операций сборки, обработки, при настройке станка, при расчете межпереходных размеров [46]. Пример технологической размерной цепи представлен на рисунке 8.3.

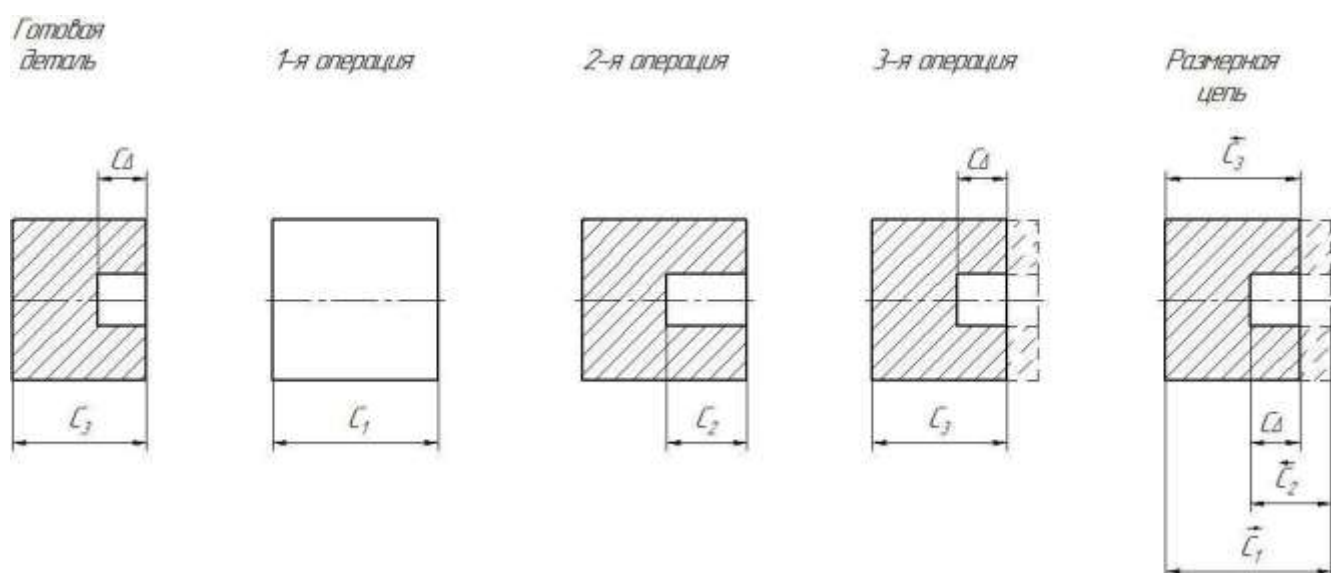


Рисунок 8.3 – Пример технологической размерной цепи

**Измерительная размерная цепь** – размерная цепь, возникающая при определении расстояния или относительного поворота между поверхностями, их осями или образующими поверхности изготавливаемого или изготовленного изделия [46]. С помощью измерительных размерных цепей решают задачу обеспечения точности при измерениях.

#### Методы решения размерных цепей.

**Метод полной взаимозаменяемости** – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается во всех случаях ее реализации путем включения составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений [46].

При достижении точности замыкающего звена методом полной взаимозаменяемости детали при сборке соединяются без пригонки. При любом сочетании размеров деталей, изготовленных в пределах расчетных допусков, значения замыкающего звена не выходят за установленные пределы. Расчет размерной цепи производится методом максимума-минимума.

Этот метод расчета обычно используется в индивидуальном и мелкосерийном производствах; при малой величине допуска на исходное звено и небольшом числе составляющих звеньев; при большом допуске на исходное звено.

**Достоинства метода:** простота и экономичность сборки; упрощенная организация сборочных процессов; возможность широкой кооперации заводов; упрощение системы обеспечения запасными частями и т.п.

**Недостатки метода:** более высокая стоимость изготовления изделия, так как допуски составляющих звеньев получаются меньше, чем при других методах.

**Метод неполной взаимозаменяемости** – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается с некоторым риском путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений [46].

Детали при сборке соединяются, как правило, без пригонки, регулировки, подбора, но при этом у небольшого количества изделий значение замыкающего звена выходит за установленные пределы. Расчет размерных цепей производится вероятностным методом.

Метод используется в серийном и массовом производствах; при малой величине исходного звена и относительно большом числе составляющих звеньев [45].

*Преимущества* метода те же, что и у метода полной взаимозаменяемости. Стоимость изготовления существенно ниже за счет расширения интервалов допусков составляющих звеньев (по сравнению с полной взаимозаменяемостью).

*Недостатком* метода является необходимость использовать высококвалифицированных рабочих для подгонки некоторых деталей тех изделий, у которых замыкающее звено выходит за установленные пределы.

**Метод групповой взаимозаменяемости** – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается путем включения в размерную цепь составляющих звеньев, принадлежащих к соответственным группам, на которые они предварительно рассортированы [46].

Детали, заранее рассортированные на группы, при сборке соединяются без пригонки. При этом обеспечивается требуемое значение замыкающего звена.

Метод применяется в массовом и крупносерийном производстве для малозвенных размерных цепей [45].

*Достоинством* метода является возможность достижения высокой точности замыкающего звена при экономически целесообразных интервалах допусков составляющих звеньев.

*Недостатками* метода являются: наличие незавершенного производства; дополнительные затраты на предварительную сортировку деталей на группы; усложнение процесса организации сборки; усложнение обеспечения запасными частями.

Расчет размерной цепи обычно ведется методом максимума-минимума.

**Метод пригонки** – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением значения компенсирующего звена путем удаления с компенсатора определенного слоя материала [46].

Величина слоя, подлежащего съему, определяется после предварительной сборки и измерений. Расчет размерной цепи ведется методом максимума-минимума или вероятностным методом.

Этот метод находит применение в индивидуальном производстве [45].

К *преимуществу* метода можно отнести то, что на все составляющие звенья можно назначить экономически целесообразные допуски.

*Недостатками* метода являются: значительное увеличение стоимости сборки и снижение производительности труда на сборке; усложнение обеспечения запасными частями.

**Метод регулирования** – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением значения компенсирующего звена без удаления материала с компенсатора [46].

Он находит широкое применение во всех типах производства, когда требуется высокая точность замыкающего звена [45].

К преимуществам метода можно отнести: возможность регулирования размера замыкающего звена с целью обеспечения требуемой точности; возможность компенсации износа в процессе эксплуатации; возможность назначения на составляющие звенья экономически целесообразные допуски.

К недостаткам метода можно отнести: усложнение конструкции сборочной единицы; усложнение сборки.

Размерные цепи позволяют решать две задачи:

- *прямая задача* – задача, при которой заданы параметры замыкающего звена (номинальное значение, допустимые отклонения и т.д.) и требуется определить параметры составляющих звеньев (координаты середин интервалов допусков

$\Delta_0 A_i$ , предельные отклонения ( $EsA_i, EiA_i$ ));

- *обратная задача (проверочная)* – задача, в которой известны параметры составляющих звеньев (допуски, поля рассеяния, координаты их середин и т.д.) и требуется определить параметры замыкающего звена.

### **Принципы построения размерных цепей.**

Составление расчетных схем начинается с анализа чертежа сборочной единицы и выявления исходного (замыкающего) звена. В сборочной размерной цепи замыкающий размер получается в результате сборки, т. е. последним при окончании сборки, и изменение его величины зависит от колебаний составляющих размеров, входящих в размерную цепь. В большинстве случаев, замыкающими размерами сборочных размерных цепей являются зазоры или размеры, определяющие ориентацию (перпендикулярность, параллельность, наклон), а также месторасположение (позиционирование, соосность, симметричность) и биение, т. е. параметры, обеспечивающие собираемость изделия, и функциональные параметры, обеспечивающие надежную работу данного изделия при его эксплуатации.

При изготовлении детали замыкающим звеном размерной цепи является размер, точность которого должна быть обеспечена технологическим процессом.

При измерении замыкающим звеном является измеренный размер.

В замыкающем звене заключен смысл решаемой задачи, а значит, каждая размерная цепь предназначена для решения одной задачи и может иметь одно замыкающее звено.

Допуск замыкающего звена устанавливается:

- в конструкторских размерных цепях, исходя из служебного назначения изделия или его механизма;

— в технологических размерных цепях в соответствии с допуском на расстоянии или относительный поворот поверхностей детали (их осей) или деталей изделия, которые необходимо получить в результате осуществления технологического процесса изготовления детали или сборки изделия;

— в измерительных размерных цепях, исходя из требуемой точности измерения.

В практической работе исходное звено не определяется, оно задано преподавателем, исходя из номера варианта студента.

На следующем этапе по заданному сборочному чертежу с известным замыкающим звеном определяют детали и размер этих деталей, влияющий на замыкающее звено, т. е. выявляют составляющие звенья размерной цепи. При этом следует руководствоваться правилами и условиями выявления звеньев сборочной размерной цепи:

- составляющее звено (размер) должно соединять поверхности, оси, точки двух разных деталей и являться одновременно размером одной детали;
- каждая деталь должна входить в размерную цепь только одним размером;
- размерная цепь должна иметь минимально возможное количество составляющих звеньев;
- в размерной цепи замыкающее звено может быть только одно;
- должно соблюдаться условие замкнутости размерной цепи, которое вытекает из ее определения.

Построение размерной цепи необходимо начинать от левой или правой стороны исходного звена. Затем последовательно обходя по ходу или против часовой стрелки, находят сопряженный, т. е. примыкающий с одной стороны к замыкающему звену размер детали, непосредственно влияющий на точность исходного звена. Потом находят размер другой детали, сопряженный с размером первой детали и влияющий на точность исходного звена, и заканчивают на противоположной (правой или левой) стороне исходного звена.

После выявления составляющих звеньев составляют расчетную схему размерной цепи, которая может быть нанесена непосредственно на сборочном чертеже либо вынесена отдельно без соблюдения масштаба (рисунок 8.4).

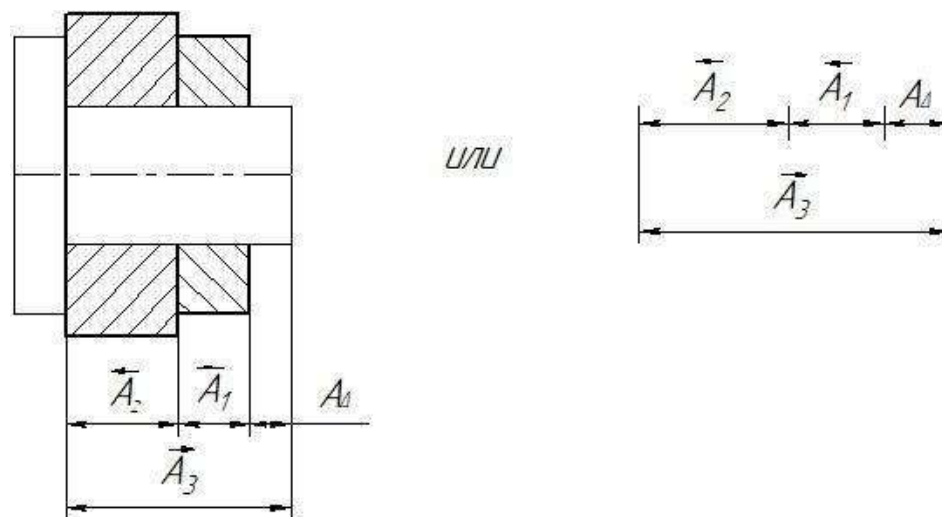


Рисунок 8.4 – Изображение размерной цепи

На следующем этапе определяют увеличивающие и уменьшающие звенья.

### Задание

Составить размерную цепь и провести расчет допусков составляющих звеньев: методом максимума-минимума и теоретико-вероятностным методом (вероятность  $P = 0,05 \%$ , нормальный закон распределения рассеяния размеров составляющих звеньев).

Для определения номинальных размеров составляющих звеньев нужно:

- по номеру подшипника определить его ширину  $B$  (приложение 9);
- измерить ширину  $B_{\text{черт}}$  подшипника на рисунке и определить коэффициент масштабирования по формуле  $\mu = \frac{B}{B_{\text{черт}}}$

измерить размеры составляющих звеньев. Полученные значения умножить на масштабный коэффициент  $\mu$ ;

- установить увеличивающие и уменьшающие звенья;
- составить уравнение размерной цепи. Если равенство не выполняется, то изменить номинальный размер у одного составляющего звена, таким образом, чтобы получить верное равенство.

Варианты заданий:

| Предпоследняя цифра<br>номера варианта | Номер<br>рисунка | Номер<br>подшипника | Последняя циф-ра<br>номера вари-анта | Номинальный размер и<br>предельные откло-нения<br>замыкающего<br>звена $A_{\Delta}$ , мм |
|----------------------------------------|------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0                                      | 8.5              | 210                 | 0                                    | $1^{+0,2}$                                                                               |
| 1                                      | 8.6              | 215                 | 1                                    | $1^{+0,3}_{+0,1}$                                                                        |
| 2                                      | 8.7              | 218                 | 2                                    | $1^{+0,4}_{-0,1}$                                                                        |
| 3                                      | 8.8              | 307                 | 3                                    | $2^{+0,4}_{+0,2}$                                                                        |
| 4                                      | 8.9              | 309                 | 4                                    | $2^{-0,2}_{-0,4}$                                                                        |
| 5                                      | 8.10             | 314                 | 5                                    | $2^{-0,2}$                                                                               |
| 6                                      | 8.11             | 406                 | 6                                    | $3^{+0,4}_{+0,2}$                                                                        |
| 7                                      | 8.12             | 409                 | 7                                    | $3^{+0,3}_{+0,1}$                                                                        |
| 8                                      | 8.13             | 412                 | 8                                    | $3^{-0,1}_{-0,3}$                                                                        |
| 9                                      | 8.14             | 305                 | 9                                    | $3^{+0,3}$                                                                               |

## Тема 1.2 Виды заготовок

### Практическое занятие №3

#### Выбор заготовок и расчет припусков для различных изделий (согласно заданию)

**Цель работы:** освоение методики расчёта операционных припусков, операционных размеров, а также закрепление знаний по методике назначения операционных допусков.

#### Краткие теоретические сведения

**Припуск** — слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали. Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен по справочным таблицам или на основе расчетно-аналитического метода.

**Расчетной величиной припуска** является минимальный припуск на обработку, достаточный для устранения на выполняемом переходе погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующем переходе, и для компенсации погрешностей, возникающих на выполняемом переходе.

#### Минимальный припуск:

а) при обработке наружных и внутренних поверхностей (двусторонний припуск)

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

б) при обработке поверхностей вращения в центрах

$$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1});$$

в) при последовательной обработке противоположащих поверхностей (односторонний припуск)

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

г) при параллельной обработке противоположащих поверхностей (двусторонний припуск)

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

где  $Rz_{i-1}$  – высота неровностей профиля по десяти точкам на предшествующем переходе;

$h_{i-1}$  – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе;

$\Delta_{\Sigma i-1}$  – суммарное отклонение расположения поверхности (отклонение от параллельности, перпендикулярности, соосности) на предшествующем переходе;

$\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Отклонение расположения  $\Delta_{\Sigma}$  необходимо учитывать у заготовок (под первый технологический переход), после черновой и получистовой обработки лезвийным инструментом (под последующий технологический переход) и после термической обработки.

В связи с закономерным уменьшением величины  $\Delta_{\Sigma}$  при обработке поверхности за несколько переходов на стадиях чистовой и отделочной обработки ею пренебрегают.

На основе расчета промежуточных припусков определяют предельные размеры заготовки по всем технологическим переходам.

Промежуточные расчетные размеры устанавливают в порядке, обратном ходу технологического процесса обработки этой поверхности, т.е. от размера готовой детали к размеру заготовки, путем последовательного прибавления (для наружных поверхностей) к исходному размеру готовой детали промежуточных припусков или путем последовательного вычитания (для

внутренних поверхностей) от исходного размера готовой детали промежуточных припусков. Наименьшие (наибольшие) предельные размеры по всем технологическим переходам определяют, округляя их увеличением (уменьшением) расчетных размеров до того знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода. Наибольшие (наименьшие) предельные размеры вычисляют путем прибавления (вычитания) допуска к округленному наименьшему (наибольшему) предельному размеру.

Предельные значения припусков  $Z_{\max}$  определяют как разность наибольших (наименьших) предельных размеров и  $Z_{\min}$  как разность наименьших (наибольших) предельных размеров предшествующего и выполняемого (выполняемого и предшествующего) переходов.

Общие припуски  $Z_{\max}$  и  $Z_{\min}$  находят как сумму промежуточных припусков на обработку:

$$Z_{\text{о max}} = \sum Z_{i \text{ max}},$$

$$Z_{\text{о min}} = \sum Z_{i \text{ min}}.$$

Правильность расчетов определяют по уравнениям:

$$Z_{i \text{ max}} - Z_{i \text{ min}} = T_{i-1} - T_i;$$

$$2Z_{i \text{ max}} - 2Z_{i \text{ min}} = T_{D_{i-1}} - T_{D_i};$$

$$Z_{\text{о max}} - Z_{\text{о min}} = T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}};$$

$$2Z_{\text{о max}} - 2Z_{\text{о min}} = T_{D_{\text{заг}}} - T_{D_{\text{дет}}},$$

где  $T_{i-1}$ ,  $T_{D_{i-1}}$  – допуски размеров на предшествующем переходе;

$T_i$ ,  $T_{D_i}$  – допуски размеров на выполняемом переходе;

$T_{\text{заг}}$ ,  $T_{D_{\text{заг}}}$  – допуски на заготовку;

$T_{\text{дет}}$ ,  $T_{D_{\text{дет}}}$  – допуски на деталь.

### **Технология выполнения работы:**

1. Изучение исходных данных для расчета в соответствии с вариантом;
2. Расчёт межоперационных и общих припусков на одну поверхность;
3. Определение межоперационных размеров и допусков.

### **Пример задачи:**

Трехступенчатый вал изготавливается из стали 45 методом штамповки класса точности 5 Г по ГОСТ 7505—89 (рис. 1). Масса заготовки 2 кг. Токарной операции предшествовала операция фрезерно-центровальная, в результате которой были обработаны торцы и выполнены центровые отверстия.

Базирование заготовки при фрезерно-центровой операции осуществляется по поверхностям  $D_1$  и  $D_3$  ( $D_1 = D_3 = 25$  мм). Шейка с наибольшим диаметром  $D_2$  ступени имеет размер  $\varnothing 55h6(-0,02)$  мм.

Рассчитать промежуточные припуски для обработки шейки  $D_2$  аналитическим методом. Рассчитать промежуточные размеры для выполнения каждого перехода.

**Решение.** Соответственно заданным условиям устанавливаем маршрут обработки ступени  $D_2$ :

- а) черновое обтачивание;
- б) чистовое обтачивание;
- в) предварительное шлифование;
- г) окончательное шлифование.

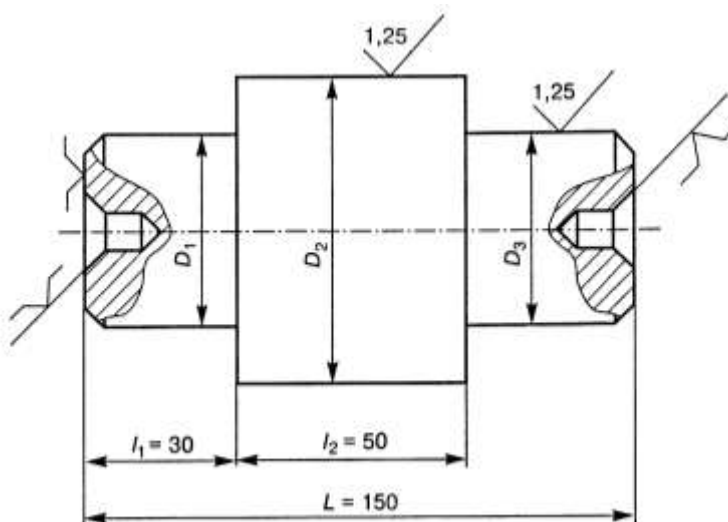


Рисунок 1 – Эскиз вала

Вся указанная обработка выполняется с установкой в центрах.

Заносим маршрут обработки в графу 1 таблицы 1. Данные для заполнения граф 2, 3 для штампованной заготовки взяты из приложения 1; для механической обработки — из приложения 2.

Данные графы 8 для заготовки и механической обработки взяты из приложения 2.

Расчет отклонений расположения поверхностей штампованной заготовки при обработке в центрах производят по формуле

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma\kappa}^2 + \Delta_y^2} = \sqrt{24^2 + 500^2} \cong 500 \text{ мкм},$$

где  $\Delta_{\Sigma\kappa}^2$  — общее отклонение оси от прямолинейности;

$\Delta_y^2$  — смещение оси в результате погрешности центрования.

Общее отклонение оси от прямолинейности

$$\Delta_{\Sigma k} = 2 \Delta_k l_k = 2 \cdot 0,15 \cdot 80 = 24 \text{ мкм.}$$

Здесь  $l_k$  — размер от сечения, для которого определяется кривизна, до ближайшего наружного торца — равен для рассматриваемого случая  $l_k = l_1 + l_2 - 80 \text{ мм}$ ;  $\Delta_k$  — удельная кривизна в микрометрах на 1 мм длины (в маршруте предусмотрена правка заготовки на прессе, после которой  $\Delta_k = 0,15 \text{ мкм/мм}$  прил. 3)); средний диаметр, который необходимо знать для выбора величины  $\Delta_k$ , определяется как

$$D_{\text{ср}} = \frac{D_1 l_1 + D_2 l_2 + \dots + D_n l_n}{L} = \frac{25 \cdot 30 + 55 \cdot 50 + 25 \cdot 70}{150} = 35 \text{ мм.}$$

Смещение оси заготовки в результате погрешности центрования

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

где  $T = 1,8 \text{ мм}$  — допуск на диаметральный размер базы заготовки, использованной при центровании.

Величину остаточных пространственных отклонений черногого обтачивания определяют по уравнению

$$\Delta_r = K_y \Delta_{\Sigma} = 0,06 \cdot 500 = 30 \text{ мкм.}$$

где  $K_y$  — коэффициент уточнения, равный 0,06.

Величину остаточных пространственных отклонений чистового обтачивания рассчитывают по уравнению

$$\Delta_r = K_y \Delta_{\Sigma} = 0,04 \cdot 500 = 20 \text{ мкм.}$$

Здесь коэффициент уточнения  $K_y$  принимается равным 0,04.

Расчетные величины отклонений расположения поверхностей заносим в графу 4 таблицы 1.

Минимальные припуски на диаметральные размеры для каждого перехода рассчитываются по уравнению:

а) черновое обтачивание  $2Z_{i \min} = 2(160 + 200 + 500) = 1720 \text{ мкм}$ ;

б) чистовое обтачивание  $2Z_{i \min} = 2(50 + 50 + 30) = 260 \text{ мкм}$ ;

в) предварительное шлифование  $2Z_{i \min} = 2(25 + 25 + 20) = 140 \text{ мкм}$ ;

г) чистовое шлифование  $2Z_{i \min} = 2(10 + 20) = 60 \text{ мкм}$ .

Расчетные значения припусков заносим в графу 6 таблицы 1.

Расчет наименьших размеров по технологическим переходам начинаем с наименьшего (наибольшего) размера детали по конструкторскому чертежу и производим по зависимости  $d_{i+1} = d_i + Z_{i \min}$  в такой последовательности:

- а) предварительное шлифование  $54,980 + 0,060 = 55,040$  мм;
- б) чистовое обтачивание  $55,040 + 0,140 = 55,180$  мм;
- в) черновое обтачивание  $55,180 + 0,260 = 55,44$  мм;
- г) заготовка  $55,44 + 1,720 = 57,160$  мм.

Таблица 1 - Результаты расчета припусков на обработку и предельных размеров по технологическим переходам

| Маршрут обработки | Элементы припуска, мкм |     |                 |                 | Расчетный            |                        | Допуск на промежуточные размеры, мкм | Принятые (округленные) размеры заготовки по переходам, мм |            | Предельный припуск, мкм |             |
|-------------------|------------------------|-----|-----------------|-----------------|----------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------|-------------------------|-------------|
|                   | $R_z$                  | $h$ | $\Delta_\Sigma$ | $\varepsilon_i$ | припуск $2Z_i$ , мкм | минимальный размер, мм |                                      | наибольший                                                | наименьший | $2Z_{\max}$             | $2Z_{\min}$ |
| 1                 | 2                      | 3   | 4               | 5               | 6                    | 7                      | 8                                    | 9                                                         | 10         | 11                      | 12          |
| Штамповка         | 160                    | 200 | 500             | -               | -                    | 57,160                 | 2000                                 | 59,16                                                     | 57,16      | -                       | -           |
| Точение           |                        |     |                 |                 |                      |                        |                                      |                                                           |            |                         |             |
| - черновое        | 50                     | 50  | 30              | 0               | 1720                 | 55,442                 | 400                                  | 55,84                                                     | 55,44      | 3,32                    | 1,72        |
| - чистовое        | 25                     | 25  | 20              | 0               | 260                  | 55,180                 | 120                                  | 55,30                                                     | 55,18      | 0,54                    | 0,26        |
| Шлифование        |                        |     |                 |                 |                      |                        |                                      |                                                           |            |                         |             |
| - предварительное | 10                     | 20  | 0               | 0               | 140                  | 55,040                 | 60                                   | 55,10                                                     | 55,04      | 0,2                     | 0,14        |
| - окончательное   | -                      | -   | -               | -               | 60                   | 54,980                 | 20                                   | 55,00                                                     | 54,98      | 0,1                     | 0,06        |

Наименьшие расчетные размеры заносим в графу 7 таблицы 1, наименьшие предельные размеры (округленные) — в графу 10 таблицы 1.

Наибольшие предельные размеры по переходам рассчитываем по зависимости  $d_{i\max} = d_{i\min} + T_{di}$  в такой последовательности:

- а) окончательное шлифование  $54,980 + 0,020 = 55$  мм;
- б) предварительное шлифование  $55,040 + 0,60 = 55,100$  мм;
- в) чистовое обтачивание  $55,18 + 0,120 = 55,300$  мм;
- г) черновое обтачивание  $55,440 + 0,400 = 55,840$  мм;
- д) заготовка  $57,160 + 2,0 = 59,160$  мм.

Результаты расчетов заносим в графу 9 таблицы.

Фактические минимальные и максимальные припуски по переходам рассчитываем в такой последовательности.

Максимальные припуски:

- $55,100 - 55,0 = 0,100$  мм;
- $55,300 - 55,100 = 0,200$  мм;
- $55,84 - 55,300 = 0,540$  мм;
- $59,16 - 55,84 = 3,32$  мм.

Минимальные припуски:

- $55,040 - 54,980 = 0,06$  мм;
- $55,180 - 55,040 = 0,14$  мм;
- $55,44 - 55,18 = 0,26$  мм;
- $57,16 - 55,44 = 1,72$  мм.

Результаты расчетов заносим в графы 11 и 12 таблицы 1.

Определяем общие припуски:

- общий наибольший припуск

$$Z_{o\max} = \Sigma Z_{\max} = 0,1 + 0,2 + 0,54 + 3,32 = 4,16 \text{ мм};$$

- общий наименьший припуск

$$Z_{o\min} = \Sigma Z_{\min} = 0,06 + 0,14 + 0,26 + 1,72 = 2,18 \text{ мм}.$$

Правильность расчетов проверяем по уравнению:

$$Z_{o\max} - Z_{o\min} = 4,16 - 2,18 = T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}} = 2 - 0,02 = 1,98 \text{ мм}$$

### Задание

Четырехступенчатый вал изготавливается из штампованной заготовки класса точности 5Т по ГОСТ 7505—89, выполняемой на молотах. Условия выполнения операции и маршрут обработки элементарных поверхностей для вариантов такой же, как примере

выше. Рассчитать припуски и промежуточные размеры по переходам. Данные к задаче приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные

| Вариант | Диаметры шеек заготовки, мм     |                |                | L, мм | Длина ступеней заготовки, мм |                |                | Масса заготовки G, кг |
|---------|---------------------------------|----------------|----------------|-------|------------------------------|----------------|----------------|-----------------------|
|         | D <sub>1</sub> , D <sub>4</sub> | D <sub>2</sub> | D <sub>3</sub> |       | l <sub>1</sub>               | l <sub>2</sub> | l <sub>3</sub> |                       |
| 1; 13   | 30                              | 50             | 40n6           | 220   | 45                           | 55             | 85             | 2,0                   |
| 2; 14   | 45                              | 65             | 55g6           | 260   | 55                           | 65             | 95             | 4,7                   |
| 3; 15   | 20                              | 40             | 30h6           | 180   | 40                           | 50             | 60             | 1,0                   |
| 4; 16   | 50                              | 75             | 60f7           | 350   | 70                           | 120            | 80             | 8,2                   |
| 5; 17   | 25                              | 45             | 35k6           | 200   | 40                           | 50             | 70             | 1,5                   |
| 6; 18   | 60                              | 80             | 70m6           | 300   | 80                           | 120            | 50             | 9,1                   |
| 7; 19   | 40                              | 60             | 50d8           | 280   | 50                           | 70             | 90             | 4,1                   |
| 8; 20   | 70                              | 90             | 80u7           | 350   | 75                           | 125            | 90             | 13,8                  |
| 9; 21   | 35                              | 55             | 45j6           | 240   | 50                           | 60             | 90             | 2,9                   |
| 10; 22  | 55                              | 75             | 65s6           | 300   | 65                           | 85             | 85             | 7,5                   |
| 11; 23  | 50                              | 60             | 50f7           | 260   | 40                           | 65             | 60             | 3,8                   |
| 12; 24  | 20                              | 35             | 30h6           | 200   | 50                           | 60             | 60             | 1,6                   |

#### Практическое занятие №4

##### Оценка материалоемкости и других факторах себестоимости производства изделий по данным о выбранных видах заготовок

##### Цель работы

Организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению материалом дисциплины «Машиностроительное производство» по теме «Заготовки деталей маши»

##### Часть 1.

**Анализ технологичности детали, её назначения, требований по качеству и точности. Назначение двух методов получения заготовки.**

Общая материалоемкость ( $G_{общ}$ ) рассчитывается по формуле

$$G_{общ} = G_1 + G_2 + \dots + G_i + \dots + G_n,$$

Где  $G_1, G_2, G_i, G_n$  - расход вида материала;

n - количество видов материалов.

*Относительная материалоемкость* - характеризует структуру общей материалоемкости. Относительная материалоемкость определяет долю каждого вида материала в общей материалоемкости и рассчитывается по формуле

$$g_{отн} = G_i : G_{общ}$$

*Удельная материалоемкость* - характеризует конструкцию изделия по величине расхода материалов. Удельная материалоемкость рассчитывается по формуле

$$g_{уд} = G_{общ} : P$$

где P – определяющий параметр изделия (производительность, мощность, масса и т.д.)

$G_{общ}$  - общая материалоемкость изделия.

Кроме показателей материалоемкости расход материалов на изготовление изделия характеризуется коэффициентом использования материала, который рассчитывается по формуле

$$КИМ = g_{ч} : G_{общ}$$

Где  $g_{ч}$  – чистая масса изделия.

Трудоемкость характеризует затраты труда на изготовление изделия.

Различают общую, относительную и удельную трудоемкость.

Общая трудоемкость показывает количество времени, затрачиваемого исполнителями на производство единицы продукции. Общая трудоемкость рассчитывается по формуле

$$T_{итд} = t_з + t_m + t_{сб} + t_{пр},$$

где  $t_з$ ,  $t_m$ ,  $t_{сб}$ ,  $t_{пр}$  — трудоемкость соответственно заготовительных работ, механической обработки, сборочных работ и прочих работ, входящих в технологический процесс изготовления данного изделия.

Относительная трудоемкость - характеризует долю трудозатрат по данному виду работы в общей трудоемкости.

Удельная трудоёмкость характеризует затраты времени на единицу продукции относительно определяющего параметра. Удельная трудоемкость рассчитывается по формуле

$$t_{уд} = T_{итд} / P.$$

*Себестоимость* характеризует затраты на изготовление изделия.

Различают общую и удельную себестоимости.

*Общая себестоимость* показывает сумму затрат на изготовление изделия. В структуру общей себестоимости включаются затраты на материалы, заработную плату и косвенные расходы.

Удельная себестоимость - характеризует затраты на единицу продукции относительно определяющего параметра Р. Удельная себестоимость рассчитывается по формуле

$$C_{\text{уд}} = C_{\text{общ}} / P,$$

где  $C_{\text{общ}}$  - общая себестоимость изделия.

Показатели технологичности сравниваются с базовыми, установленными отраслевыми стандартами для однотипных изделий. Показатели технологичности во многих случаях могут оказать решающее влияние на окончательную комплексную оценку проектов новых изделий.

В настоящее время технологичность детали с определенной степенью приближения может быть оценена следующими показателями:

- коэффициентом выхода годного ( $K_{\text{в.г}}$ );
- весовой точности ( $K_{\text{в.т}}$ );
- использования металла ( $K_{\text{и.м}}$ ).

Коэффициент выхода годного определяют как отношение массы заготовки ( $M_2$ ) к массе исходного металла ( $M_1$ ), т.е.  $K_{\text{в.г}} = M_2 / M_1$ .

Коэффициент весовой точности определяют как отношение массы готовой детали  $M_3$  к массе заготовки  $M_2$ , т.е.  $K_{\text{в.т}} = M_3 / M_2$ .

Коэффициент использования металла оценивают как отношение массы готовой детали к массе исходного металла, т.е.  $K_{\text{и.м}} = K_{\text{в.г}} / K_{\text{в.т}} = M_3 / M_1$ .

Коэффициент выхода годного характеризует расход материала в заготовительном цехе, размер брака, технологических отходов и т.п. Коэффициент весовой точности отражает степень приближения формы и размеров заготовки к форме и размерам детали, т.е. характеризует объем механической обработки. Коэффициент использования металла отражает общий расход металла на изготовление данной детали.

Например,

- масса готовой детали (механически обработанной) - 300 кг;
- масса поковки, из которой изготавливается деталь - 500 кг;
- масса слитка, необходимого для получения поковки - 750 кг;

тогда  $K_{\text{в.г}} = 500/750 = 0,66$ ;

$$K_{\text{в.т}} = 300/500 = 0,6;$$

$$K_{\text{и.м}} = 300/750 = 0,66 \cdot 0,6 = 0,4.$$

Коэффициент весовой точности является наиболее часто употребляемым для оценки рентабельности выбранной заготовки, так как зависит от конструкции детали и от конструкции и массы заготовки. Это легко можно заметить на следующем примере: при получении мелких деталей типа валиков, осей, шпилек, болтов и т.п. из горячекатаного проката  $K_{\text{в.т}} = 0,4 - 0,6$ ; при изготовлении из той же заготовки деталей типа колец и втулок  $K_{\text{в.т}} = 0,15 - 0,20$ . Можно отметить, что в общем случае, чем меньше отношение длины детали к ее диаметру, тем больше  $K_{\text{в.т}}$ . Поэтому для изготовления мелких деталей

желательно применение точных способов получения заготовок: выдавливание, редуцирование, высадка, раскатка и т.д. В среднем **Кв.т** для машиностроительных предприятий не превышает 0,62 - для процессов ковки и штамповки и 0,68 - для процессов литья.

В основе выбора рационального способа получения заготовки должен лежать технико-экономический анализ возможных вариантов технологических процессов изготовления детали.

### **Задания к выполнению.**

Выбрать заготовку и способ ее получения для детали, изготавливаемой из предложенного материала. Масса готовой детали, параметр шероховатости, точность, годовая программа выпуска даны в таблице с вариантами.

| <b>№ варианта</b> | <b>Деталь типа</b> | <b>Материал детали</b> | <b>Масса готовой детали</b> | <b>Параметр шероховатости</b> | <b>Точность, квалитет</b> | <b>Годовая программа выпуска</b> |
|-------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 1.                | Крышка             | Сталь 35Л              | 0,210 кг                    | Ra = 0.6-0.8 мкм,             | 6 - 7                     | 55000                            |
| 2.                | Фланец             | Чугун СЧ15             | 2.3 кг                      | Rz = 3.2 мкм,                 | 12                        | 36000                            |
| 3.                | Корпус             | Сталь 25Л              | 0.9 кг                      | Ra = 1.6 мкм                  | 11                        | 25000                            |
| 4.                | Втулка             | Сталь 20ХН2М           | 1.5 кг                      | Ra = 1.6 мкм                  | 12-14                     | 50000                            |
| 5.                | Вал                | Чугун СЧ15             | 0.85                        | Ra = 0.8-1.2 мкм,             | 6 - 7                     | 28000                            |

### **Часть 2.**

#### **Сравнительный технико-экономический анализ двух методов.**

##### **Выбор метода получения заготовки.**

Достаточно достоверно можно оценить выбор заготовки можно укрупнено – по минимальной величине приведённых затрат на изготовление детали по следующей формуле:

$$\mathbf{Ц_{зд} = M_3Ц_3 + M_0Ц_0 + Ц_{з.д.i} * T_{шт.i},}$$

**M<sub>3</sub>** - масса заготовки, кг;

**Цз** - расчетная цена заготовки, руб/кг;

**Мо** - масса реализуемых отходов, образующихся при механической обработке, кг;  
определяется как разница масс детали и заготовки.

**Цо** - цена реализуемых отходов, руб. за кг;

**Цз.д.і** - норматив приведённых затрат, приходящихся на 1-час работы оборудования при выполнении і-той операции;

**Тшт.і** - норма штучного времени на механическую обработку, ч.

Если сопоставляемые варианты по технологической себестоимости оказываются равноценными, то предпочтение следует отдать варианту, имеющему более высокие основные натуральные показатели.

**Сравнение натуральных показателей по вариантам получения заготовки  
(пример для наглядности сравнения вариантов)**

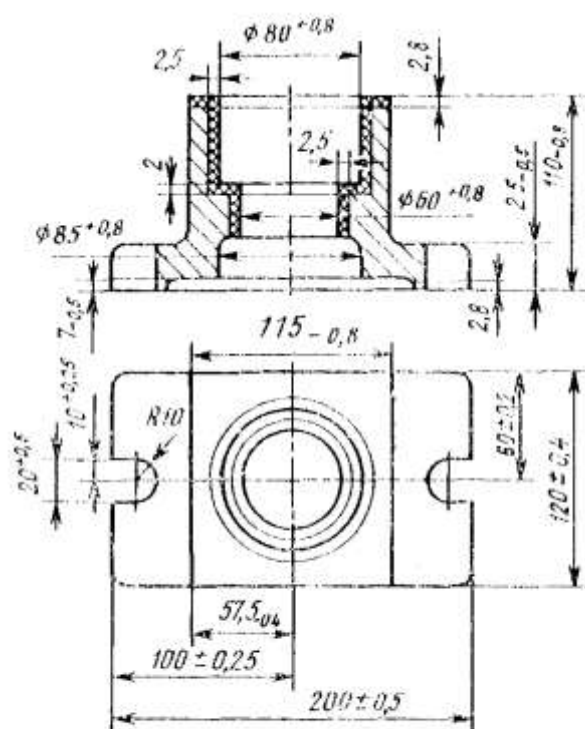
| Наименование показателя                            | 1-й вариант | 2-й вариант |
|----------------------------------------------------|-------------|-------------|
| Коэффициент использования металла,                 | 90          | 71          |
| Удельная норма расхода топлива                     | 0,15        | 0,05        |
| Удельная норма расхода металла                     | 1,49        | 1,80        |
| Трудоемкость изготовления заготовки, мин           | 9,45        | 12,67       |
| Число занятых рабочих                              | 5           | 5           |
| Коэффициент использования оборудования             | 0,9         | 0,72        |
| Коэффициент использования производственной площади | 0,87        | 0,6         |

Эскиз заготовки со всеми необходимыми размерами, припусками и допусками помещают в левом верхнем углу первого листа технологических эскизов механической обработки.

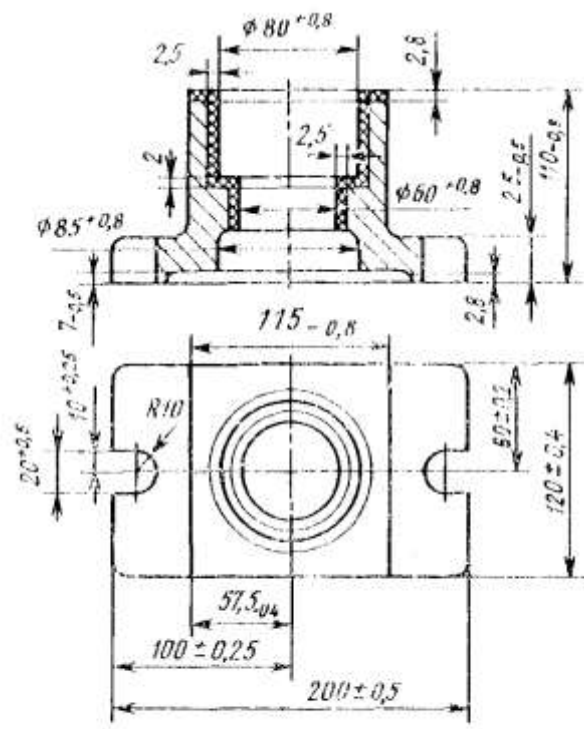
Здесь же приводят технические требования к заготовке.

**Пример оформления эскиза заготовки, полученной литьем.**

**Пример оформления эскиза заготовки, полученной штамповки.**



1. Материал отливки — чугун СЧ15
2. Отливка II класса точности по ГОСТ 1855-55
3. Неуказанные литейные радиусы 3...5 мм
4. Литейные уклоны 1...3°



1. Материал отливки — чугун СЧ15
2. Отливка II класса точности по ГОСТ 1855-55
3. Неуказанные литейные радиусы 3...5 мм
4. Литейные уклоны 1...3°

### Справочные материалы для выполнения работы.

| №<br>п/п | Метод получения заготовки                                           | Кв.т. | Кв.г. | Ки.м. | Цзд<br>ед/час | Тшт<br>н/ч |
|----------|---------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|---------------|------------|
| 1.       | Ковка с прошивкой                                                   | 0,42  | 0,95  | 0,45  | 16,57         | 4,8        |
| 2.       | Ковка с прошивкой в подкладных штампах                              | 0,44  | 0,96  | 0,42  | 15,63         | 4,6        |
| 3.       | Ковка без прошивки                                                  | 0,55  | 0,98  | 0,55  | 16,75         | 3,95       |
| 4.       | Горячая объёмная штамповка на молоте                                | 0,25  | 0,37  | 0,51  | 13,0          | 4,0        |
| 5.       | Горячая объёмная штамповка на кривошипном горячештамповочном прессе | 0,57  | 0,95  | 0,54  | 12,24         | 3,45       |

|     |                                                             |      |      |      |       |      |
|-----|-------------------------------------------------------------|------|------|------|-------|------|
| 6.  | Горячая объёмная штамповка на горизонтально-ковочной машине | 0,63 | 0,92 | 0,58 | 11,47 | 3,27 |
| 7.  | Литьё в песчано-глинистые формы                             | 0,71 | 0,5  | 0,6  | 11,67 | 3,24 |
| 8.  | Литьё центробежное                                          | 0,82 | 0,6  | 0,67 | 13,36 | 2,9  |
| 9.  | Литьё в оболочковые формы                                   | 0,9  | 0,6  | 0,7  | 19,57 | 2,5  |
| 10. | Литьё по выплавляемым моделям                               | 0,91 | 0,6  | 0,81 | 23,5  | 1,55 |

**Цена материалов в единица за 1 кг. (Цз)**

|                                |                    |
|--------------------------------|--------------------|
| <b>Ст. 25Л, ст. 35Л</b>        | От 37,80 руб./кг.  |
| <b>Ст. 35Х18Н24С2Л</b>         | От 190,50 руб./кг. |
| <b>Ст. 20Х25Н19С2Л</b>         | От 161,10 руб./кг. |
| <b>Ст. 40Х24Н12СЛ</b>          | От 115,00 руб./кг. |
| <b>Ст. 20Х13Л</b>              | От 92,20 руб./кг.  |
| <b>Ст. 15Х18Н9Л, 15Х18Н10Л</b> | От 109,90 руб./кг. |
| <b>СЧ 15, СЧ 20, СЧ 25</b>     | От 35,40 руб./кг.  |
| <b>ЧХ 16, ЧХ 28</b>            | От 56,70 руб./кг.  |
| <b>БрА9ЖЗл</b>                 | От 230,0 руб./кг   |

Цена отходов принимается равной 30% от цены металла.

**Задания к выполнению.**

Выбрать заготовку и способ ее получения для детали, изготавливаемой из предложенного материала. Масса готовой детали, параметр шероховатости, точность, годовая программа выпуска даны в таблице с вариантами.

| <b>№ варианта</b> | <b>Деталь типа</b> | <b>Материал детали</b> | <b>Масса готовой детали</b> | <b>Параметр шероховатости</b> | <b>Точность, квалитет</b> | <b>Годовая программа выпуска</b> |
|-------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 1                 | Крышка             | Сталь 35Л              | 0,210 кг                    | Ra = 0.6-0.8 мкм,             | 6 - 7                     | 55000                            |
| 2                 | Фланец             | Чугун СЧ15             | 2.3 кг                      | Rz = 3.2 мкм,                 | 12                        | 36000                            |

|   |        |                 |        |                   |       |       |
|---|--------|-----------------|--------|-------------------|-------|-------|
| 3 | Корпус | БрА9ЖЗл         | 0.9 кг | Ra = 1.6 мкм      | 11    | 25000 |
| 4 | Втулка | Сталь<br>20ХН2М | 1.5 кг | Ra = 1.6 мкм      | 12-14 | 50000 |
| 5 | Вал    | Чугун<br>ЧХ16   | 0.85   | Ra = 0.8-1.2 мкм, | 6 - 7 | 28000 |

**Вывод:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Практическое занятие №5

### Выбор режимов резания согласно каталогам. Использование программ-калькуляторов для выбора режимов резания (различные производители)

Цель работы: Формирование умений использования программ калькуляторов для выбора режимов резания.

1. [Walter](#). Один из лучших бесплатных калькуляторов для расчета режимов резания для токарных, сверлильных, фрезерных и операций для обработки резьб (нарезание резьбы, раскатывание, [резьбофрезерование](#)). Также в приложении можно рассчитать экономическую эффективность. Можно пользоваться сайтом или скачать приложение в AppStore и GooglePlay и пользоваться офлайн, сервисы бесплатные.
2. [Hoffmann](#). Приложение подходит для вычисления наиболее подходящих параметров и рабочих характеристик для точения, сверления, фрезерования и ТРС-фрезерования (трохоидальная обработка). Понятные формулы с разъяснительными пиктограммами. Приложение бесплатное и может работать в режиме офлайн. Доступно для скачивания в AppStore и GooglePlay.
3. [Аскон](#). Приложение позволяет производить расчет режимов резания для шлифования, зубообработки, нарезания резьбы метчиком, плашкой и винторезной головкой, обработка отверстий осевым инструментом, разрезка материалов, фрезерная обработка, нарезание резьбы резцом, токарная обработка. Сразу скажем – приложение платное. Может быть запущен как самостоятельное приложение Windows, так и из техпроцесса САПР ТП Вертикаль.

4. Режимы резания. Функций в нем не так много, как в предыдущих, но гарантируют достоверность расчетов. Предназначен для точения, сверления и фрезерования. В приложении также можно рассчитать концентрацию СОЖ и доступна система допусков (не у всех такое есть). Приложение бесплатное и доступно для скачивания в AppStore и GooglePlay.
5. Технический справочник Технарь. Один из самых универсальных и полезных сайтов не только для расчетов режимов резания. На сайте можно найти статьи по программированию G и M кодов для станков с ЧПУ, марочник сталей и сплавов, таблицу допусков и посадок, таблицы твердости, шероховатости, резьб, плотности, как читать чертежи и многое другое. Правда рассчитать режимы резания получится только для операций точения, фрезерования и сверления. Зато весь материал предлагается бесплатно и в удобном формате.
6. <https://cncins.ru/calculator/frezerovanie/> Чтобы воспользоваться калькулятором расчета режимов резания при фрезеровании, достаточно внести исходные данные в соответствующие поля. И нажать кнопку «Рассчитать».

При определении подходящих параметров резания стоит учитывать рекомендации от изготовителей инструмента и собственный опыт работы на данном оборудовании. Доступны различные справочные материалы и таблицы, облегчающие выбор подходящих режимов для различных материалов и условий обработки. Необходимо помнить, что на практике часто возникает необходимость в корректировке режимов в зависимости от реальных результатов обработки.

**Задание:** Рассчитать режим резания по заданию преподавателя.

**Ход работы:**

- Выбор режущего инструмента.
- Выполнить эскиз выбранного инструмента со всеми геометрическими параметрами. Эскиз инструмента выполнить в одной проекции с изображением сечений для обозначения углов. Углы на эскизе проставить в цифровых величинах.
- Рассчитать режимы резания:

**Тема 1.6 Технологическая документация. Нормирование**

## **Практическое занятие №6**

### **Технологическая документация. МК**

**Цель работы:** приобрести навыки заполнения технической документации.

#### **Краткие теоретические сведения**

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.

Маршрутная карта является основным и обязательным документом любого технологического процесса. Формы и правила оформления маршрутных карт, применяемых при отработке технологических процессов изготовления или ремонта изделий в основном и вспомогательном производствах, регламентированы ГОСТ 3.1118-82 (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 автоматизированную систему управления производством;

- информацию записывают в раскодированном виде;

- информацию дают в виде кодов с их расшифровкой.

Для изложения информации технологических процессов в маршрутной карте 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 служебными символами 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 маршрутной карты следует выполнять в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 - Сведения, вносимые в графы маршрутной карты

| Служебный символ | Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке маршрутной карты                                                                                                                                               |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>А</b>         | Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняют операцию; код и наименование операции                                                                                                                                        |
| <b>Б</b>         | Код, наименование оборудования и информация по трудозатратам                                                                                                                                                                    |
| <b>К</b>         | 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 |
| <b>М</b>         | Информация о применяемом основном материале и исходной заготовке, о применяемых исходных и комплектующих материалах, кодах единицы величины, единицы нормирования, количестве на изделие и нормы расхода                        |
| <b>О</b>         | Содержание операции (технологического перехода)                                                                                                                                                                                 |
| <b>Т</b>         | Информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке                                                                                                                                                       |
| <b>Р</b>         | Информация о режимах обработки                                                                                                                                                                                                  |

Применяются следующие формы маршрутной карты единичного процесса обработки резанием: лист первый (рис. 1); последующие листы

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ «О», следует руководствоваться требованиями, которые устанавливают правила записи операций и переходов.

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

- 1) приспособления;
- 2) инструментальная оснастка (вспомогательный инструмент);
- 3) режущий инструмент;
- 4) слесарно-монтажный инструмент;
- 5) специальный инструмент;
- 6) средства измерения.

[illegible]

Рисунок 2 - Форма маршрутной карты единичного процесса  
обработки резанием (последующие листы)

Информации по каждому средству технологической оснастки следует разделять точкой с запятой (;). Сведения, вносимые в отдельные графы и строки маршрутной карты, выбирают из таблицы 2.

Таблица 2 - Сведения, вносимые в графы и строки маршрутной карты  
(см. рис. 1)

| Номер графы или строки маршрутной карты | Наименование (обозначение графы) | Служебный символ | Содержание информации                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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                                       | <b>Обозначение документа</b>     | <b>А</b>         | Обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции. Например: ИОТ – инструкция по охране труда                                   |
| 10                                      | <b><math>T_{шт}</math></b>       | <b>Б</b>         | Норма штучного времени на операцию, мин                                                                                                          |
| 11                                      | <b><math>T_{п.з}</math></b>      | <b>Б</b>         | Норма подготовительно-заключительного времени на операцию, мин                                                                                   |
| 12                                      | <b>ОП</b>                        | <b>Б</b>         | Объём производственной партии, штуки                                                                                                             |
| 13                                      | <b><math>K_{шт}</math></b>       | <b>Б</b>         | Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании, зависящий от количества обслуживаемых станков:                                     |
|                                         |                                  |                  | Количество станков                                                                                                                               |
|                                         |                                  |                  | 1 2 3 4 5                                                                                                                                        |
|                                         |                                  |                  | $K_{шт}$ 1 0,65 0,48 0,3 0,35                                                                                                                    |
| 14                                      | <b>ЕН</b>                        | <b>МО2,</b>      | Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала, или норма времени, например, 1, 10, 100                                    |
| 15                                      | <b>КОИД</b>                      | <b>Б, К,</b>     | Количество одновременно обрабатываемых заготовок при выполнении одной операции                                                                   |
| 16                                      | <b>КР</b>                        | <b>М</b>         | Количество исполнителей, занятых при выполнении операции                                                                                         |
| 17                                      | <b>УТ</b>                        | <b>Б</b>         | Код условий труда:<br>включает в себя цифру – условия труда:<br>1 – нормальные;<br>2 – тяжёлые и вредные;                                        |

|  |  |  |                                                                                                                                                                                                     |
|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  | З – особо тяжёлые, особо вредные;<br>и букву, указывающую вид нормы времени:<br>Р – аналитически-расчётная;<br>И – аналитически-исследовательская;<br>Х – хронометражная; О – опытно-статистическая |
|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Продолжение таблицы 2

| Номер графы или строки маршрутной карты | Наименование (обозначение графы)             | Служебный символ | Содержание информации                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 18                                      | <i><b>Р</b></i>                              | <i><b>Б</b></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:<br>10 – сдельная форма оплаты труда;<br>11 – сдельная система оплаты труда прямая;<br>12 – сдельная система оплаты труда премиальная;<br>13 – сдельная система оплаты труда прогрессивная;<br>20 – повременная форма оплаты труда;<br>21 – повременная система оплаты труда простая;<br>22 – повременная система оплаты труда премиальная |
| 19                                      | <i><b>ПРОФ</b></i>                           | <i><b>Б</b></i>  | Код профессии согласно классификатору (приложение С)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 20                                      | <i><b>СМ</b></i>                             | <i><b>Б</b></i>  | Код степени механизации труда. Указывают цифрой:<br>1 – наблюдение за работой автоматов;<br>2 – работа с помощью машин и автоматов;<br>3 – ручную при машинах и автоматах;<br>4 – ручную без машин и автоматов;<br>5 – ручную при наладке машин                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 21                                      | <i><b>Код, наименование оборудования</b></i> | <i><b>Б</b></i>  | Код оборудования. Включает в себя высшую (шесть первых цифр) и низшую (четыре цифры после точки) классификационные группировки. Выборочно коды оборудования указаны в приложении С                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 22                                      | <i><b>Код,</b></i>                           | <i><b>А</b></i>  | Код операции согласно классификатору                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|    |                              |          |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <b>наименование операции</b> |          | технологических операций. В приложении С 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 | <b>Цех</b>                   | <b>А</b> | Номер цеха, в котором выполняют операцию                                                                                                                                                                                                           |
| 24 | <b>Уч</b>                    | <b>А</b> | Номер участка                                                                                                                                                                                                                                      |
| 25 | <b>РМ</b>                    | <b>А</b> | Номер рабочего места                                                                                                                                                                                                                               |
| 26 | <b>Опер</b>                  | <b>А</b> | Номер операции в технологической последовательности изготовления, контроля и перемещения.<br>Рекомендуемая нумерация операций:<br>005, 010, 015, 020, 025 и т. д.                                                                                  |

Окончание табл. 2.

| Номер<br>графы или<br>строки<br>маршрутной<br>карты | Наименование<br>(обозначение<br>графы) | Служебный<br>символ | Содержание информации                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 27                                                  | <b>Код</b>                             | <b>М02</b>          | Код материала. Графу не заполняют, ставят прочерк                                                                                                                                                                                                                           |
| 28                                                  | <b>ЕВ</b>                              | <b>М02, К, М</b>    | 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 величины                                                                 |
| 29                                                  | <b>МД</b>                              | <b>М02</b>          | Масса детали по конструкторскому документу                                                                                                                                                                                                                                  |
| 30                                                  | <b>ЕН</b>                              | <b>М02, Б, К, М</b> | Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени, например: 1, 10, 100                                                                                                                                                                |
| 31                                                  | <b>Н<sub>расх</sub></b>                | <b>М02, К, М</b>    | Норма расхода материала                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 32                                                  | <b>КИМ</b>                             | <b>М02</b>          | Коэффициент использования материала                                                                                                                                                                                                                                         |
| 33                                                  | <b>Код заготовки</b>                   | <b>М02</b>          | Код заготовки по классификатору (приложение С). Допускается указывать вид заготовки (отливка, прокат, штампованная заготовка и т. д.)                                                                                                                                       |
| 34                                                  | <b>Профиль и размеры</b>               | <b>М01</b>          | Наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта, технических условий. Запись выполняют на уровне одной строки с применением разделительного знака дроби (/). Например:<br>Лист БОН-2,5 × 1000 × 2500 ГОСТ 19993-74 / Ш-1У В<br>ст. 3 ГОСТ 14637-79 |
| 35                                                  | <b>КД</b>                              | <b>М02</b>          | Обозначение профиля и размера заготовок. Рекомендуется указывать толщину, ширину и длину, сторону квадрата или диаметр и длину,                                                                                                                                             |

|    |            |            |                                                                 |
|----|------------|------------|-----------------------------------------------------------------|
|    |            |            | например: 20 × 50 × 300, Ø 35. Профиль допускается не указывать |
| 36 | <b>МЗ</b>  | <b>М02</b> | Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки          |
| 37 | <b>Код</b> | <b>М02</b> | Масса заготовки                                                 |

При оформлении комплекта документации технологических процессов используется система кодирования, имеющая пятизначную структуру (табл. 3):

- первые две цифры обозначают вид технологического документа;
- третья цифра – вид технологического процесса по организации;
- последние две цифры – вид технологического процесса по методу

выполнения.

Таблица 3- Кодирование технологических документов (XX X XX)

| Элемент кодирования                                                             | Обозначение | Код |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----|
| <b>Вид технологического документа</b> (первые две цифры)                        |             |     |
| 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  |
| <b>Вид технологического процесса (операции) по организации</b> (третья цифра)   |             |     |
| Без указания                                                                    |             | 0   |
| Единичный процесс (операция)                                                    | -           | 1   |
| Типовой процесс (операция)                                                      |             | 2   |
| Групповой процесс (операция)                                                    |             | 3   |
| <b>Вид технологического процесса по методу выполнения</b> (последние две цифры) |             |     |
| 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      |
| Электрохимическая обработка                                   |  | 72      |
| Электрофизическая обработка                                   |  | 75      |
| Электроискровая и электроимпульсная обработка                 |  | 76      |
| Ультразвуковая обработка                                      |  | 79      |
| Пайка                                                         |  | 80      |
| Слесарные и слесарно-сборочные работы                         |  | 88      |
| Сварка                                                        |  | 90      |
| Стыковая контактная сварка                                    |  | 94      |
| Сварка трением                                                |  | 96      |

Например, код маршрутной карты единичного технологического процесса механической обработки с заполненными графами и строчками (рис. 3):

10 1 41.XXXX.

Последние четыре разряда (XXXX) – резерв дополнительного обозначения по отраслевому классификатору.

### **Технология выполнения работы:**

1. Заполните маршрутную карту в соответствии с выданным заданием, соблюдая все правила оформления.
2. Ответьте на вопросы

### **Задание:**

Рассмотрите чертеж детали, взятый вами на практике и разработайте маршрут обработки вашей детали. Данные занесите в маршрутную карту в соответствии со всеми требованиями, предъявляемые ГОСТом.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие сведения записывают в маршрутной карте маршрутного технологического процесса?
2. Что означает термин «маршрутная карта»?
3. Как заполняют информацию в маршрутных картах технологического процесса?
4. С какой целью каждую строку маршрутной карты мысленно делят по горизонтали пополам?

### **Практическое занятие №7**

#### **Технологическая документация. ОК**

**Цель работы:** приобрести навыки заполнения технической документации.

#### **Краткие теоретические сведения**

**Операционная карта** – технологический документ, в котором указывается следующее: 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; технологическая оснастка; режимы резания по переходам.

Большинство граф операционной карты (рис. 1) соответствует аналогичным графам маршрутной карты. Запись информации выполняют построчно с привязкой к соответствующим служебным символам. Информацию по дополнительным графам операционной карты следует вносить в соответствии с таблицей 1 и рисунком 1.

В операционных картах в заголовках или подзаголовках граф следует указывать единицы величин. Допускается в технологических режимах единицы величин указывать после их числовых значений, например:

***40 мм; 0,2 мм/об; 36 м/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) приспособления;
- 2) инструментальная оснастка (вспомогательный инструмент);
- 3) режущий инструмент;
- 4) средства измерения.

Таблица 1 - Информация по дополнительным графам операционной карты  
(см. рис. 1)

| 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                   | $T_o$                | Норма основного времени на операцию, мин                                                                                                     |
| 4                   | $D$ или $B$          | Расчётный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали. Данные по « $D$ » или « $B$ » указывают с учётом величины врезания и перебега, мм |
| 5                   | $L$                  | Расчётный размер длины рабочего хода с учётом величины врезания и перебега, мм                                                               |
| 6                   | $T_g$                | Норма вспомогательного времени на операцию, мин                                                                                              |
| 7                   | $t$                  | Глубина резания, мм                                                                                                                          |
| 8                   | $T_{n.з}$            | Норма подготовительно-заключительного времени на операцию, мин                                                                               |
| 9                   | $i$                  | Число рабочих ходов                                                                                                                          |
| 10                  | $S_o; S_m; S_{об.х}$ | Подача, мм/об, мм/мин, мм/дв.х                                                                                                               |
| 11                  | $T_{шт}$             | Норма штучного времени на операцию, мин                                                                                                      |
| 12                  | $n$                  | Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>                                                                                                 |
| 13                  | $V$                  | Скорость резания, м/мин                                                                                                                      |
| 14                  | $t_g$                | Норма вспомогательного времени на переход, мин                                                                                               |

|    |             |                                                                      |
|----|-------------|----------------------------------------------------------------------|
| 15 | –           | Номер операции                                                       |
| 16 | <i>СОТС</i> | Информация по применяемым смазочно-охлаждающим техническим средствам |
| 17 | $t_o$       | Норма основного технологического времени на переход, мин             |

В целях разделения информации по группам технологической оснастки и поиска необходимой информации допускается перед указанием состава технологической оснастки применять условное обозначение видов оснастки: приспособления – «**ПР**»; вспомогательный инструмент – «**ВИ**»; режущий инструмент – «**РИ**»; средство измерения – «**СИ**». Например:

The form is titled 'ГОСТ 5.104-86' and 'Форма 3'. It contains the following sections:

- Header:** Fields for 'Деталь' (Part), 'Вариант' (Variant), and 'Подпись' (Signature).
- Operation Information:** Fields for 'Наименование операции' (Operation name), 'Материал' (Material), 'Технологическая операция' (Technological operation), 'ЕВ' (Basic time), 'МД' (Machine time), 'Профиль и размер' (Profile and size), 'МЗ' (Machine time), and 'КОИД' (Code).
- Equipment and Program:** Fields for 'Оборудование, установка, ЧПУ' (Equipment, installation, CNC) and 'Обозначение программы' (Program designation).
- Time Norms:** Fields for  $T_o$  (Basic time),  $T_e$  (Machine time),  $T_{п.з.}$  (Setup time),  $T_{шт.$  (Piece time),  $СОТС$  (Lubricant-coolant), and  $t_o$  (Basic time per transition).
- Table:** A table with 13 rows and 14 columns. The columns are labeled: 'Р' (Row), 'ПР' (Prostroi), 'ВИ' (Vspomogatelnyy instrument), 'L' (L), 'r' (r), 'i' (i), 'S' (S), 'п' (p), 'V' (V), 'te' (te), and 'to' (to). The rows are numbered 01 to 13.
- Footer:** A field for 'OK' (OK).

Numbered callouts 1-17 point to the following elements:

- 1: 'Деталь' field
- 2: 'Вариант' field
- 3: 'Подпись' field
- 4: 'Наименование операции' field
- 5: 'Материал' field
- 6: 'Технологическая операция' field
- 7: 'ЕВ' field
- 8: 'МД' field
- 9: 'Профиль и размер' field
- 10: 'МЗ' field
- 11: 'КОИД' field
- 12: 'Оборудование, установка, ЧПУ' field
- 13: 'Обозначение программы' field
- 14: 'Технологическая операция' field
- 15: 'ЕВ' field
- 16: 'МД' field
- 17: 'Профиль и размер' field

Рисунок 1 - Форма 3 «Операционная карта единичного технологического процесса механической обработки»

При описании содержания перехода необходимо указывать данные по нормам основного технологического ( $T_o$ ) и вспомогательного ( $T_e$ ) времени.

Это следует выполнять на уровне строки, где заканчивают описание содержания технологического перехода под служебным символом «O».

Запись содержания перехода следует выполнять в соответствии с рекомендациями раздела 1.10. Полную запись делают с перечислением всех выдерживаемых размеров. Для промежуточных переходов, для которых нет 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 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  $70 \pm 0,5$ ,  $R_z = 50$ ».***

Содержание перехода записывают в следующей последовательности:

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

При записи технологических переходов можно использовать сокращения информации по ГОСТ 3.1702-79 (табл. 2.).

Таблица 2 - Сокращения наименований обрабатываемых поверхностей и дополнительной информации (ГОСТ 3.1702-79)

| Наименование |             | Наименование |             |
|--------------|-------------|--------------|-------------|
| полное       | сокращённое | полное       | сокращённое |
| Буртик       | Бурт        | Отверстие    | Отв.        |
| Буртики      | —           | Отверстия    | —           |

|           |        |             |          |
|-----------|--------|-------------|----------|
| Выточка   | Выт-ка | Паз         | —        |
| Выточки   | —      | Пазы        | —        |
| Галтель   | Галт.  | Поверхность | Поверхн. |
| Галтели   | —      | Поверхности | —        |
| Деталь    | Дет.   | Пружина     | Пруж.    |
| Детали    | —      | Пружины     | —        |
| Заготовка | Загот. | Резьба      | —        |
| Заготовки | —      | Рифление    | Рифл.    |
| Зуб       | —      | Ступень     | Ступ.    |
| Зубья     | —      | Сфера       | —        |
| Канавка   | Канав. | Торец       | —        |
| Канавки   | —      | Торцы       | —        |
| Контур    | К-р    | Фаска       | —        |
| Конус     | Кон.   | Фаски       | —        |
| Лыска     | —      | Червяк      | Черв.    |
| Лыски     | —      | Цилиндр     | Отв.     |

Продолжение табл. 2

| Наименование    |             | Наименование       |                  |
|-----------------|-------------|--------------------|------------------|
| полное          | сокращённое | полное             | сокращённое      |
| Внутренняя      | Внутр.      | Ступенчатая        | Ступ.            |
| Глухое          | Глух.       | Уплотнительная     | Уплотн.          |
| Кольцевая       | Кольц.      | Фасонная           | Фасон.           |
| Коническая      | Конич.      | Шлицевый           | Шлиц.            |
| Криволинейная   | Криволин.   | Шпоночный          | Шпон.            |
| Наружное        | Нар.        | Т-образный         | -                |
| Сквозное        | Сквозн.     | «Ласточкин хвост»  | -                |
| Спиральная      | Спир.       |                    |                  |
| Окончательно    | Оконч.      | Предварительно     | Предв.           |
| Одновременно    | Одноврем.   | С подрезкой торца  | С подрез. торц.  |
| По копиру       | По копир.   | С подрезкой торцов | С подрез. торцов |
| По программе    | По прогр.   | Согласно чертежу   | Согл. черт.      |
| Последовательно | Посл.       | Согласно эскизу    | Согл. эск.       |

Наиболее полная информация по заполнению операционных карт единичного технологического процесса изложена в подразделе. Пример заполнения операционной карты единичного технологического процесса механической обработки - первый лист (форма 2) и последующие листы (форма 2а) приведён на рисунках 2 и 3.

|                                                                    |                                                                                                                                           |                         |          | ГОСТ 1.104-85           |                |                   |                   | Формы 3         |                |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------|-------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------|----------------|
| Долж.                                                              |                                                                                                                                           |                         |          |                         |                |                   |                   | Рис.            | Лист           |
| Взам.                                                              |                                                                                                                                           |                         |          |                         |                |                   |                   | № докум.        | Подпись        |
| Подп.                                                              |                                                                                                                                           |                         |          |                         |                |                   |                   | 2               | 1              |
| Разработчик                                                        | Курочкин Н. С.                                                                                                                            |                         |          |                         |                |                   |                   | 60 1 46         |                |
| Начальник                                                          | Мельников Г. И.                                                                                                                           |                         |          |                         |                |                   |                   |                 |                |
| Специалист                                                         | Павлов А. А.                                                                                                                              |                         |          |                         |                |                   |                   |                 |                |
| Инженер                                                            | Григорьев Т. М.                                                                                                                           |                         |          |                         |                |                   |                   |                 |                |
| Н. контр.                                                          | Козлова Е. Г.                                                                                                                             |                         |          |                         |                |                   |                   |                 |                |
|                                                                    |                                                                                                                                           |                         |          | <b>Корпус механизма</b> |                |                   |                   | <b>кп 0 0 5</b> |                |
| Наименование операции                                              |                                                                                                                                           | Материал                |          | Твёрдость               | ЕВ             | МД                | Профиль и размеры |                 | МЗ             |
| Шерошливно-фрезерно-расточная                                      |                                                                                                                                           | Сталь 20А-1 ГОСТ 977-75 |          | HВ 120                  | k2             | 10                | 120x140x160       |                 | 11,77          |
| Оборудование, устройства ЧПУ                                       |                                                                                                                                           | Обозначение программы   |          | T <sub>a</sub>          | T <sub>b</sub> | T <sub>п.з.</sub> | T <sub>шт.</sub>  |                 | COTC           |
| Шерошливно-фрезерно-расточной 225х8мм с универсальной системой ЧПУ |                                                                                                                                           |                         |          |                         |                | 36                |                   |                 |                |
| P                                                                  |                                                                                                                                           | Пит.                    | Q, мм³/в | L                       | f              | i                 | S                 | v               | t <sub>е</sub> |
| O1                                                                 |                                                                                                                                           |                         | mm       | mm                      | mm             |                   | mm/min, mm³       | m/min, m/c      | min            |
| O2                                                                 | A Установить заготовку                                                                                                                    |                         |          |                         |                |                   |                   |                 | 0,6            |
| T O3                                                               | Пр. 396131 пилка мозаичная со специальной наладкой                                                                                        |                         |          |                         |                |                   |                   |                 |                |
| O4                                                                 |                                                                                                                                           |                         |          |                         |                |                   |                   |                 |                |
| D O5                                                               | 1 фрезеровать плоскость, выдерживая размер 1                                                                                              |                         |          |                         |                |                   |                   |                 |                |
| T O6                                                               | Вкл. 392801 шпиндель S0-S0-221B DCT2 ПЧ-6-84; РЧ 391801 фреда 224-0157 TSK6 ГОСТ 9475-80; Ш. 181 мод. 124 TSJ-034-3011-83                 |                         |          |                         |                |                   |                   |                 |                |
| P O7                                                               |                                                                                                                                           | O1                      | 120      | 160                     | 2,2            | 1                 | 384               | 240             | 120            |
| O8                                                                 |                                                                                                                                           |                         |          |                         |                |                   |                   | 2               | 0,8            |
| O O9                                                               | 2-7 Центровать шесть отверстий 2 последовательно, выдерживая размеры 3-7 и отклонения симметричности не более ±0,3 относительно наружного |                         |          |                         |                |                   |                   |                 |                |
| T O10                                                              | профиля                                                                                                                                   |                         |          |                         |                |                   |                   |                 |                |
| T O11                                                              | Вкл. 392801 патрон 2-S0-10-90 ГОСТ 26539-85; РЧ (варто) 03S-2317-0102 DCT 2K20-5-80; Ш. 181 мод. 124 TSJ-034-3011-83                      |                         |          |                         |                |                   |                   |                 |                |
| P O12                                                              |                                                                                                                                           | O2                      | 10       | 5                       | 5              | 1                 | 23                | 765             | 24             |
| O13                                                                |                                                                                                                                           |                         |          |                         |                |                   |                   | 0,4             | 15             |

OK

Рисунок 2 - Пример заполненной операционной карты единичного технологического процесса механической обработки (лист первый)

| Деталь                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                         | Вариант |       | Подпись |    | Имя |     | Адрес |     | Адрес |      | Подпись |  | Дата |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|---------|----|-----|-----|-------|-----|-------|------|---------|--|------|--|---|---|---|-------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|----|----|---|---|---|----|-----|----|-----|-----|------|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      | 2       |  | 2    |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ГОСТ 3.1404-86                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Формат 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1"> <tr> <th>Р</th> <th>П</th> <th>Д</th> <th>или В</th> <th>L</th> <th>t</th> <th>i</th> <th>S</th> <th>n</th> <th>V</th> <th>h</th> <th>to</th> </tr> <tr> <td>01</td> <td></td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td colspan="11">4 - 7 Сверлить четыре отверстия 7 последовательно, выдерживая размеры 3, 4, 8, 9 и отклонения симметричности не более ±0,3 относительно</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td colspan="11">наружного профиля</td> </tr> <tr> <td>04</td> <td colspan="11">Вкл. 392801 патром 2-50-10-90 ГОСТ 26539-85; РМ. Сверло 035-2317-0102 ГОСТ 21620-5-80; СМ. ШЛ мод. 124; РЧ 2-034-3011-81</td> </tr> <tr> <td>05</td> <td>02</td> <td>10</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>23</td> <td>765</td> <td>24</td> <td>0,4</td> <td>1,0</td> <td>0,62</td> </tr> <tr><td>06</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>07</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>08</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>09</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  | Р | П | Д | или В | L | t | i | S | n | V | h | to | 01 |  | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | 02 | 4 - 7 Сверлить четыре отверстия 7 последовательно, выдерживая размеры 3, 4, 8, 9 и отклонения симметричности не более ±0,3 относительно |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 03 | наружного профиля |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 04 | Вкл. 392801 патром 2-50-10-90 ГОСТ 26539-85; РМ. Сверло 035-2317-0102 ГОСТ 21620-5-80; СМ. ШЛ мод. 124; РЧ 2-034-3011-81 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 05 | 02 | 10 | 5 | 5 | 1 | 23 | 765 | 24 | 0,4 | 1,0 | 0,62 | 06 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 07 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 08 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 09 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 13 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 14 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 19 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Р                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | П                                                                                                                                       | Д       | или В | L       | t  | i   | S   | n     | V   | h     | to   |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 01                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         | mm      | mm    | mm      | mm | mm  | mm  | mm    | mm  | mm    | mm   |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 02                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4 - 7 Сверлить четыре отверстия 7 последовательно, выдерживая размеры 3, 4, 8, 9 и отклонения симметричности не более ±0,3 относительно |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 03                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | наружного профиля                                                                                                                       |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 04                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Вкл. 392801 патром 2-50-10-90 ГОСТ 26539-85; РМ. Сверло 035-2317-0102 ГОСТ 21620-5-80; СМ. ШЛ мод. 124; РЧ 2-034-3011-81                |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 05                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 02                                                                                                                                      | 10      | 5     | 5       | 1  | 23  | 765 | 24    | 0,4 | 1,0   | 0,62 |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 06                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 08                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 09                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| OK                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |         |       |         |    |     |     |       |     |       |      |         |  |      |  |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |    |    |   |   |   |    |     |    |     |     |      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Рисунок 3 - Пример заполненной операционной карты единичного технологического процесса механической обработки (последующий лист)

### Технология выполнения работы:

1. Заполните маршрутную карту в соответствии с выданным заданием, соблюдая все правила оформления.
2. Ответьте на вопросы

### Задание:

Рассмотрите чертеж детали, взятый вами на практике и разработайте одну операцию по обработке наружной или внутренней поверхности

заготовки. Данные занесите в операционную карту в соответствии со всеми требованиями, предъявляемые ГОСТом.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие сведения записывают в операционной карте маршрутного технологического процесса?
2. Что означает термин «операционная карта»?
3. Как заполняют информацию в операционных картах технологического процесса?
4. С какой целью каждую строку операционной карты мысленно делят по горизонтали пополам?
5. Какую информацию записывают в строку со служебным символом «О»?
6. Какую информацию записывают в строку со служебным символом «Т»?
7. Какую информацию записывают в строку со служебным символом «Р»?

### **Практическое занятие №8**

#### **Технологическая документация. КЭ**

**Цель работы:** приобрести навыки заполнения технической документации

Правила оформления карты эскизов (КЭ)

Карта эскизов (КЭ) оформляется по форме 1 ГОСТ 3.1105–84.

На картах эскизов должны быть указаны все данные, необходимые для выполнения техпроцесса (размеры, предельные отклонения, обозначение шероховатости обрабатываемых поверхностей, условные обозначения опор и зажимов, схемы базирования ГОСТ 3.1107–81).

Обрабатываемые поверхности следует обводить сплошной линией толщины от 2S до 3S по ГОСТ 2.303-68.

На картах эскизов все размеры обрабатываемых поверхностей нумеруется арабскими цифрами в окружности диаметра 6...8 мм и соединяются с размерной линией.

Таблицы размещают на свободном поле карты эскизов справа от изображения.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ГОСТ 11404-85                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Форм 2      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin-bottom: 5px;"></div> <div>Длина</div> </div> <div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin-bottom: 5px;"></div> <div>Ширина</div> </div> <div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin-bottom: 5px;"></div> <div>Глубина</div> </div> </div> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div>Измеряет</div> <div>Исполн</div> </div> <div> <div>1/24.01.85</div> <div>11.12.85</div> </div> <div> <div>МТО</div> <div>РМТМ</div> </div> <div> <div>АБВГ, ХХХХХ, ХХХ</div> <div>ХХХХХ, ХХХХХХХ</div> <div>ХХХХХ, ХХХХХ</div> </div> <div> <div>М.</div> <div>ХХХХХ, ХХХХХ</div> </div> </div>                                                                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div>А. Контр</div> <div>Давноба</div> </div> <div> <div>12.12.85</div> <div>12.12.85</div> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Плита                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 02 05 - 010 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div>применение</div> <div>Фрезерная</div> </div> <div> <div>Материал</div> <div>30ХГСА</div> </div> </div>                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div>Верхняя</div> <div>—</div> </div> <div> <div>18</div> <div>из</div> </div> <div> <div>М2</div> <div>2,650</div> </div> <div> <div>Плотность, норм. заготов.</div> <div>Лист</div> </div> <div> <div>М2</div> <div>2,150</div> </div> <div> <div>ВМ2</div> <div>1</div> </div> </div> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div>Обработка, инструмент</div> <div>4М9</div> </div> <div> <div>Обработка, инструмент</div> <div>4М9</div> </div> </div>                                                                                                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div>6Т12К-1; М22-1М</div> <div>ХХХХХ, ХХХХХ</div> </div> <div> <div>7а</div> <div>7б</div> </div> <div> <div>Г. а. з.</div> <div>Г. а. з.</div> </div> <div> <div>С. а. з.</div> <div>С. а. з.</div> </div> </div>                                                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div>5,04</div> <div>2,38</div> </div> <div> <div>3,15</div> <div>6,27</div> </div> <div> <div>Земельная</div> <div>Земельная</div> </div> </div>                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Р</div> <div>В</div> <div>В</div> <div>В</div> <div>В</div> <div>В</div> <div>В</div> <div>В</div> <div>В</div> <div>В</div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Q Ф1</div> <div>1. Фрезеровать шпиль по всей длине, выдерживая размеры 1 и 2</div> <div>1,52</div> <div>3,4</div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Г Ф2</div> <div>АБВГ, ХХХХХ, ХХХ шпиль; АБВГ, ХХХХХ, ХХХ шпиль; АБВГ, ХХХХХ, ХХХ шпиль</div> <div>3,15</div> <div>3,8</div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Ф3</div> <div>АБВГ, ХХХХХ, ХХХ шпиль; АБВГ, ХХХХХ, ХХХ шпиль</div> <div>3,15</div> <div>3,8</div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Р Ф4</div> <div>021 40 215 2,5 4 0,2 3,15 3,8</div> <div>3,15</div> <div>3,8</div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Ф5</div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Ф6</div> <div>2. Контроль геометрии</div> <div>0,46</div> <div>1,24</div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Ф7</div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Ф8</div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Ф9</div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Ф10</div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Рассмотрите чертеж детали, взятый вами на практике, и разработайте одну карту эскиза. Данные занесите в операционную карту в соответствии со всеми требованиями, предъявляемые ГОСТом.

## **Тема 1.1 Общие вопросы технологии машиностроения**

### **Лабораторное занятие №1**

#### **Описание детали. Назначение детали. Составление спецификации деталей, входящих в состав механизм**

Цель работы – развитие навыков проведения технического анализа конструкции сборочного узла на основе изучения его служебного назначения, составления технических условий эксплуатации и сборки, отработки на технологичность.

##### **Теоретические сведения**

##### **Исходные данные**

Сборка является заключительным этапом в изготовлении машины и первым этапом при разработке технологии ее изготовления. Такой порядок позволяет на стадии проектирования обосновать экономически целесообразную точность сопрягаемых деталей, осуществить анализ технологичности конструкций, которая зависит от норм точности, определяемых служебным назначением машины

.

Исходными материалами для разработки технологического процесса сборки являются: сборочный чертеж, определяющий конструкцию изделия; спецификация поступающих на сборку деталей и сборочных единиц; технологические требования к изделию и объем выпуска.

Разработка технологического процесса сборки начинается с ознакомления с конструкцией изделия и изучения его служебного назначения. Здесь же дается анализ технологичности конструкций изделия.

##### **Изучение сборочного чертежа**

Вначале изучают конструкцию собираемого изделия и технические условия его приемки. Сборочный чертеж должен содержать все необходимые проекции и размеры, номера деталей и узлов; размеры, выдерживаемые при сборке; натяги и зазоры в сопряжениях, а также данные о весе изделия.

Следует также изучить конструкцию узла и его роль в осуществлении служебного назначения изделия и выявить основные задачи, которые необходимо решить в процессе изготовления узла.

Для изучения служебного назначения изделия используют соответствующие стандарты, технические описания, паспорта, руководства по эксплуатации, каталоги, проспекты, технические условия на изготовление и т.д.

Изучение конструкции узла должно охватывать состав и взаимодействие его деталей, режимы работы узла, способ базирования узла в машине, конструктивную связь с другими частями машины (с приводом, с приводимыми в движение узлами и деталями и т.д.).

Для раскрытия роли узла, прежде всего, следует выявить его место в машине и связи, в осуществлении которых он участвует. Любая машина выполняет технологический процесс при помощи различного рода связей (размерных, кинематических, динамических, электрических, гидравлических, пневматических и др.), действующих между ее исполнительными поверхностями.

Чтобы сознательно подойти к разработке технологического процесса изготовления узла, технологу необходимо не только осмыслить роль узла в осуществлении связей исполнительных поверхностей, но и оценить правильность требований, предъявляемых к качеству узла, а в случае необходимости уметь скорректировать или дополнить их.

Формулировка служебного назначения должна отражать не только общую задачу изделия (узла), для решения которой оно создается, но и все вспомогательные условия и требования, которые эту задачу уточняют, дополняют, конкретизируют.

Если обоснование количественной величины какой-либо нормы точности сопряжено со сложными расчетами, вызывающими серьезные затруднения, рекомендуется дать схему перехода от требований служебного назначения изделия к одному из показателей его точности. Если нормы точности (технические условия) даны на чертеже, то их подвергают критическому анализу соответствия служебному назначению. В первую очередь следует подвергать анализу те нормы точности, для проверки которых требуется применение расчетов размерных цепей.

При анализе исходных данных выявляют перспективность производства изделий, так как от этого зависит степень автоматизации сборки.

Откорректированные технические требования и нормы точности узла являются исходными данными при выборе методов достижения требуемой точности сборки.

#### Анализ технологичности конструкции изделия

Особое внимание уделяют анализу технологичности конструкции изделия.

Отработка конструкции узла на технологичность должна быть направлена на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия при обеспечении необходимого его качества.

При отработке конструкции узла (сборочной единицы) на технологичность (ГОСТ 14.203-83) следует учитывать три группы требований:

- к составу сборочной единицы;
- к конструкции соединений составных частей;
- к точности и методу сборки.

Рассматривая и анализируя состав сборочной единицы (узла), учитывают следующее.

Сборочная единица должна расчленяться на рациональное число составных частей с учетом принципа агрегатирования.

Конструкция сборочной единицы должна обеспечивать возможность компоновки из стандартных изделий и унифицированных частей. Конструкция машины должна допускать ее

сборку из предварительно собранных узлов, что позволяет осуществлять параллельную сборку и испытание узлов и изделия, сокращает длительность цикла сборки машины. Уменьшение количества наименований деталей и узлов машины, а также использование стандартных деталей и узлов снижают себестоимость изготовления машины. Нормализация крепежных и других деталей изделия сокращает номенклатуру сборочных инструментов и позволяет более эффективно использовать средства механизации сборочных работ.

Сборка изделия не должна обуславливать применение сложного технологического оснащения. Конструкция изделия должна допускать его сборку без сложных приспособлений и путем использования простых (предпочтительно прямолинейных) движений.

Виды используемых соединений, их конструкции и месторасположение должны соответствовать требованиям механизации и автоматизации сборочных работ.

Необходимо обеспечивать возможность удобного подвода механизированного сборочного инструмента к местам соединения деталей.

В конструкции сборочной единицы и ее составных частей, имеющих массу более 20 кг, должны предусматриваться конструктивные элементы для удобства захвата грузоподъемными средствами, используемыми в процессе сборки, разборки и транспортирования.

Конструкция сборочной единицы должна предусматривать базовую составную часть, которая является основой для расположения остальных составных частей.

Компоновка конструкции сборочной единицы должна позволять производить сборку при неизменном базировании составных частей.

В конструкции базовой составной части необходимо предусматривать возможность использования конструктивных сборочных баз в качестве технологических и измерительных.

Наличие многозвенных размерных цепей сужает допуски на размеры составляющих звеньев, поэтому в них предусматривают жесткие или регулируемые компенсаторы, при помощи которых легко обеспечивается требуемая точность замыкающего звена размерной цепи.

Компоновка сборочной единицы должна обеспечивать:

- общую сборку без промежуточной разработки и повторных сборок составных частей;
- удобный доступ к местам, требующим контроля, регулировки и проведения других работ, регламентированных технологией подготовки изделия к функционированию и технического обслуживания;
- легкоъемность составных частей с малым ресурсом;
- рациональное расположение такелажных узлов, монтажных опор и других устройств для обеспечения транспортабельности изделия.

При проверке конструкции соединений необходимо стремиться, чтобы количество поверхностей и мест соединений было минимальным.

Соединения должны быть доступны для механизации сборочных и контрольных работ и не должны требовать сложной и необоснованно точной обработки сопрягаемых поверхностей, а также дополнительной обработки в процессе сборки.

Замеченные в сборочных чертежах и технических условиях неясности и ошибки исправляет конструкторское бюро. При анализе конструкции изделия составляют предложения по ее совершенствованию с целью упрощения сборки. Предлагаемые изменения не должны нарушать конструкцию изделия в целом и неблагоприятно влиять на его служебное назначение.

#### Необходимые оборудование, инструменты и материалы

- 1 Рабочий механизм или узел.
- 2 Комплект слесарного инструмента.
- 3 Справочники и справочные пособия.

#### Порядок выполнения работы

- 1 Получить сборочный узел у преподавателя.
- 2 Разобрать узел, изучить конструкцию узла, определить служебное назначение.
- 3 Произвести эскизирование узла, выполнив необходимое количество видов и сечений.
- 4 Составить спецификацию узла.
- 5 Составить технические условия на эксплуатацию узла.
- 6 Составить технические условия на сборку узла.
- 7 Выполнить анализ узла на технологичность.
- 8 Разработать проект предложения по усовершенствованию конструкции узла.
- 9 Сделать вывод.

#### Содержание отчета

- 1 Наименование работы, цель.
- 2 Описание узла или механизма и его служебное назначение.
- 3 Эскиз узла.
- 4 Спецификация узла.
- 5 Технические условия на эксплуатацию и сборку узла.
- 6 Анализ узла на технологичность.
- 7 Проект предложения по усовершенствованию конструкции узла.
- 8 Вывод.

#### Перечень основных контрольных вопросов

- 1 Последовательность изучения сборочного чертежа узла.
- 2 Исходные данные при выборе методов достижения требуемой точности сборки.
- 3 Группы требований при отработке конструкции узла на технологичность.
- 4 Последовательность отработки узла на технологичность.

## Лабораторное занятие № 2

### **Анализ конструктивно-технологических свойств детали, исходя из ее служебного назначения; использовать конструкторскую документацию при отработке конструкции детали на технологичность**

Цель работы: Провести анализ конструкции детали по чертежу. Дать качественную оценку технологичности конструкции детали. Освоить методику определения количественных показателей технологичности конструкции деталей машин

#### Краткие теоретические сведения

Технологичность - важнейшая техническая основа, обеспечивающая использование конструкторских и технологических резервов для выполнения задач по повышению технико-экономических показателей изготовления и качества изделий.

Технологичность конструкции деталей обуславливается: а) рациональным выбором исходных заготовок и материалов:

б) технологичностью формы детали; в) рациональной постановкой размеров; г) назначением оптимальной точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, параметров шероховатости и технических требований.

Технологичность детали зависит от типа производства; выбранного технологического процесса, оборудования и оснастки;

организации производства, а также от условий работы детали и сборочной единицы в изделии и условий ремонта.

Признаками технологичности конструкции детали, например, подкласса валов являются наличие у ступенчатых валов небольших перепадов диаметров ступеней, расположение ступенчатых поверхностей с убыванием диаметра от середины или от одного из концов, доступность всех обрабатываемых поверхностей для механической обработки, возможность применить для изготовления детали исходную заготовку прогрессивного вида, которая по форме и размерам близка к форме и размерам готовой детали, возможность применять для обработки высокопроизводительные методы.

#### Технология выполнения работы:

1. Провести качественный анализ конструкции детали по чертежу на технологичность.

Рассчитать показатели технологичности детали.

Сравнить расчетные величины со средними нормативными значениями коэффициентов технологичности.\*

4. Сделать вывод о технологичной целесообразности конструкции детали.

# Задание № 1

1) Определить показатели технологичности конструкции по следующим данным:

| № варианта | Количество поверхностей детали | Количество унифицированных элементов | Масса, кг |                  | Трудоемкость, мин |                  | Себестоимость руб |                  | Средний квалитет точности | Средняя шероховатость |
|------------|--------------------------------|--------------------------------------|-----------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|---------------------------|-----------------------|
|            |                                |                                      | детали    | базового аналога | детали            | базового аналога | детали            | базового аналога |                           |                       |
| 1          | 19                             | 12                                   | 0,8       | 1,1              | 28                | 31               | 1,7               | 2,1              | 8                         | 0,63                  |
| 2          | 28                             | 17                                   | 0,3       | 0,4              | 16                | 24               | 0,9               | 1,3              | 9,5                       | 3,2                   |
| 3          | 73                             | 45                                   | 3,1       | 3,8              | 78                | 86               | 3,4               | 4,1              | 7,3                       | 1,1                   |
| 4          | 41                             | 27                                   | 0,2       | 0,4              | 31                | 39               | 1,2               | 1,4              | 6,8                       | 0,4                   |
| 5          | 55                             | 40                                   | 4,8       | 5,5              | 68                | 89               | 4,8               | 5,3              | 7,9                       | 2,5                   |
| 6          | 47                             | 33                                   | 3,5       | 4,0              | 42                | 48               | 5,3               | 6,0              | 8,4                       | 1,2                   |
| 7          | 26                             | 15                                   | 1,4       | 2,2              | 36                | 44               | 4,2               | 4,8              | 9,2                       | 0,63                  |
| 8          | 44                             | 30                                   | 0,25      | 0,32             | 58                | 64               | 0,8               | 1,2              | 11,4                      | 3,6                   |
| 9          | 64                             | 38                                   | 0,6       | 0,9              | 98                | 110              | 1,4               | 1,8              | 8,6                       | 2,5                   |
| 10         | 34                             | 22                                   | 2,4       | 3,0              | 24                | 30               | 2,0               | 2,2              | 7,2                       | 1,6                   |
| 11         |                                |                                      |           |                  |                   |                  |                   |                  |                           |                       |
| 12         |                                |                                      |           |                  |                   |                  |                   |                  |                           |                       |
|            |                                |                                      |           |                  |                   |                  |                   |                  |                           |                       |

2) Используя чертеж детали (варианты представлены в приложении), установить требования по точности изготовления детали и качеству их рабочих поверхностей; дать качественную и количественную оценку технологичности вариантов конструктивного оформления и маршрут обработки элементов деталей; провести размерное описание составляющих поверхностей

Оценка технологичности конструкций типовых деталей машиностроения.

Ход работы:

1. Эскиз детали.

|          |           |   |
|----------|-----------|---|
| Название | детали    | - |
| Марка    | материала | - |
| Масса    | детали    | - |

2. Провести анализ конструкции детали по чертежу на технологичность. \_\_\_\_\_

---

---

---

---

3. Рассчитываем коэффициенты технологичности и сравниваем расчетные величины со средними нормативными значениями.

а) Коэффициент точности:

$K_T =$

б) Коэффициент шероховатости:

$K_{ш} =$

в) Коэффициент унификации конструктивных элементов:

$K_{у.э.} =$

Вывод: \_\_\_\_\_

Контрольные вопросы:

Что такое технологичность?

Какие методы определения технологичности конструкции существуют?

Как определяется показатель шероховатости?

Какие факторы, влияют на технологичность конструкции изделия?

## Тема 1.2 Виды заготовок

## Лабораторное занятие №3

### Проектирование заготовки из проката

Цель работы:

- Закрепление и углубление теоретических знаний по теме «Проектирование заготовки, получаемой из проката».
- Отработать навыки расчета.
- Научить решению практических вопросов и задач.

В машиностроении основными видами заготовок для деталей являются стальные и чугунные отливки, отливки из цветных металлов и сплавов, штамповки из черных и цветных металлов и сплавов и различные профили проката.

Основным показателем, характеризующим экономичность выбранного метода получения заготовок, является коэффициент использования материала (КИМ), выражающий отношение массы детали к норме расхода металла на деталь:

$$\text{КИМ} = \frac{M_d}{M_{\text{заг}}} \quad (1)$$

*Задача 1:* Спроектировать заготовку вала, полученную из проката.

*Задача 2:* Выполнить чертеж заготовки.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По конструкторскому чертежу и заданию определяем размеры заготовки по формулам (1) и (3) и допускаемые отклонения на диаметр и длину заготовки (см. приложения 1-3).
2. Диаметр проката определяется исходя из диаметра *наибольшей* ступени вала; к нему прибавляют общий припуск на механическую обработку  $2Z_o$ , определяемый по табл. 1 приложения 1 в зависимости от отношения всей длины вала  $L$  к диаметру его наибольшей ступени  $D_{\text{max}}$  ( $L/D_{\text{max}}$ ):
$$D_z = D_{\text{д. max}} + 2Z_o, \quad (2)$$
где  $2Z_o$  - припуск на обработку в диаметральном выражении на диаметр наибольшей ступени детали, мм.
3. По расчетному диаметру заготовки  $D_z$  и по приложению 2 из сортамента [2] подбираем ближайший наибольший диаметр круглого стального

проката, назначаем точность прокатки (В) и определяем предельные отклонения диаметра заготовки.

- Затем определяем длину заготовки. По табл. 2 приложения 1 назначаем двусторонний припуск на обработку обоих торцов детали. Тогда длина заготовки  $L_3$  составит:

$$L_3 = L_d + 2Z_o, \quad (3)$$

где  $2Z_o$  - двусторонний припуск на обработку торцов заготовки, мм [3].

- Предельные отклонения на длину заготовки зависят от способа резки проката на штучные заготовки и определяются по табл. 1 приложения 3.
- Определяем массу детали .
- Определяем массу заготовки .
- Определяем КИМ .

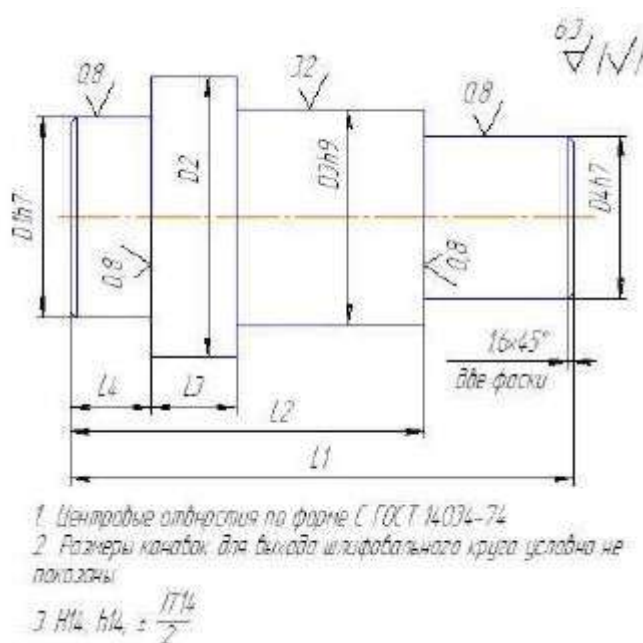
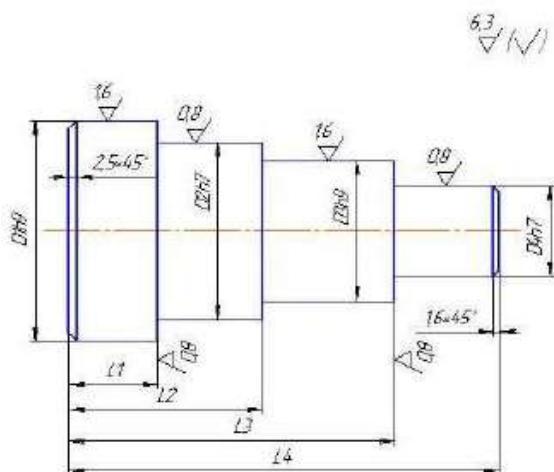


Рис. 1. Вал

### Варианты заданий к рис.1

| №<br>ва<br>ри<br>анта | Диаметры шеек вала,<br>мм |    |    |    | Длины шеек,<br>мм |    |    |    | Материал детали,<br>стандарт на механические<br>свойства |
|-----------------------|---------------------------|----|----|----|-------------------|----|----|----|----------------------------------------------------------|
|                       | D1                        | D2 | D3 | D4 | L1                | L2 | L3 | L4 |                                                          |
| 1                     | 20                        | 15 | 10 | 10 | 85                | 65 | 20 | 25 | Сталь Ст.3 ГОСТ 380-88                                   |
| 2                     | 22                        | 16 | 12 | 8  | 60                | 45 | 20 | 25 | Сталь Ст.6 ГОСТ 380-88                                   |
| 3                     | 25                        | 20 | 20 | 15 | 90                | 70 | 25 | 45 | Сталь 20 ГОСТ 1050-88                                    |

|    |     |     |     |     |     |     |     |     |                           |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------|
| 4  | 30  | 20  | 16  | 8   | 50  | 40  | 20  | 20  | Сталь 35 ГОСТ 1050-88     |
| 5  | 60  | 56  | 50  | 46  | 250 | 200 | 140 | 60  | Сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-71  |
| 6  | 50  | 46  | 42  | 32  | 180 | 150 | 100 | 50  | Сталь 20Х ГОСТ 4543-71    |
| 7  | 70  | 65  | 60  | 55  | 250 | 200 | 150 | 50  | Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71   |
| 8  | 80  | 75  | 70  | 64  | 300 | 250 | 180 | 70  | Сталь 20ХН ГОСТ 4543-71   |
| 9  | 90  | 85  | 80  | 75  | 280 | 200 | 130 | 70  | Сталь 45 ГОСТ 1050-88     |
| 10 | 100 | 95  | 90  | 85  | 175 | 140 | 100 | 40  | Сталь ШХ15 ГОСТ 801-88    |
| 11 | 120 | 115 | 110 | 100 | 180 | 150 | 75  | 75  | Сталь 40Х ГОСТ 4543-71    |
| 12 | 105 | 100 | 90  | 80  | 200 | 165 | 65  | 100 | Сталь 45 ГОСТ 1050-88     |
| 13 | 110 | 105 | 100 | 85  | 175 | 140 | 75  | 65  | Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71 |
| 14 | 115 | 110 | 100 | 85  | 150 | 120 | 65  | 55  | Сталь ШХ15 ГОСТ 801-88    |



1. Центральные отверстия по форме С ГОСТ 14034-74.  
 2. Размеры канавок для вывода шлифовального круга условно не показаны.  
 3.  $H_1, H_2 = \frac{IT_1}{2}$

Рис. 2 . Вал

Варианты заданий к рис. 2

| №<br>вари-<br>анта | Диаметры шеек вала,<br>мм |     |     |     | Длины шеек,<br>мм |    |    |     | Материал детали,<br>стандарт на механические<br>свойства |
|--------------------|---------------------------|-----|-----|-----|-------------------|----|----|-----|----------------------------------------------------------|
|                    | D1                        | D2  | D3  | D4  | L1                | L2 | L3 | L4  |                                                          |
| 1                  | 15                        | 20  | 10  | 10  | 15                | 35 | 65 | 100 | Сталь Ст.3 ГОСТ 380-88                                   |
| 2                  | 16                        | 24  | 18  | 12  | 15                | 40 | 55 | 80  | Сталь Ст.6 ГОСТ 380-88                                   |
| 3                  | 20                        | 25  | 20  | 15  | 20                | 45 | 65 | 85  | Сталь 20 ГОСТ 1050-88                                    |
| 4                  | 25                        | 20  | 12  | 8   | 20                | 40 | 55 | 75  | Сталь 35 ГОСТ 1050-88                                    |
| 5                  | 42                        | 58  | 40  | 32  | 30                | 55 | 75 | 105 | Сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-71                                 |
| 6                  | 56                        | 60  | 50  | 40  | 25                | 45 | 75 | 90  | Сталь 20Х ГОСТ 4543-71                                   |
| 7                  | 65                        | 75  | 60  | 50  | 40                | 65 | 85 | 110 | Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71                                  |
| 8                  | 75                        | 80  | 70  | 64  | 45                | 60 | 80 | 110 | Сталь 20ХН ГОСТ 4543-71                                  |
| 9                  | 85                        | 90  | 80  | 75  | 35                | 50 | 70 | 90  | Сталь 45 ГОСТ 1050-88                                    |
| 10                 | 95                        | 100 | 90  | 85  | 35                | 55 | 75 | 120 | Сталь ШХ15 ГОСТ 801-88                                   |
| 11                 | 100                       | 105 | 90  | 80  | 35                | 65 | 85 | 115 | Сталь 40Х ГОСТ 4543-71                                   |
| 12                 | 105                       | 110 | 90  | 75  | 25                | 45 | 70 | 100 | Сталь 45 ГОСТ 1050-88                                    |
| 13                 | 110                       | 120 | 100 | 85  | 30                | 50 | 75 | 105 | Сталь 30ХС ГОСТ 4543-71                                  |
| 14                 | 115                       | 120 | 110 | 100 | 20                | 40 | 60 | 85  | Сталь ШХ15 ГОСТ 801-88                                   |

## Лабораторное занятие №4

### Проектирование отливки

**Цель работы:** изучить последовательность проектирования технологического процесса механической обработки отливки.

Для механической обработки заготовки необходимо сделать технико-экономический анализ в условиях единичного производства с точки зрения коэффициента использования металла, маршрута обработки и количества необходимых металлорежущих станков различных типов.

При анализе на отливку необходимо составить укрупненный маршрут ее механической обработки, в котором дать наименование и последовательность операции для достижения заданных чертежом параметров точности и шероховатости сопрягаемых поверхностей детали, необходимые типы станков для выполнения операций.

Параметры шероховатости поверхности по ГОСТ 2789 73 приведены в таблице 13.1.

таблица 13.1

Классы шероховатости поверхности

| Класс шероховатости | Параметры шероховатости, мкм |      | Класс шероховатости | Параметры шероховатости, мкм |      |
|---------------------|------------------------------|------|---------------------|------------------------------|------|
|                     | Rz                           | Ra   |                     | Rz                           | Ra   |
| 1                   | 320                          | 80   | 8                   | 3,2                          | 0,63 |
| 2                   | 160                          | 40   | 9                   | 1,6                          | 0,32 |
| 3                   | 80                           | 20   | 10                  | 0,8                          | 0,16 |
| 4                   | 40                           | 10   | 11                  | 0,4                          | 0,08 |
| 5                   | 20                           | 5,0  | 12                  | 0,2                          | 0,04 |
| 6                   | 10                           | 2,5  | 13                  | 0,1                          | 0,02 |
| 7                   | 6,3                          | 1,25 | 14                  | 0,05                         | 0,01 |

**таблица 13.2**  
**Параметры некоторых видов механической обработки**

| Методы обработки                                                         |                 | Квалитет точности | Шероховатость Ra |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| <b>I. Наружные поверхности тел вращения (%илиндрическая, коническая)</b> |                 |                   |                  |
| Точение                                                                  | черновое        | 14—12             | 50—6,3           |
|                                                                          | чистовое        | 10—8              | 6,3—0,4          |
|                                                                          | тонкое          | 8—6               | 1,6—0,2          |
| Шлифование                                                               | предварительное | 9—8               | 6,3—0,4          |
|                                                                          | чистовое        | 7—6               | 3,2—0,2          |
|                                                                          | тонкое          | 6—5               | 1,6—0,1          |
| Суперфиниш                                                               |                 | 5—3               | 0,1—0,012        |
| <b>II. Неглубокие отверстия</b>                                          |                 |                   |                  |
| Сверление, рассверливание                                                |                 | 13—9              | 25—0,8           |
| Зенкерование                                                             | черновое        | 13—12             | 25—6,3           |
|                                                                          | чистовое        | 10—8              | 6,3—0,4          |
| Развертывание                                                            | нормальное      | 11—10             | 12,5—0,8         |
|                                                                          | точное          | 9—7               | 6,3—0,4          |
|                                                                          | тонкое          | 6—5               | 3,2—0,1          |
| Растачивание                                                             | черновое        | 13—11             | 25—1,6           |
|                                                                          | чистовое        | 10—8              | 6,3—0,4          |
|                                                                          | тонкое          | 7—5               | 3,2—0,2          |
| Протягивание                                                             | черновое        | 11—10             | 12,5—0,8         |
|                                                                          | чистовое        | 9—6               | 6,3—0,2          |
| Шлифование                                                               | предварительное | 9—8               | 6,3—0,4          |
|                                                                          | чистовое        | 7—6               | 3,2—0,2          |
|                                                                          | тонкое          | 6—5               | 1,6—0,1          |
| Хонингование                                                             |                 | 6—5               | 1,6—0,1          |
| <b>III. Плоские поверхности</b>                                          |                 |                   |                  |
| Строгание                                                                | черновое        | 13—11             | 12,5—3,2         |
|                                                                          | чистовое        | 10—9              | 1,6—0,8          |
| Фрезерование                                                             | черновое        | 13—11             | 12,5—3,2         |
|                                                                          | чистовое        | 10—8              | 1,6—0,8          |
|                                                                          | тонкое          | 8—6               | 1,6—0,2          |
| Шлифование                                                               | черновое        | 9—8               | 1,6—0,4          |
|                                                                          | чистовое        | 8—7               | 0,4—0,1          |

Для классов с 1-го по 5-й, 13-го и 14-го на чертежах указывают Rz, для классов с 6-го по 12-й — значения Ra (выделено).

Основные методы обработки некоторых типовых (элементарных) поверхностей, значения шероховатости и экономическая точность, достигаемые при использовании этих методов, приведены в таблице 13.2.

Для достижения высоких показателей точности и шероховатости обработка производится в несколько этапов: черновая (предварительная), чистовая и тонкая. При этом тонкая обработка производится на специально выделенных станках, обеспечивающих большие скорости обработки, малую подачу и имеющих повышенную жесткость и точность. Последовательность операций обработки для наружных поверхностей тел вращения приведена в таблице 13.3. Таким образом, для достижения точности

калитета 5–6 необходимо последовательно выполнить черновое (предварительное) и чистовое точение; предварительное и чистовое шлифование. Весь припуск на механическую обработку распределяется между проходами операции. При черновой и чистовой обработке припуск делится в соотношении соответственно

0,7/0,3;

при черновой, получистовой и чистовой обработках:

0,7/0,2/0,1.

таблица 13.3

Последовательность операций обработки тел вращения

| Квалитет точности | Точение                       |          | Шлифование                    |          |
|-------------------|-------------------------------|----------|-------------------------------|----------|
|                   | однократное (предварительное) | чистовое | однократное (предварительное) | чистовое |
|                   | Припуски на обработку, мм     |          |                               |          |
|                   | 2–8                           | 0,2–2,0  | 0,2–0,6                       | 0,08–0,2 |
| 14–12             | +                             | –        | –                             | –        |
| 11–9              | +                             | +        | –                             | –        |
| 9–6               | +                             | +        | +                             | –        |
| 6–5               | +                             | +        | +                             | +        |

таблица 13.4

Последовательность обработки отверстий

| Квалитет точности | сверление, рассверливание | Зенкерование (расточивание) | Развертывание (тонкое растачивание) | Шлифование (протягивание) |
|-------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
|                   | Припуски на обработку, мм |                             |                                     |                           |
|                   | до 1В                     | 0,В–3 (1–3)                 | 0,0В–0,В                            | 0,0В–0,В (0,2–1,В)        |
| 13–12 (11)        | +                         | –                           | –                                   | –                         |
| 12–11 (10)        | +                         | +                           | –                                   | –                         |
| 10–9 (6)          | +                         | +                           | +                                   | –                         |
| 8–6               | +                         | +                           | +                                   | +                         |

таблица 13.5

Последовательность обработки плоских поверхностей

| Квалитет<br>точности | строгание                 | Фрезерование |          | Шлифова-<br>ние |
|----------------------|---------------------------|--------------|----------|-----------------|
|                      |                           | однократное  | чистовое |                 |
|                      | Припуски на обработку, мм |              |          |                 |
|                      | 1-В                       | 1-В          | 0,В-1,В  | 0,3-0,В         |
| 13-11 (10)           | +                         | -            | -        | -               |
|                      | -                         | +            | -        | -               |
| 10-8 (6)             | +                         | -            | +        | -               |
|                      | -                         | +            | +        | -               |
| 9-7                  | +                         | -            | +        | +               |
|                      | -                         | +            | +        | +               |

Операционные припуски можно также назначить по следующей методике: в зависимости от заданных значений точности и шероховатости поверхности назначается вид окончательной обработки и припуск на эту операцию. Затем оставшееся значение припуска на обработку делят между предварительными видами обработки в соотношении, указанном выше. Последовательность операций обработки для неглубоких отверстий и плоских поверхностей тел вращения приведена, соответственно, в таблицах 13.4 и 13.5.

Для каждой операции выбирается группа станка (токарно-винторезный, вертикально-сверлильный, плоско-шлифовальный и т. д.) в зависимости от типа обрабатываемой поверхности.

Коэффициент использования металла можно оценить по величине припусков на основные поверхности детали, которые необходимо удалить в процессе механической обработки.

После анализа обработки заготовки разрабатывается технологическая карта по форме:

| № операции<br>(схема обработки) | Наименование и<br>содержание операций,<br>переходов | Станки | Инструмент |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------|--------|------------|
|                                 |                                                     |        |            |
|                                 |                                                     |        |            |

Наименование операции определяется типом станка и записывается кратко, например «токарная», «фрезерная» и т. д. Содержания переходов записываются в повелительной форме (подрезать, точить и т. д.). На эскизе операции обрабатываемые поверхности выделяются цветным карандашом или утолщенной линией. Станок указывается полным наименованием с указанием модели (марки). Выбор конкретной модели станка производится в соответствии с размерами обрабатываемой детали, характером обработки. При этом необходимо стремиться к более полному использованию возможностей станка по мощности, частоте вращения, точности и др.

При составлении маршрута механической обработки необходимо руководствоваться следующими положениями:

- 1) в первую очередь обрабатывают поверхности, которые будут базовыми для последующих операций;
- 2) после базовых обрабатывают поверхности, с которых снимаются наибольшие припуски;
- 3) вид окончательной обработки определяется требованиями по точности и шероховатости поверхности и назначается в конце обработки;
- 4) резьбы, шлицы, зубья шестерен, лыски, канавки, отверстия выполняются на ранее обработанных поверхностях; обработка их выделяется в самостоятельную операцию;

при наличии упрочняющей термообработки (закалка) ее проводят перед шлифованием, а отжиг или нормализацию проводят перед обработкой отливок или поковок.

#### ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

Для назначения схемы обработки необходимо проанализировать требования к элементарным (типовым) поверхностям детали, величины припусков на них и выбрать способы обработки этих поверхностей, необходимый тип станка и инструменты.

**1.** Анализ обрабатываемых поверхностей и требования к ним (рис. 13.1):

- 1) А — резьбовая, М36, припуск  $\delta = 3,5$  мм на сторону;
- 2) Б — цилиндрическая,  $\varnothing 65$ , Rz40, не обрабатывается;
- 3) В — плоская, 40 мм, Rz20, припуск  $\delta = 3,5$  мм на сторону;
- 4) Г — отверстие,  $\varnothing 32,5$ , Rz20, припуск  $\delta = 3,5$  мм на сторону;
- 5) Д — коническая,  $20 \times 45^\circ$ , Rz40;
- 6) Е — торец уступа, Rz20, припуск  $\delta = 3,0$  мм.

**2.** Выбор способов обработки поверхностей, тип станка:

- 1) поверхность А — точение, станок токарно-винторезный;

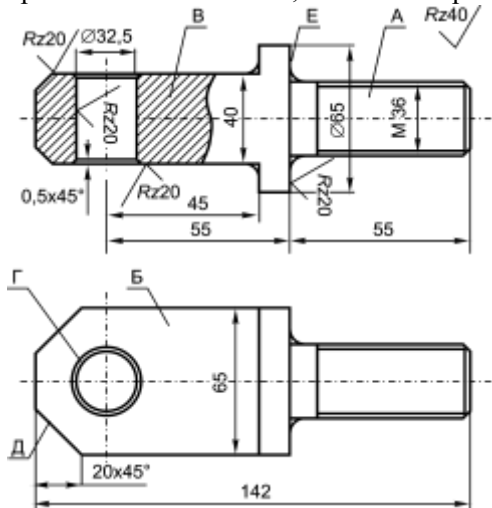


Рис. 13.1

«Ушко 7018-0595 ГОСТ 4739-68»,

материал — КЧ 35-10, ГОСТ 1215-79

- 2) поверхность Б — фрезерование, станок вертикально-фрезерный;
- 3) поверхность Г — зенкерование, станок вертикально-сверлильный;
- 4) поверхность Д — точение, станок токарно-винторезный.

**3.** Определение последовательности операций и переходов:

- 1) подрезка торца  $\varnothing 65$  (со стороны конуса)
- 2) точение конуса  $20 \times 45^\circ$ ;
- 3) подрезка торца  $\varnothing 43$  (со стороны резьбы);
- 4) точение цилиндра под резьбу с черновой подрезкой торца уступа;
- 5) чистовое точение торца уступа Б;
- 6) фрезерование плоскости В с обеих сторон;
- 7) зенкерование отверстия  $\varnothing 32,5$ ;
- 8) зенкерование фаски  $0,5 \times 45^\circ$  с обеих сторон;
- 9) нарезание резьбы М36.

**4.** Определение типов станков:

- 1) токарно-винторезный;
- 2) вертикально-фрезерный;
- 3) вертикально-сверлильный.

**5.** Выбор инструментов и приспособлений для токарной операции:

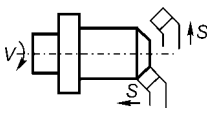
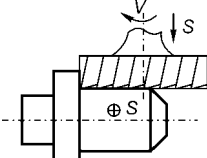
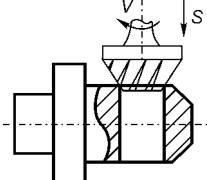
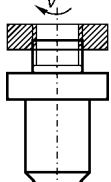
- 1) резец проходной отогнутый;

2) резец проходной упорный.

После анализа обработки заготовки разрабатывается технологическая карта (таблица 13.6).

таблица 13.6

Технологическая карта обработки детали

| № операции                                                                          | Наименование и содержание операций, переходов                                                                                                                                                                                        | Оборудование                   | Инструмент                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|    | <b>1. Тонаркая</b><br>1.1. Подрезать торец.<br>1.2. Точить конус.<br>1.3. Подрезать торец на размер 142 мм.<br>1.4. Точить поверхность А на $\varnothing 35,83$ по длине 54 мм.<br>1.5. Точить торец уступа как чисто на длине 55 мм | Токарно-винторезный станок     | Резец проходной, отогнутый, резец проходной упорный                           |
|    | <b>2. Фрезерная</b><br>2.1. Фрезеровать плоскости с обеих сторон, размер 40 мм                                                                                                                                                       | Вертикально-фрезерный станок   | Фреза торцевая $\varnothing 100$ , Р6М5                                       |
|   | <b>3. Сверлильная</b><br>3.1. Зенкеровать отверстие $\varnothing 32,5$ мм.<br>Зенковать фаски $0,6 \times 45^\circ$ с обеих сторон                                                                                                   | Вертикально-сверлильный станок | Зенкер цилиндрический $\varnothing 32,5$ , Зенкер конический $\varnothing 45$ |
|  | <b>4. Слесарная</b><br>4.1. Нарезать резьбу М36                                                                                                                                                                                      | —                              | Пламка М36                                                                    |

#### Порядок выполнения работы и содержание отчета

1. Спроектировать маршрутную технологию механической обработки отливки, предложенной в лабораторной работе.
2. Сделать технический анализ.
3. Составить укрупненный маршрут механической обработки отливки.
4. Разработать технологическую карту процесса обработки.
5. Составить письменный отчет по работе. *Содержание отчета:* название работы, цель работы, основные теоретические сведения, укрупненный маршрут механической обработки отливки, технологическая карта процесса обработки.

#### Контрольные вопросы

1. В какой последовательности разрабатывается технологический процесс механической обработки детали?
2. Какие методы механической обработки вы знаете?
3. Как назначаются припуски на механическую обработку?
4. Как определяется коэффициент использования металла?
5. Какие поверхности обрабатываются в первую очередь?
6. Какая операция выполняется первой: точение или закалка?

## Лабораторное занятие №5

### Проектирование штамповки

**Цель работы:** Приобретение навыков самостоятельного проектирования штамповок: выбора метода получения заготовки с учетом конкретных производственных условий и требований, предъявляемых к детали при ее эксплуатации; проектирования чертежа заготовки вручную и с помощью программы Kompas 3D.

**Задание:** Индивидуальное задание состоит из эскиза детали с указанием размеров. В задании также представлены такие данные, как шероховатость поверхностей детали, материал детали, программа выпуска, группа поковки, радиальное биение.

Исходной информацией для разработки чертежа поковки является чертеж детали с указанными на нем размерами, предельными отклонениями размеров, параметрами шероховатости поверхностей, маркой материала и установочными базами первой операции механической обработки. Перед конструированием поковки необходимо установить условия эксплуатации детали, технологию обработки после штамповки, а также возможность и рациональность следующих действий:

- изменения конструкции детали для упрощения процесса штамповки;
- увеличения параметров шероховатости поверхностей детали, несопрягаемых в процессе эксплуатации с поверхностями других деталей, для уменьшения объема последующей обработки;
- изготовления двух и более деталей в одной поковке с последующим ее разделением;
- изготовления симметричной поковки, объединяющей две несимметричные детали;
- получения поковок в мало- и безоблойных окончательных ручьях вместо штамповки в открытых ручьях штампов.

Разработка чертежа поковки состоит в последовательном решении следующих вопросов:

1. Выбор положения поверхности разъема.
2. Определение ориентировочной массы поковки, назначение припусков на обработку резанием, допусков на изготовление поковки и внешних радиусов поковки.
3. Назначение напусков на отверстия и проточки, внутренних радиусов закруглений и штамповочных уклонов.
4. Проектирование наметок отверстий и углублений.
5. Построение линии разъема.
6. Оформление чертежа поковки. На чертеже поковка должна быть изображена в положении штамповки (деформирования). На чертеже поковки должны быть нанесены контур заготовки (утолщенной линией) и контур готовой детали (тонкой штрихпунктирной линией), указана плоскость разъема. Помимо основных размеров заготовки, по которым выполняется штамповка, должны быть указаны размеры припусков, проставлены штамповочные уклоны, радиусы скруглений, а также указаны технологические установочные базы первой операции механической обработки.

В технических условиях на чертеже поковки приводятся:

- 1) исходный индекс;
- 2) группа материала;
- 3) степень сложности поковки;
- 4) класс точности;
- 5) группа поковки по назначению;
- 6) допускаемая величина смещения по плоскости разъема штампа;
- 7) допускаемая величина остаточного облоя;
- 8) не указанные на чертеже штамповочные уклоны;
- 9) не указанные на чертеже радиусы скругления;
- 10) не указанная на чертеже точность размеров, она принимается равной 1,5 допуска на соответствующий размер с равными допускаемыми отклонениями;

- 11) не указанные на чертеже требования по точности и взаимному расположению поверхностей;
- 12) твёрдость поверхностей заготовки и вид термообработки;
- 13) глубина залегания дефектов (не более 0,5 глубины припуска на обработку);
- 14) метод очистки поверхностей;
- 15) места и методы вырезки пробных образцов для испытаний;
- 16) дополнительные требования (по макро- и микроструктуре, проверка на флокены, ультразвуковые и прочие испытания).

## Лабораторное занятие № 6

### Проверка правильности величины назначения припусков и размеров заготовок

Цель работы: формирование знаний о последовательности расчёта и способов выбора данных для расчёта припусков на механическую обработку и получения размеров заготовки на конкретных примерах.

1. Для заданной детали по исходным данным, указанным в таблице, рас- считать:

- а) для указанного размера – межоперационные припуски аналитическим способом;
- б) для остальных размеров – межоперационные припуски опытно-статистическим способом;
- в) массу детали;
- г) массу заготовки;
- д) коэффициент использования материала; е) норму расхода материала.

2. Заготовка – горячекатаный прокат заданной точности.

3. Материал – сталь 45.

4. Технические требования – HRC 41...45 (только для вала).

5. Обработка наружных поверхностей – в центрах.

6. Обработка концевых торцов и нарезание центровых отверстий – в трёх- кулачковом самоцентрирующем пневматическом патроне.

Номер варианта состоит из двух цифр согласно номеру в списке по журналу. Сочетание цифр 00 соответствует 10 номеру по списку, следовательно, 10 варианту. Сочетание цифр 10 соответствует 20 номеру по списку, следовательно, 20 варианту.

По предпоследней цифре (0 или 1) определяется чертёж детали и определяемый расчётно-аналитическим способом размер.

Остальные параметры принимают по последней цифре варианта.

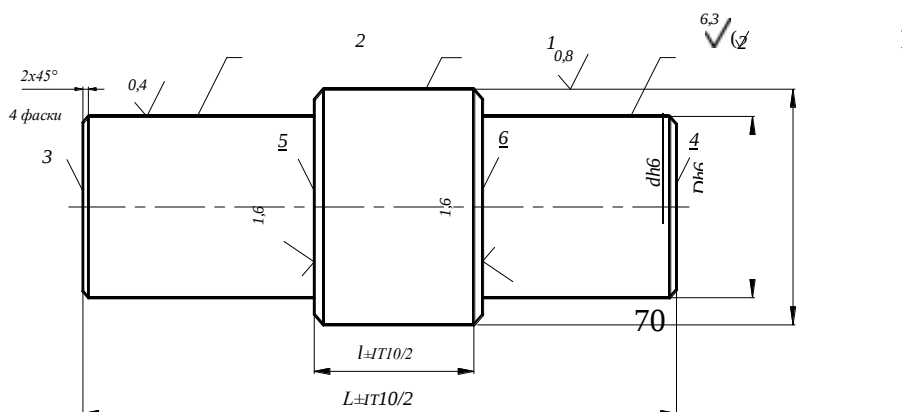


Рис. 6. Вал, получаемый из проката

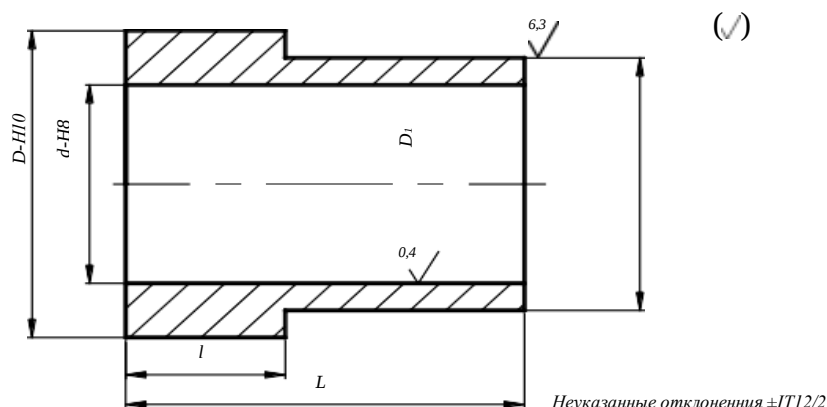


Рис. 7. Втулка, получаемая из трубы

| Рассчитываемый размер | Номер рисунка | Предпоследняя цифра в журнале | Параметр         | Последняя цифра в журнале |     |     |     |     |            |     |     |     |     |
|-----------------------|---------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|
|                       |               |                               |                  | 1                         | 2   | 3   | 4   | 5   | 6          | 7   | 8   | 9   | 0   |
| $D-h6$                | Рис. 6        | 0                             | $D$ , мм         | 60                        | 85  | 100 | 125 | 150 | 200        | 100 | 130 | 150 | 200 |
|                       |               |                               | $d$ , мм         | 50                        | 70  | 85  | 100 | 130 | 185        | 75  | 100 | 125 | 185 |
|                       |               |                               | $l$ , мм         | 50                        | 60  | 70  | 80  | 90  | 100        | 60  | 70  | 110 | 120 |
|                       |               |                               | $L$ , мм         | 300                       | 350 | 330 | 400 | 500 | 600        | 300 | 400 | 500 | 550 |
|                       |               |                               | Точность проката | нормальная                |     |     |     |     | повышенная |     |     |     |     |
|                       |               |                               | Вид закалки      | ТВЧ                       |     |     |     |     | в печи     |     |     |     |     |
| $d-H8$                | Рис. 7        | 1                             | $D$ , мм         | 90                        | 110 | 120 | 135 | 150 | 175        | 195 | 210 | 70  | 50  |
|                       |               |                               | $D_1$ , мм       | 70                        | 95  | 100 | 120 | 130 | 155        | 185 | 200 | 60  | 45  |
|                       |               |                               | $d$ , мм         | 55                        | 80  | 90  | 100 | 115 | 140        | 170 | 190 | 50  | 35  |
|                       |               |                               | $l$ , мм         | 50                        | 50  | 100 | 100 | 100 | 150        | 150 | 150 | 40  | 40  |
|                       |               |                               | $L$ , мм         | 100                       | 150 | 200 | 220 | 250 | 275        | 300 | 350 | 90  | 80  |
|                       |               |                               | Точность проката | нормальная                |     |     |     |     | повышенная |     |     |     |     |

Ниже приводятся примеры расчётов двух видов размеров: наружного диаметра и отверстия (внутреннего диаметра).

Для удобства, наглядности и правильности оформления практических работ в каждом примере нумерация формул, таблиц и рисунков начинается сначала.

Каждый пример включает расчёт одного (заданного) размера расчётно-аналитическим способом, а остальные размеры – табличным (опытно-статистическим) способом.

## Лабораторное занятие № 7

### Проведение технико – экономического обоснования выбора метода получения заготовки

Цель работы: формирование опорных знаний о технико-экономическом обосновании выбора оптимального метода получения заготовок.

В машиностроении для получения заготовок наиболее широко применяют следующие методы:

- литье;
- обработку металлов давлением;
- сварку;
- порошковые материалы;
- комбинации этих методов.

Каждый метод содержит большое число способов получения заготовок.

Так, например, в арсенал методов литья включены: литье в металлические формы (кокиль), литье в песчаные формы, в оболочковые формы, литье центробежное и под давлением и т.д.

К основным способам обработки металлов давлением относятся: прокатка, прессование, волочение, свободная ковка и штамповка.

Современное состояние технологии машиностроения дает большие возможности для выбора оптимального варианта заготовки и способа её получения. В современном машиностроительном производстве при значительных объемах выпуска деталей в год развивается тенденция наибольшего приближения формы и размеров заготовки к готовой детали, так как при этом сокращается объем механической обработки, сокращается расход металла и растет производительность.

Оптимальный метод получения заготовки выбирают, анализируя ряд факторов: материал детали, технические требования на ее изготовление, объем и серийность выпуска, форму поверхностей и размеры детали.

▲ **Оптимальным методом** получения заготовки, является тот, который обеспечивает технологичность и минимальную себестоимость.

Максимально приблизить геометрические формы и размеры заготовки к размерам и форме готовой детали – одна из главных задач в заготовительном производстве.

Оптимизируя выбор метода и способа получения заготовки, можно не только снизить затраты на ее изготовление, но и значительно сократить трудоемкость механической

## 2. Факторы, влияющих на себестоимость производства заготовки

Способ получения заготовки должен быть наиболее экономичным при заданном объеме выпуска деталей.

До настоящего времени у исследователей, занимающихся проблемами проектирования технологических процессов изготовления деталей машин, нет единого

мнения об основных факторах, определяющих выбор способа получения заготовки. Анализ литературы [1,8,10,12] показал, что в современном машиностроении выделено три группы

### **Факторы, влияющих на себестоимость производства заготовки:**

1-я группа – **конструктивные факторы**, т.е. конструктивное решение самой детали, обеспечивающее приемлемость её для изготовления обработкой давлением, литьем, сваркой; выбор материала и технических условий;

2-я группа – **производственные факторы**, т.е. характер и культура производства, технологическая оснащенность, технологический и организационный уровни производства;

3-я группа – **технологические факторы**, характеризующие способ формообразования заготовки, оборудования и технологического процесса получения детали.

### **Технико-экономическое обоснование выбора метода получения заготовки**

Технико-экономическое обоснование выбора заготовки для обрабатываемой детали производят по нескольким направлениям: металлоемкости, трудоемкости и себестоимости, учитывая при этом конкретные производственные условия.

На основании произведенного анализа, изучения передовых методов получения аналогичных заготовок на производстве, а также литературных данных мы установили, что технико-экономическое обоснование следует проводить в следующем порядке и по двум или нескольким конкурирующим вариантам:

#### Порядок технико-экономического обоснования выбора заготовки

– устанавливают метод получения заготовки согласно типу производства, конструкции детали, материалу, шероховатости необрабатываемых поверхностей и другим техническим требованиям на изготовление детали;

– назначают припуски на обрабатываемые поверхности детали согласно выбранному методу получения заготовки по нормативным таблицам соответствующих стандартов или производят расчет аналитическим методом при наличии маршрута обработки;

– определяют расчетные размеры на каждую поверхность заготовки;

– назначают предельные отклонения на размеры заготовки по нормативным таблицам в зависимости от метода ее получения;

– производят расчет массы заготовки на сопоставляемые варианты;

– определяют норму расхода материала с учетом неизбежных технологических потерь для каждого вида заготовки (на прибыли, угар, облой, некратность и т. п.);

– определяют коэффициент использования материала по каждому из вариантов изготовления заготовок с технологическими потерями и без потерь;

– определяют себестоимость изготовления заготовки по каждому из вариантов изготовления для сопоставления и определения экономического эффекта получения заготовки;

– определяют трудоемкость изготовления детали;

—определяют годовую экономию от выбранного варианта заготовки в денежном выражении [10 ].

Анализируя степень влияния рассмотренных выше показателей, выбирают один или несколько методов, обеспечивающих получение заготовок требуемого качества (см.табл1).

**Таблица 1 – Приведенные затраты по вариантам получения заготовки**

| Показатель                             | Обозначение          | Значение показателя |          |
|----------------------------------------|----------------------|---------------------|----------|
|                                        |                      | Вариант 1           | Вариант2 |
| Масса заготовки, кг                    | <b>Gз</b>            |                     |          |
| Приведенная цена заготовки, у.е        | <b>Цз</b>            |                     |          |
| Масса отходов, кг                      | <b>Gо</b>            |                     |          |
| Приведенная цена отходов, у.е          | <b>Цо</b>            |                     |          |
| Стоимость заготовки, у.е               | <b>Цзi = Цз - Цо</b> |                     |          |
| Коэффициент использования материала    | <b>Ким</b>           |                     |          |
| Трудоемкость изготовления детали, мин. | <b>Тшт</b>           |                     |          |
| Экономия от выбранного способа, у.е    | <b>Эс</b>            |                     |          |

Окончательное решение о выборе конкретного способа из полученного перечня принимается после определения и сравнения себестоимости получения заготовки для каждого из рекомендуемых видов. При равной экономичности выбирают наиболее производительный способ.

#### **Тема 1.4 Расчет припусков Технологическое оборудование: назначение, принцип работы и наладка на обработку детали**

### **Лабораторное занятие № 8**

#### **Расчет припусков статистическим способом**

Цель работы приобретение навыков расчета припусков статистическим методом.

При статистическом (табличном) методе определения промежуточных припусков на обработку поверхностей заготовок пользуются таблицами соответствующих стандартов, нормативными материалами и данными технических справочников. Статистический метод определения промежуточных припусков сравнительно прост, однако практическое применение его вызывает некоторое затруднение, которое объясняется тем, что таблицы находятся в разных справочных изданиях, стандартах отраслей и предприятий, различных по содержанию и по системе их построения. Каждая отрасль машиностроения и приборостроения, разрабатывая стандарты и руководящие технические материалы, учитывает свою специфику производства и производственную оснащенность. Статистический метод обычно дает большие значения припуска, чем аналитический.

Промежуточные припуски и допуски для каждой поверхности определяют начиная от финишной операции (перехода) до первой операции, с которой

начинается обработка заготовки, т. е. в направлении, обратном ходу технологического процесса изготовления детали.

*Пример.* Диаметры вала по рабочему чертежу детали 44h7 (–0,023); общая длина вала по чертежу  $L_B = 220$  мм; материал детали – сталь 45 ГОСТ 1050-74; твердость материала по чертежу детали HRC 44...48; шероховатость поверхности детали  $R_a = 1,25$  мкм. Определить статистическим методом промежуточные припуски, операционные размеры, допуски и предельные размеры диаметра заготовки.

Прежде чем выбрать из таблиц необходимые припуски, наметим технологический маршрут обработки цилиндрической поверхности диаметром 44h7:

Операция 005. Токарная (чистовая обработка).

Операция 010. Токарная (чистовая обработка).

Операция 015. Термическая обработка, HRC 44...48.

Операция 020. Круглое наружное шлифование.

Диаметр вала и шероховатость окончательно обработанной поверхности после выполнения последней операции шлифование должны соответствовать рабочему чертежу детали:  $D_{дет} = D_{шл} = 44h7$  (–0,023);  $R_a = 1,25$  мкм.

Согласно рекомендациям назначаем припуски на шлифовальную операцию по нормативным таблицам [7], учитывая термическую обработку заготовки. Припуск по таблице для незакаленных деталей на шлифовальную операцию составляет 0,4 мм. При закаливании деталей, изготовленных из стали, подвергаемых значительным термическим деформациям (например, из стали 45), припуск на операцию шлифования с учетом термической обработки составит 0,5 мм.

Следовательно, операционный размер вала после выполнения чистовой токарной обработки должен быть больше размера вала по чертежу на величину припуска на шлифование и составит:

$$D_{чист} = 44 + 0,5 = 44,5 \text{ мм.}$$

Допуск и шероховатость поверхности должны соответствовать экономической точности операции чистового обтачивания наружной цилиндрической поверхности, поэтому на операционном эскизе будут указаны размер  $D_{чист} = 44,5h10$  (–0,1) и шероховатость  $R_z = 20$  мкм.

Следующим этапом определим припуск на чистовую токарную обработку. По таблице припуск на чистовую токарную операцию равен 1,5 мм, следовательно, размер вала после выполнения черновой токарной обработки составит:

$$D_{черн} = 44,5 + 1,5 = 46 \text{ мм.}$$

Черновая токарная обработка выполняется по 12-му качеству точности, поэтому операционный размер будет  $D_{черн} = 46h12$  (–0,25), а шероховатость  $R_z = 40$  мкм.

Припуск на черновую токарную обработку равен 4,5 мм, следовательно, расчетный диаметр заготовки составит:

$$D_{расч} = 46 + 4,5 = 50,5 \text{ мм.}$$

По сортаменту (ГОСТ 2590-88) выбираем горячекатаный прокат обычной точности диаметром  $D_{\text{заг}} = 52_{-1,0}^{+0,4}$  мм. Действительный (принятый) припуск на черновую обработку поверхности составит

$$2z_{\text{прин}} = 52 - 46 = 6 \text{ мм.}$$

Общий припуск на обработку поверхности определяем методом суммирования припусков на каждую операцию:

$$2z_0 = 0,5 + 1,5 + 6,0 = 8 \text{ мм.}$$

Правильность расчетов проверяем по формуле

$$2z_0 = D_{\text{заг}} - D_{\text{дет}} = 52 - 44 = 8 \text{ мм.}$$

## **Лабораторное занятие №9**

### **Выбор технологического оборудования приспособлений, режущего и измерительного инструмента**

Цель работы: Приобретение навыков выбора технологического оборудования приспособлений, режущего и измерительного инструмента.

#### **Краткие теоретические сведения: Выбор станочных приспособлений**

При разработке технологического процесса изготовления детали необходимо правильно выбрать станочные приспособления, обеспечивающие точную и надежную установку заготовок на каждой операции.

Если требующееся приспособление является принадлежностью станка (тиски, патрон, люнет и т.п.), то указывают только его наименование. В единичном производстве применяют универсально-безналадочные приспособления (тиски, трехкулачковые самоцентрирующие патроны, делительные универсальные головки, поворотные столы, кондукторы, оправки и др.). Преимуществом таких приспособлений является возможность их использования для установки различных деталей на различных операциях. Однако многообразие форм деталей вызывает определенные трудности при базировании и часто требует предварительной разметки и выверки заготовки. При установке и закреплении обрабатываемых заготовок сложной формы требуются большие затраты вспомогательного времени, нередко превышающего машинное время обработки.

Применение универсально-сборных, специализированных и специальных приспособлений сокращает трудоемкость изготовления деталей за счет резкого уменьшения времени, затрачиваемого на установку, выверку и закрепление заготовок. Технологические возможности станков расширяются, повышается точность обработки и улучшаются условия труда. При

использовании многоместных приспособлений создаются условия для одновременной обработки нескольких заготовок.

Универсально-сборные приспособления предназначены для оснащения станков, работающих в условиях единичного (опытного) или мелкосерийного производства. Их собирают из стандартных узлов и деталей, изготовленных с высокой точностью. Каждая компоновка универсально-сборного приспособления обладает всеми свойствами специального приспособления и обеспечивает базирование заготовки с требуемой точностью без выверки. Высокая стоимость и сложность изготовления комплекта стандартных деталей является недостатком сборных приспособлений.

Универсально-наладочные и специализированные наладочные приспособления применяются в серийном производстве. В крупносерийном и массовом производстве используют неразборные специальные приспособления, которые проектируют и изготавливают для каждого нового типа деталей. Специальные приспособления позволяют осуществлять точное и быстрое закрепление заготовок посредством использования силовых приводов зажимных элементов. Одинаковое силовое воздействие при закреплении заготовок обеспечивает идентичность условий обработки всех деталей в партии. Это позволяет повысить точность обработки и производительность труда, снизить разряд работы.

## **Выбор режущего инструмента и оценка его эффективности**

Выбор режущего инструмента, его вида, конструкции и размеров при разработке технологического процесса изготовления детали в значительной мере предопределяется методами обработки, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью обработки и качеством обрабатываемой поверхности детали.

При выборе режущего инструмента необходимо стремиться принимать стандартный инструмент, но когда целесообразно, следует применять специальный, комбинированный, фасонный инструмент, позволяющий совмещать обработку нескольких поверхностей. Правильный выбор режущей части инструмента имеет большое значение для повышения производительности и снижения себестоимости обработки. Для обработки стали рекомендуется применять инструмент, режущая часть которого изготовлена из титано-вольфрамовых твердых сплавов (Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т15К6Т, Т30К4), быстрорежущих инструментальных сталей (Р18, Р9, Р9Ф4, Р14Ф4) и др. Для обработки чугуна, цветных металлов и неметаллических материалов используют инструмент из вольфрамо-кобальтовых твердых сплавов (ВК2, ВК3М, ВК6, ВК8) и быстрорежущих инструментальных сталей.

Выбор материала для режущего инструмента зависит от формы и размеров инструмента, материала обрабатываемой заготовки, режима резания и типа производства. Режущий инструмент необходимо выбирать по

соответствующим стандартам и справочной литературе в зависимости от методов обработки деталей [9].

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

В картах технологического процесса изготовления детали необходимо правильно указать условные обозначения режущего и вспомогательного инструмента в соответствии с присвоенным ему в стандарте обозначением.

Примеры обозначения режущего инструмента:

- сверло спиральное диаметром 20 мм из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком с конусом Морзе 2:

**сверло 2301-0439 ГОСТ 2092-77;**

- сверло диаметром 6 мм, общего назначения, правого исполнения I из твердого сплава BK8:

**сверло 2309-0067 BK8 ГОСТ 17275- 71;**

- фреза цилиндрическая тип 1, диаметром  $D = 80$  мм,  $L = 125$  мм, правая:

**фреза 2200-0157 ГОСТ3752-71;**

- фреза торцевая  $D = 200$  мм со вставными ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава BK8, праворежущая:

**фреза 2214-0159 ГОСТ 9473-80;**

- фреза червячная для чистовой обработки, однозаходная для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем, правая с  $m$  6 мм, длина  $L = 112$  мм, тип II, класс А:

**фреза червячная правая Т6х112А — II ГОСТ 9324-80 Е;**

- фреза дисковая зуборезная модульная с  $m$  3 № 5:

**фреза  $m$ ЗМ № 5 ГОСТ 10996-64;**

- хвостовой прямозубый долбяк с  $m$  0,5 мм, номинальным делительным диаметром 25 мм, класс А, конус Морзе 6:

**долбяк хвостовой прямозубый 0,5х25А = 16 ГОСТ 10059-80Е;**

- резец строгальный проходной с пластинкой из твердого сплава, тип I, исполнение I, сечение  $H \times B = 20 \times 16$  мм, с пластинкой твердого сплава T15K6:

**резец 2171 0001 T15K6 ГОСТ 18891-73.**

Затраты на металлорежущие инструменты, отнесенные к единице продукции (операции), можно определить по формуле

$$Z_{\text{инст}} = \frac{C_{\text{и}} + C_{\text{п}}}{T_3} \cdot T_{\text{шт}},$$

где  $C_{и}$  – первоначальная стоимость инструментов, руб.;  $C_{п}$  – затраты на повторную заточку до полного износа инструмента, руб.;  $T_{э}$  – общее время эксплуатации инструментов, мин;  $T_{шт}$  – штучное время операции (перехода), мин.

Затраты на повторную заточку инструмента до полного износа (только для инструмента из быстрорежущей стали или инструмента с твердосплавными напайками):

$$C_{п} = X_{п} \cdot T_{зат} \cdot З_{зат},$$

где  $X_{п}$  – число повторных заточек до полного износа инструментов, руб.;  $T_{зат}$  – нормированное время на одну заточку, мин;  $З_{зат}$  – заработная плата заточника с начислением по соцстраху, руб/мин.

Затраты на повторную заточку инструмента составляют примерно 30% его отпускной цены.

Технико-экономические расчеты дают возможность принять более точное решение по выбору того или иного режущего инструмента.

### **Выбор средств контроля**

Для межоперационного и окончательного контроля обрабатываемых поверхностей необходимо использовать стандартный измерительный инструмент, учитывая тип производства, но вместе с тем, когда целесообразно, следует применять специальный контрольно-измерительный инструмент или контрольно-измерительное приспособление.

Метод контроля должен способствовать повышению производительности труда контролера и станочника, создавать условия для улучшения качества выпускаемой продукции и снижения ее себестоимости. В единичном и мелкосерийном производстве обычно применяется универсальный измерительный инструмент (штангенциркуль, штангенглубиномер, микрометр, угломер, индикатор и т.д.).

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

Затраты по эксплуатации измерительных инструментов обычно малы и в расчетах экономической эффективности не учитываются.

В операционную карту технологического контроля и в технологическую карту механической обработки необходимо записывать условные обозначения измерительного инструмента в соответствии с присвоенным ему стандартным обозначением, например, условное обозначение скобы для контроля длины с полем допуска по Н6:

**скоба 8102-0030 Н6 ГОСТ 18355-73;**

нормалемера НЦ-1 класса АВ:

**нормалемер НЦ-1-АВ ГОСТ 7760-81.**

Специальный контрольно-измерительный инструмент обозначается шифром, установленным предприятием.

## Тема 1.5 Обработка материалов резанием

### Лабораторное занятие №10

#### Назначение режимов резания

Цель работы: Получение навыков назначения режимов резания.

Краткие теоретические сведения:

Разработка технологического процесса изготовления детали обычно завершается установлением технологических норм времени для каждой операции. Чтобы добиться оптимальных норм времени на операцию, необходимо в полной мере использовать режущие свойства инструмента и производственные возможности технологического оборудования.

При назначении режимов обработки учитывают тип и размеры режущего инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип оборудования и его состояние. Учитывая, что элементы режима обработки находятся во взаимной функциональной зависимости, устанавливаемой эмпирическими формулами при их расчете и выборе, необходимо придерживаться определенного порядка.

***Вначале устанавливают глубину резания в миллиметрах.*** Глубину резания назначают, по возможности, наибольшую, в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обрабатываемой поверхности и технических требований на изготовление детали.

***После установления глубины резания устанавливается подача станка.*** Подачу назначают максимально возможную, с учетом погрешности и жесткости технологической системы, мощности привода станка, степени точности и качества обрабатываемой поверхности по нормативным таблицам и согласовывают с паспортными данными станка. От правильно установленной подачи во многом зависит качество обработки и производительность труда. Для черновых технологических операций назначают максимально допускаемую подачу.

***Установив глубину резания и подачу, определяют скорость резания по эмпирическим формулам или по нормативам с учетом жесткости технологической системы.*** Аналитический расчет режимов резания производится с учетом необходимых поправочных коэффициентов.

В процессе определения режимов резания необходимо частоту вращения шпинделя станка, подачу или число двойных ходов скорректировать по паспорту станка. В справочной литературе и каталогах на металлорежущие станки обычно указывается минимальная  $n_{min}$  и максимальная  $n_{max}$  частота вращения шпинделя станка, двойных ( $n_{min \text{ дв.ход}}$ ,  $n_{max \text{ дв.ход}}$ ) и подача ( $s_{max}$ ,  $s_{min}$ ) поэтому необходимо производить расчет промежуточных значений.

Максимальную частоту вращения шпинделя станка, максимальное число двойных ходов и подач определяют по формуле

$$n_{max} = n_{min} \cdot \varphi^{Z_{ст}-1},$$

где  $\varphi$  – знаменатель геометрической прогрессии (стандартного ряда);  $Z_{ст}$  – общее число ступеней подач, частот вращения или двойных ходов станка.

По данной формуле можно определить любую величину ( $n_{max}$ ,  $n_{min}$ ,  $Z_{ст}$ ) если известны значения всех остальных. В станкостроении принято семь стандартных значений знаменателей: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2,00, которые имеют следующую область применения:

- $\varphi = 1,06$  – имеет вспомогательное значение;
- $\varphi = 1,12$  – применяется в автоматах, где требуется более точная настройка на заданный режим работы;
- $\varphi = 1,26$  и  $\varphi = 1,41$  – основные знаменатели рядов частот вращения и подач, применяемые в универсальных станках (токарных, фрезерных, расточных и других);
- $\varphi = 1,58$  и  $\varphi = 1,78$  – применяются в станках, где время обработки невелико по сравнению с временем холостых ходов (наиболее часто в сверлильных станках);
- $\varphi = 2,00$  – применяется редко и имеет вспомогательное значение.

В станкостроении стандартизованы не только знаменатели прогрессии, но и частота вращения шпинделя станка, подача и число двойных ходов в минуту.

Значения  $\varphi^{Z_{ст}-1}$  (диапазон регулирования) определяют по формуле

$$D = \varphi^{Z_{ст}-1} = n_{max\ ст} / n_{min\ ст}. \quad (18)$$

Значения стандартных знаменателей  $\varphi$ , возведенные в степени, приведены в табл. 17. Пользуясь данной таблицей, можно легко определить значение  $\varphi$  на основании заданных характеристик станка  $n_{max}$ ,  $n_{min}$  и  $Z_{ст}$ .

Частоту вращения шпинделя, подачу или число двойных ходов рабочих органов станка определяют следующим образом:

1) определяют число ступеней регулирования  $Z_{ст}$  (по принятой модели станка);

2) определяют диапазон регулирования данного станка по формуле (18) и в строке таблицы (см. табл. 17), соответствующей ступени ( $Z_{ст} - 1$ ), находят то числовое значение  $\varphi^{Z_{ст}-1}$ , которое равно или близко вычисленному (в табл. 17 указаны степени стандартных значений знаменателя  $\varphi$ );

3) расчетное значение ( $n_{расч}$ ;  $S_{расч}$ ;  $n_{расч, дв.ход}$ ) делят на минимальное значение по паспорту станка ( $n_{min\ ст}$ ;  $S_{min\ ст}$ ;  $n_{min\ дв.ход}$ ) и находят расчетный диапазон данного станка  $\varphi^{Z_{ст}-1}$ . Для стандартного значения  $\varphi$  выбирают ближайшее меньшее число, соответствующее вычисленному значению:

$$\varphi_{расч}^{Z_{ст}-1} = n_{расч} / n_{min\ ст},$$

затем, умножив найденное в таблице значение  $\varphi_{\text{таб}}^{Z_{\text{ст}}-1}$  на минимальное значение по паспорту станка ( $n_{\text{min ст}}; s_{\text{min ст}}; n_{\text{min дв.ход}}$ ), получают промежуточное значение  $n_{\text{ст.пр}}$ , которое соответствует паспорту станка. Полученные значения округляют до ближайших величин стандартных рядов, например:

$$n_{\text{ст.пр}} = n_{\text{min}} \cdot \varphi^5 = 12,5 \cdot 3,16 = 39,5 \text{ об/мин} \approx 40 \text{ об/мин},$$

где  $n_{\text{min}} = 12,5$  об/мин – минимальная частота вращения шпинделя токарно-винторезного станка;  $\varphi^5 = 3,16$  – степень стандартного знаменателя ряда частот вращения ( $\varphi = 1,26$ ), соответствующая шестой ступени регулирования.

**Пример 1.** Определить частоту вращения шпинделя токарно-винторезного станка мод. 16K20 при известных значениях:

$$n_{\text{max ст}} = 2000 \text{ об/мин};$$

$$n_{\text{min ст}} = 12,5 \text{ об/мин}; z_{\text{ст}} = 23; n_{\text{расч}} = 715 \text{ об/мин}.$$

Определим диапазон регулирования **D** по формуле (28):

$$D = \varphi^{Z_{\text{ст}}-1} = \varphi^{23-1} = 2000/12,5 = 160.$$

Пользуясь таблицей 2.36 находим наиболее близкое табличное значение ( $\varphi^{22} = 161,32$ ), что соответствует стандартному знаменателю:

$$\varphi = 1,26.$$

Определим диапазон регулирования для частоты вращения шпинделя станка  $n_{\text{расч}} = 715$  об/мин:

$$\varphi_{\text{расч}} = n_{\text{расч}}/n_{\text{min.ст}} = 715/12,5 = 57,2.$$

В графе  $\varphi = 1,26$  находим ближайшее меньшее значение диапазона регулирования:  $\varphi_{\text{табл}} = 50,40$ .

Определим частоту вращения шпинделя станка:

$$n_{\text{ст}} = n_{\text{min}} \cdot \varphi_{\text{табл}} = 12,5 \cdot 50,4 = 630 \text{ об/мин}.$$

**Таблица 17**

**Значение стандартных знаменателей,  $\varphi^{Z_{\text{ст}}-1}$**

| $\varphi$   | 1,06 | 1,12 | 1,26 | 1,41 | 1,5 | 1,78 | 2,00 |
|-------------|------|------|------|------|-----|------|------|
| $\varphi^2$ | 1,1  | 1,   | 1,5  | 2    | 2,5 | 3,   | 4    |
| $\varphi^3$ | 1,1  | 1,   | 2,0  | 2    | 4,0 | 5,   | 8    |
| $\varphi^4$ | 1,2  | 1,   | 2,5  | 4    | 6,3 | 1    | 1    |
| $\varphi^5$ | 1,3  | 1,   | 3,1  | 5    | 10, | 1    | 3    |

|                |     |     |     |       |      |       |       |
|----------------|-----|-----|-----|-------|------|-------|-------|
| $\varphi^6$    | 1,4 | 2,  | 4,0 | 8     | 16,  | 3     | 6     |
|                | 1   | 00  | 0   | ,00   | 00   | 2,00  | 4,00  |
| $\varphi^7$    | 1,5 | 2,  | 5,0 | 1     | 25,  | 5     | 1     |
|                | 0   | 24  | 4   | 1,28  | 28   | 6,85  | 28,00 |
| $\varphi^8$    | 1,5 | 2,  | 6,3 | 1     | 40,  | 1     |       |
|                | 8   | 51  | 2   | 6,00  | 00   | 04,66 |       |
| $\varphi^9$    | 1,6 | 2,  | 8,0 | 2     | 64,  | 1     |       |
|                | 8   | 82  | 0   | 2,56  | 00   | 86,29 |       |
| $\varphi^{10}$ | 1,7 | 3,  | 10, | 3     | 10   |       |       |
|                | 8   | 16  | 08  | 2,00  | 1,72 |       |       |
| $\varphi^{11}$ | 1,8 | 3,  | 12, | 4     | 15   |       |       |
|                | 8   | 55  | 70  | 5,12  | 9,77 |       |       |
| $\varphi^{12}$ | 2,0 | 4.  | 16, | 6     |      |       |       |
|                | 0   | 00  | 00  | 4,00  |      |       |       |
| $\varphi^{13}$ | 2,1 | 4,  | 20, | 9     |      |       |       |
|                | 1   | 48  | 16  | 0,24  |      |       |       |
| $\varphi^{14}$ | 2,2 | 5,  | 25, | 1     |      |       |       |
|                | 4   | 04  | 28  | 27,24 |      |       |       |
| $\varphi^{15}$ | 2,3 | 5,  | 32, | 1     |      |       |       |
|                | 7   | 64  | 00  | 79,41 |      |       |       |
| $\varphi^{16}$ | 2,5 | 6,  | 40, |       |      |       |       |
|                | 1   | 32  | 00  |       |      |       |       |
| $\varphi^{17}$ | 2,6 | 7,  | 50, |       |      |       |       |
|                | 6   | 12  | 40  |       |      |       |       |
| $\varphi^{18}$ | 2,8 | 8,  | 64, |       |      |       |       |
|                | 2   | 00  | 00  |       |      |       |       |
| $\varphi^{19}$ | 2,9 | 8,  | 80, |       |      |       |       |
|                | 9   | 96  | 64  |       |      |       |       |
| $\varphi^{20}$ | 3,1 | 10  | 101 |       |      |       |       |
|                | 6   | ,08 | ,61 |       |      |       |       |
| $\varphi^{21}$ | 3,3 | 11  | 128 |       |      |       |       |
|                | 5   | ,28 | ,03 |       |      |       |       |
| $\varphi^{22}$ | 3,5 | 12  | 161 |       |      |       |       |
|                | 5   | ,70 | ,32 |       |      |       |       |
| $\varphi^{23}$ | 3,7 | 14  |     |       |      |       |       |
|                | 6   | ,24 |     |       |      |       |       |
| $\varphi^{24}$ | 4,0 | 16  |     |       |      |       |       |
|                | 0   | ,00 |     |       |      |       |       |
| $\varphi^{25}$ | 4,2 | 17  |     |       |      |       |       |
|                | 4   | ,92 |     |       |      |       |       |
| $\varphi^{26}$ | 4,4 | 20  |     |       |      |       |       |
|                | 8   | ,16 |     |       |      |       |       |
| $\varphi^{27}$ | 4,7 | 22  |     |       |      |       |       |
|                | 5   | ,56 |     |       |      |       |       |

|                |   |     |     |  |  |  |  |  |
|----------------|---|-----|-----|--|--|--|--|--|
| $\varphi^{28}$ | 4 | 5,0 | 25  |  |  |  |  |  |
|                |   |     | ,25 |  |  |  |  |  |
| $\varphi^{29}$ | 4 | 5,3 | 28  |  |  |  |  |  |
|                |   |     | ,48 |  |  |  |  |  |
| $\varphi^{30}$ | 4 | 5,6 | 32  |  |  |  |  |  |
|                |   |     | ,00 |  |  |  |  |  |
| $\varphi^{31}$ | 8 | 5,9 | 35  |  |  |  |  |  |
|                |   |     | ,84 |  |  |  |  |  |
| $\varphi^{32}$ | 2 | 6,3 | 40  |  |  |  |  |  |
|                |   |     | ,00 |  |  |  |  |  |
| $\varphi^{33}$ | 0 | 6,7 | 44  |  |  |  |  |  |
|                |   |     | ,96 |  |  |  |  |  |
| $\varphi^{34}$ | 2 | 7,1 | 50  |  |  |  |  |  |
|                |   |     | ,56 |  |  |  |  |  |
| $\varphi^{35}$ | 5 | 7,5 | 56  |  |  |  |  |  |
|                |   |     | ,80 |  |  |  |  |  |
| $\varphi^{36}$ | 0 | 8,0 | 64  |  |  |  |  |  |
|                |   |     | ,00 |  |  |  |  |  |
| $\varphi^{37}$ | 8 | 8,4 | 71  |  |  |  |  |  |
|                |   |     | ,68 |  |  |  |  |  |

При выборе подачи на черновую обработку необходимо проверить прочность державки резца и пластинки из твердого сплава. Прочность державки резца проверяют расчетом на изгиб:

$$P_z < H_p \cdot B_p^2 \cdot [\sigma_{\text{и}}] / 6 \cdot l_p,$$

где  $P_z$  – тангенциальная составляющая силы резания, Н;  $H_p$  – высота державки резца, мм;  $B_p$  – ширина державки резца, мм;  $[\sigma_{\text{и}}]$  – допускаемое напряжение на изгиб, МПа;  $l_p$  – вылет головки резца при закреплении, мм.

Составляющая силы резания

$$P_z = C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где  $C_p$  – постоянная для данных условий резания;  $t$  – глубина резания, мм;  $s$  – подача, мм/об;  $V$  – скорость резания, м/мин;  $x, y, n$  – показатели степени;  $K_p$  – поправочный коэффициент,

$$K_p = K_{\text{мр}} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP},$$

где  $K_{\text{мр}}$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние механических свойств конструкционных сталей. Если механические свойства обрабатываемого материала отличаются от приведенных в таблице, то вводится поправочный коэффициент  $K_{\text{мр}}$ ;  $K_{\varphi P}$ ,  $K_{\gamma P}$ ,  $K_{\lambda P}$ ,  $K_{rP}$  – коэффициенты, учитывающие геометрические параметры режущей части резца.

При наружном продольном точении скорость резания

$$V_p = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V,$$

где  $C_V$  – постоянная для скорости резания;  **$T$**  – среднее значение стойкости резца, мин;  $m$ ,  $x$ ,  $y$  – показатели степени;  $K_V$  – общий поправочный коэффициент на скорость резания,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{пV} \cdot K_{иV} \cdot K_{фV} \cdot K_{rV},$$

где  $K_{MV}$  – учитывает качество обрабатываемого материала;  $K_{пV}$  – учитывает состояние поверхности заготовки;  $K_{иV}$  – учитывает материал режущей части инструмента;  $K_{фV}$  – учитывает главный угол в плане;  $K_{rV}$  – учитывает радиус при вершине резца (только для резцов из быстрорежущей стали).

Влияние качества обрабатываемого материала определяется по формулам в зависимости от материала режущей части инструмента и обрабатываемого материала. Значение указанных коэффициентов приведены в справочной литературе [4].

Ширина прямоугольного сечения державки резца при условии, что высота державки  $H_p = 1,6 B_p$ ,

$$B_p = \sqrt[3]{\frac{P_z \cdot L_p \cdot 6}{2,56 \cdot [\sigma_{и}]}} ,$$

где  $\sigma_{и}$  — напряжение на изгиб, МПа.

Диаметр резца круглого сечения

$$d_p = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot P_z \cdot L_p}{\pi \cdot [\sigma_{и}]}} .$$

После расчета сечений резца принимают размеры по ГОСТам на токарные резцы с ближайшими размерами по сечению и дополнительно производят проверку прочности и жесткости державки резца по формулам:

при максимальной нагрузке на прочность резца

$$P_{здоп} = \frac{B_p \cdot H_p^2 \cdot [\sigma_{и}]}{6 \cdot l_p};$$

при максимальной нагрузке допускаемая жесткость резца

$$P_{зжест} = \frac{f \cdot 3 \cdot E \cdot I}{l_p^3},$$

где  $f$  – допускаемая стрела прогиба резца, мм (при предварительном точении  $f = 0,1$  мм, при чистовом  $f = 0,05$  мм);  $E$  – модуль упругости материала державки резца, Н/м (для углеродистых конструкционных сталей  $E$  изменяется в пределах от 200000 Н/м<sup>2</sup> до 220000 Н/м<sup>2</sup>;  $I$  – момент инерции, м<sup>4</sup> (для прямоугольного сечения державки резца  $I = B_p \cdot H_p^3/12$ , а для круглого –  $I = 0,05 d_p^4$ , где  $d_p$  – диаметр державки резца).

Учитывая расчетные данные, корректируют подачу по паспорту станка. Частота вращения шпинделя станка ( $\text{мин}^{-1}$ ) определяется по формуле

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}.$$

Ее значение также корректируют по паспорту данного станка. После установления частоты вращения шпинделя станка определяют действительную скорость резания ( $\text{м/мин}$ ):

$$V_d = \pi \cdot D \cdot n_{ст} / 1000. \quad (19)$$

Рассчитывают мощность ( $\text{кВт}$ ), затрачиваемую на процесс резания:

$$N_{рез} = P_z \cdot V_d / 1000 \cdot 60.$$

Следует проверить достаточность мощности привода станка для выполнения условия  $N_{рез} \leq N_{шп}$ .

Мощность на шпинделе станка

$$N_{шп} = N_{эл.дв} \cdot \eta,$$

где  $N_{эл.дв}$  – мощность электродвигателя станка;  $\eta$  – КПД привода главного движения станка.

В зависимости от методов обработки порядок расчета параметров режимов резания может изменяться.

## Лабораторное занятие №11

### Разработка конструкции приспособления для обработки заготовки, по заданным условиям используя конструкторскую документацию

**Цель работы:** Формирование умений пользоваться и анализировать конструкторскую документацию.

#### **Краткие теоретические сведения:**

Разработка конструкции станочного приспособления

Исходными данными для проектирования станочного приспособления являются:

- рабочий чертеж заготовки и готовой детали;
- технологический процесс на предшествующую и выполняемую операции с технологическими эскизами;
- годовой объем выпуска деталей;
- альбомы типовых конструкций приспособлений;
- паспортные данные станков (размеров стола, шпинделей, межцентровых расстояний, размеров и расположения крепежных пазов и отверстий и т.д.).

В зависимости от объема выпуска изделий выбирают конструкцию и привод зажима заготовки, а также быстроизнашиваемые детали приспособления. Необходимо определить тип и размер установочных элементов, их число и взаимное положение и увязать это с требуемой точностью обработки заготовки на данной операции, а также рассчитать силу зажима и на ее основании выбрать тип зажимного устройства.

При выборе основных и вспомогательных элементов приспособления следует использовать стандартные конструкции изделий.

В процессе проектирования станочного приспособления необходимо соблюдать правила выбора баз, стабильного взаимного положения заготовки и режущего инструмента при обработке, удобную установку, контроль и снятие детали, свободное удаление стружки, удобство управления станком и приспособлением, а также условия, обеспечивающие безопасность работы и обслуживания данного приспособления.

В пояснительной записке указывается номер и наименование операции, для которой спроектировано станочное приспособление, а также раскрывается содержание операции. Затем приводится схема приспособления с нумерацией его основных компонентов. После этого дается обоснование выбранной конструкции приспособления и описание его работы на зажим и разжим обрабатываемой заготовки с подробным указанием всех элементов привода в рабочей последовательности.

Задание:

Выберите схему базирования заготовки на операции, указанной в задании для Вашего варианта и определите требуемое усилие зажима заготовки из условия ее неподвижности во время обработки.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 1.1, схемы вариантов на рисунке 1.1. Производство организовано по типу серийного, заготовка устанавливается в специальное приспособление.

Материал заготовки - Сталь45 ГОСТ 1050-88.

Инструментальный материал: при сверлении и зенкерования -быстрорежущая сталь марки P6M5, при фрезеровании и точении - твердый сплав марки T15K6. При фрезеровании режим резания дан для концевых фрез кроме 17-го варианта, в котором следует использовать торцевую фрезу.

Таблица 1.1 - Исходные данные к заданию № 1

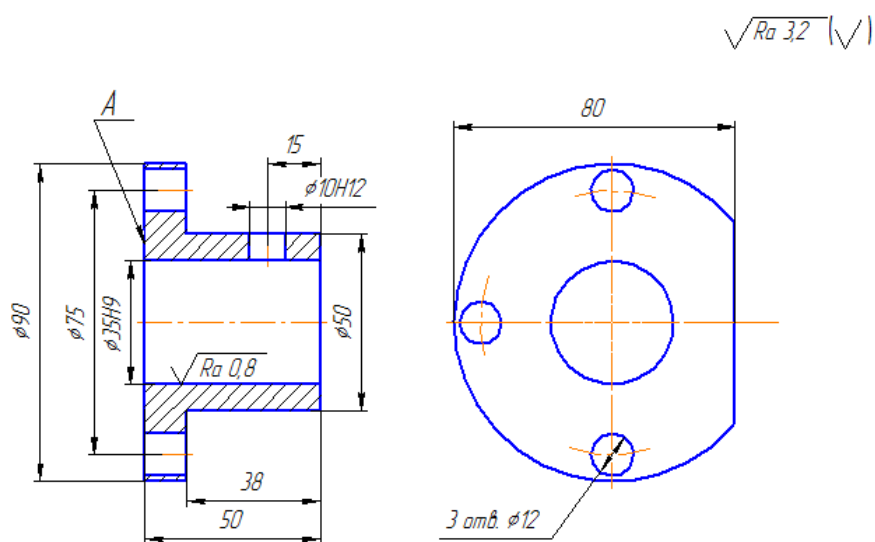
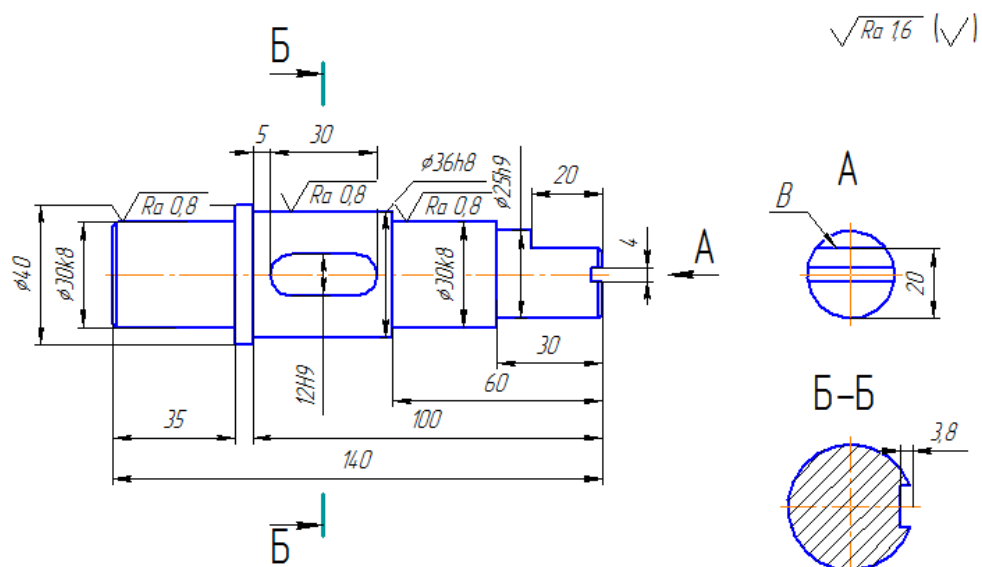
| Вариант | Номер эскиза | Операция                          | Элементы режима резания |                      |                       |                     | Размеры фрезы     |                 |
|---------|--------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|-----------------|
|         |              |                                   | Глубина<br>t мм         | Подача               |                       | Скорость<br>V м/мин | Число<br>зубьев Z | Диаметр<br>D мм |
|         |              |                                   |                         | S <sub>0</sub> мм/об | S <sub>Z</sub> мм/зуб |                     |                   |                 |
| 1       | 1. Валик     | Фрезеровать шпоночный паз         | 3,8                     |                      | 0,024                 | 30                  | 2                 |                 |
| 2       | 1. Валик     | Фрезеровать плоскость В           |                         |                      | 0,15                  | 100                 | 6                 | 30              |
| 3       | 1. Валик     | Фрезеровать паз 4 мм на торце     |                         |                      | 0,05                  | 90                  | 20                | 50              |
| 4       | 2. Втулка    | Сверлить 3 отверстия Ø 12Н14      |                         | 0,25                 |                       | 20                  |                   |                 |
| 5       | 2. Втулка    | Сверлить отверстие Ø 10Н12        |                         | 0,4                  |                       | 24                  |                   |                 |
| 6       | 2. Втулка    | Фрезеровать плоскость в размер 80 |                         |                      | 0,16                  | 150                 | 6                 | 40              |
| 7       | 3. Рычаг     | Фрезеровать паз 16 мм             |                         |                      | 0,1                   | 120                 | 3                 | 16              |
| 8       | 3. Рычаг     | Фрезеровать торец А               | 3                       | 0,3                  |                       | 140                 | 8                 | 40              |

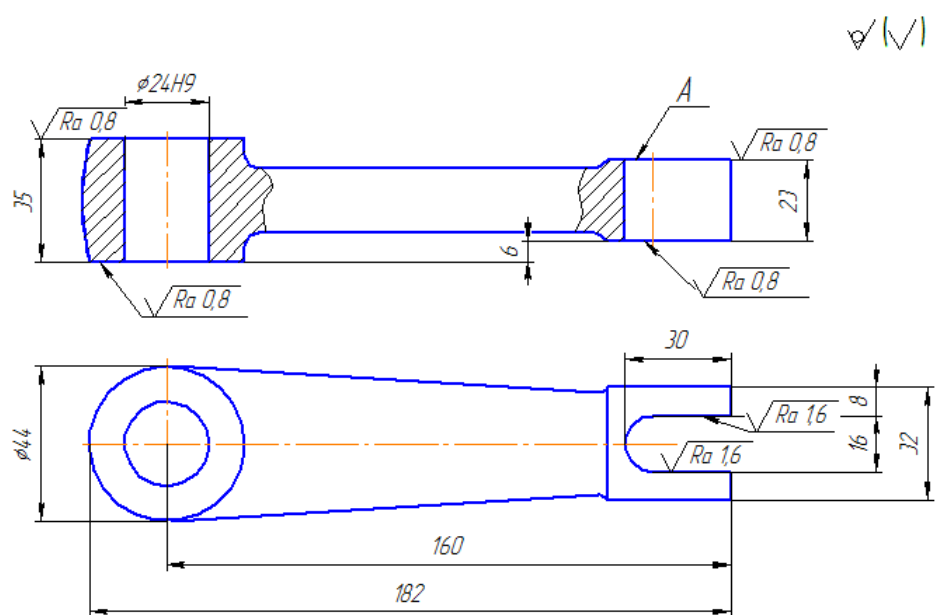
|    |                 |                                            |     |      |      |     |    |     |
|----|-----------------|--------------------------------------------|-----|------|------|-----|----|-----|
| 9  | 4 Корпус        | Расточить отверстие $\varnothing 40H12$    | 5   | 0,5  |      | 130 |    |     |
| 10 | 4. Корпус       | Фрезеровать плоскость А                    | 5   |      | 0,15 | 90  | 6  | 50  |
| 11 | 4. Корпус       | Сверлить 2 отверстия $\varnothing 10H14$   |     | 0,2  |      | 28  |    |     |
| 12 | 3. Стойка       | Сверлить отверстие $\varnothing 12H11$     |     | 0,1  |      | 30  |    |     |
| 13 | 3. Стойка       | Сверлить 4 отверстия $\varnothing 10H12$   |     | 0,15 |      | 25  |    |     |
| 14 | 3. Стойка       | Расточить отверстие $\varnothing 40H12$    | 3   | 0,4  |      | 135 |    |     |
| 15 | 6. Ось          | Обточить $\varnothing 40H9$ на длину 100мм | 1,5 | 0,3  |      | 160 |    |     |
| 16 | 7. Шагун        | Зенкеровать отв. $\varnothing 22H9$        | 3   | 0,1  |      | 35  |    |     |
| 17 | 7. Шагун        | Фрезеровать плоскость А                    | 3   |      | 0,18 | 90  | 24 | 200 |
| 18 | 8. Направляющая | Фрезеровать паз                            |     |      | 0,12 | 110 | 12 |     |
| 19 | 8. Направляющая | Сверлить 4 отверстия $\varnothing 14H12$   |     |      | 0,12 | 18  |    |     |

|    |           |                                                     |     |      |      |     |   |    |
|----|-----------|-----------------------------------------------------|-----|------|------|-----|---|----|
| 20 | 9. Опора  | Фрезеровать уступ, выдерживая размеры 26 мм и 50 мм |     |      | 0,12 | 110 | 8 | 50 |
| 21 | 9. Опора  | Сверлить 4 отверстия $\varnothing 16H14$            |     | 0,18 |      | 22  |   |    |
| 22 | 9. Опора  | Сверлить 2 отверстия $\varnothing 12H14$            |     | 0,2  |      | 24  |   |    |
| 23 | 3. Рычаг  | Зенкеровать $\varnothing 24H9$                      | 2   | 0,08 |      | 30  |   |    |
| 24 | 4. Корпус | Подрезать торец, выдерживая размер 40               | 3   | 0,6  |      | 140 |   |    |
| 25 | 2. Втулка | Подрезать торец А, выдерживая размер 50             | 2,5 | 0,3  |      | 115 |   |    |
| 26 | 7. Шатун  | Зенкеровать $\varnothing 16H9$                      | 1,7 | 0,1  |      | 38  |   |    |

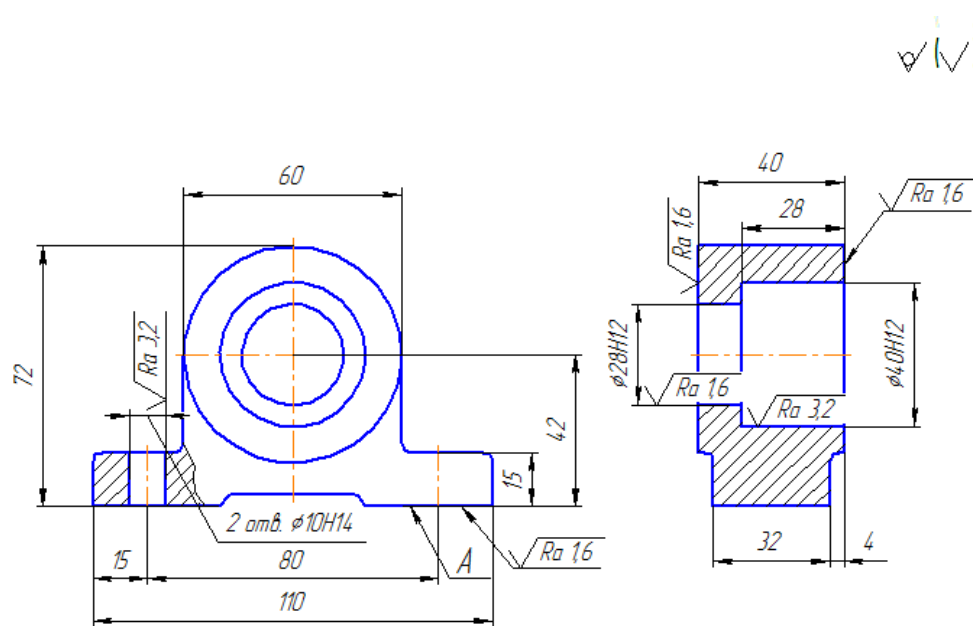
Студенты, имеющие номера 27, 28 и более по списку группы выбирают соответственно 1, 2 и т.д. варианты

## Эскизы заготовок к заданию 1

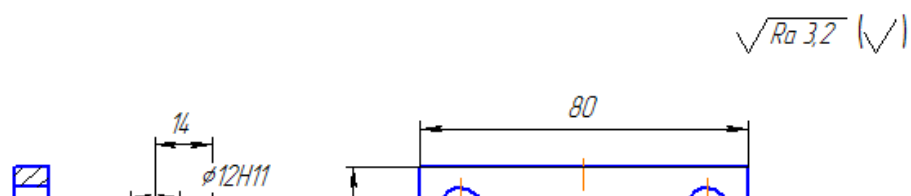


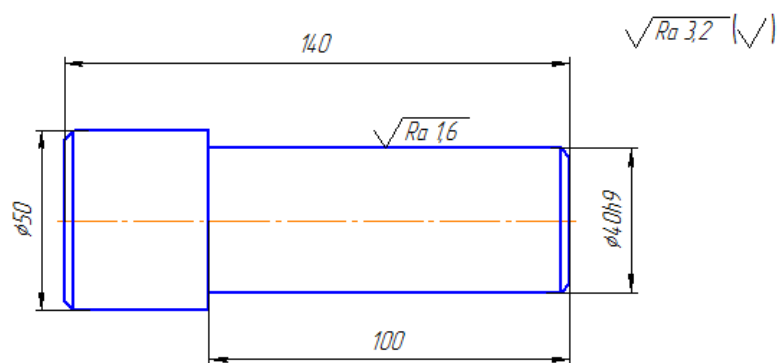


### 3. Рычаг

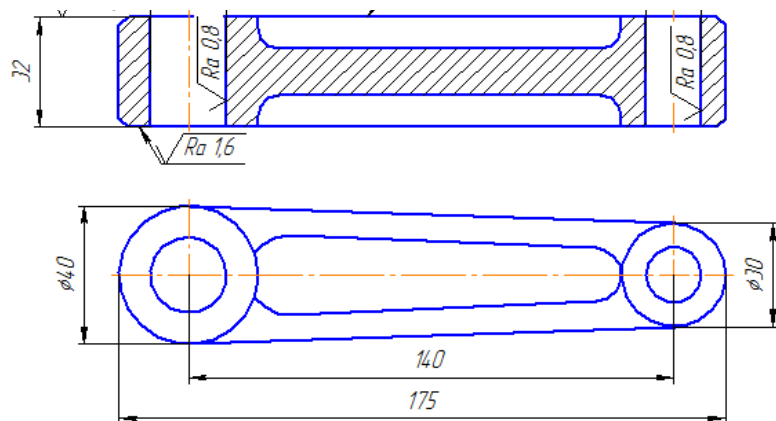


### 4. Корпус



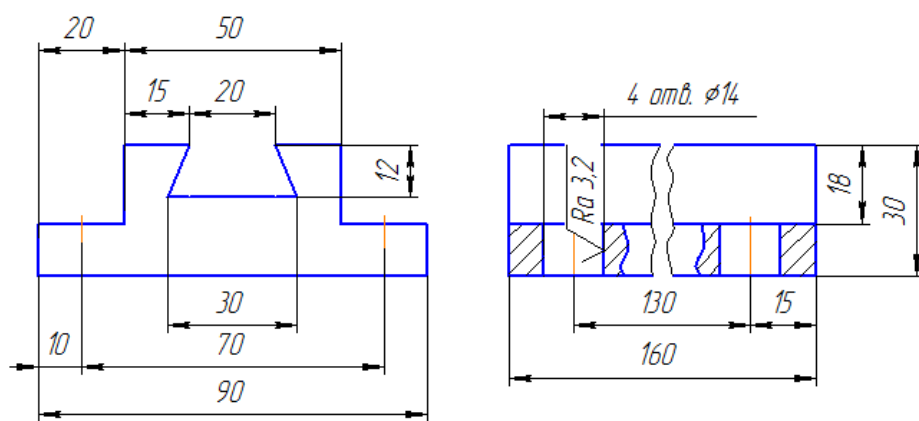


6. Ось

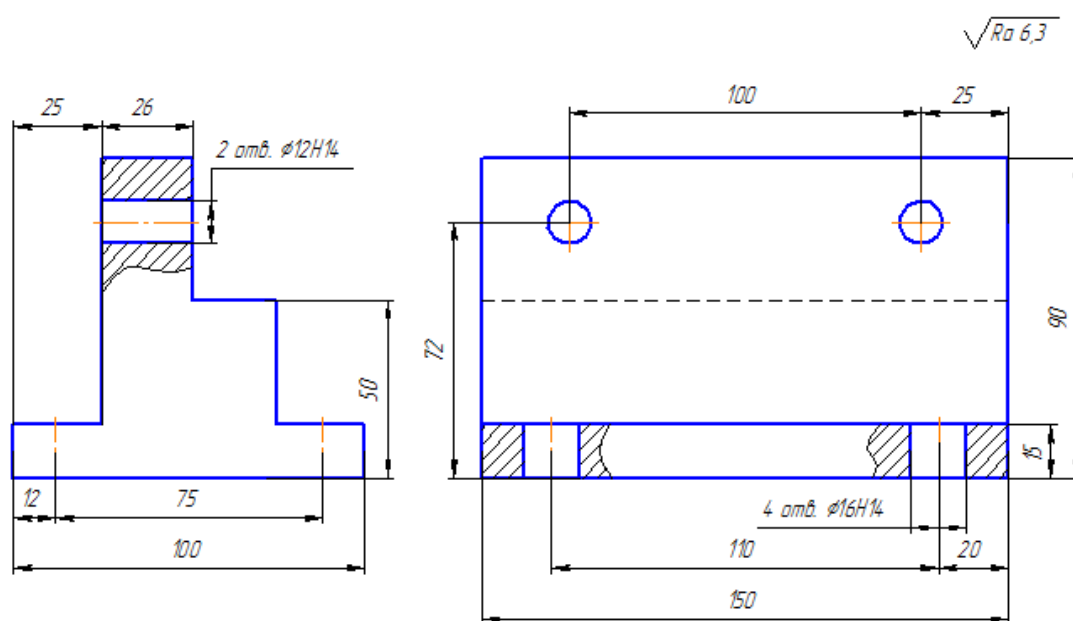


7. Шатун

$\sqrt{Ra\ 6,3}$  (✓)



8. Направляющая



9. Опора

Рисунок 1.1 – Эскизы деталей

Лабораторное занятие №12

**Проектирование технологической операции. Разработка операционного эскиза технологической операции, используя конструкторскую документацию**

**Цель работы:** Получение навыка проектирования токарной операции, выполняемой на станке; научиться нормировать операцию.

**Краткие теоретические сведения**

В первую очередь, необходимо выполнить операционный эскиз по ГОСТ 3.1702 - 79 с указанием схемы базирования и закрепления заготовки по ГОСТ 3.1107 - 81. Обрабатываемую поверхность выделить и обозначить цифрами.

**1. Определение последовательности переходов**

Последовательность переходов устанавливается в соответствии с точностью, формой, размерами и шероховатостью обрабатываемой поверхности детали и видом заготовки.

Первый переход – вспомогательный: «Установить и зажать заготовку». Затем идут технологические переходы: сначала черновые, а затем чистовые, если поверхности точные и гладкие (шероховатость менее 10 мкм по Ra). Если заготовка не поджата задним центром и оставлен припуск по торцу, то сначала подрезают торец, а затем делают черновое наружное точение, затем предварительную (черновую) расточку при наличии центрального отверстия.

**2. Выбор и расчет режимов резания**

**1. Устанавливаем глубину резания**

$$t = \frac{D - d}{2},$$

где  $t$  – глубина резания, мм;

$D$  – диаметр заготовки, мм;

$d$  – диаметр при окончательной обработке, мм;

**2. Назначаем подачу**

3. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами резца по формуле:

$$V_u = \frac{C_v}{T^m \times t^{x_v} \times S_o^{y_v}} \times K_v,$$

где  $V_u$  – скорость главного движения резания, м/мин;

$C_v$  – коэффициент;

$T$  – период стойкости, мин;

$t$  – глубина резания, мм;

$S_o$  – подача, мм/об;

$K_v$  – коэффициент произведения коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки ( $K_{mv}$ ), состояние поверхности ( $K_{nv}$ ), материала инструмента ( $K_{iv}$ ).

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv} K_{\phi v} K_{0v}.$$

4. Определяем частоту вращения шпинделя, соответствующую найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000 V_u}{\pi D},$$

где  $n$  – частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>;

1000 – переводной коэффициент в мм;

$V_u$  – скорость главного движения резания, м/мин;

$\pi = 3,14$

$D$  – диаметр заготовки, мм.

5. Определяем действительную скорость главного движения резания:

$$V_d = \frac{\pi D n_d}{1000},$$

где  $V_d$  – действительная скорость главного режима резания, м/мин;

$D$  – диаметр заготовки, мм;

$n_d$  – действительная частота вращения шпинделя, об/мин;

1000 – переводной коэффициент в мм.

6. Мощность, затрачиваемую на резание, определяем по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_z \times V_d}{60 \times 10^2},$$

где  $N_{рез}$  – мощность, затрачиваемая на резание, кВт;

$P_z$  – главная составляющая силы резания, кгс;

$V_d$  – действительная скорость главного режима резания, м/мин.

$$P_z = 9,81 \times C_{P_z} \times t^{x_{P_z}} \times S_0^{y_{P_z}} \times V^{n_{P_z}} \times K_{P_z}$$

где  $P_z$  – главная составляющая силы резания, Н;

$C_p$  – коэффициент;

$t$  – глубина резания, мм;

$S_0$  – подача, мм/об;

$K_{pz}$  – поправочный коэффициент.

В единицах СИ (Вт):

$$N_{рез} = P_z \times V_d,$$

где  $P_z$  - в ньютонах (Н), а  $V_d$  - в метрах в секунду (м/с);

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка 16K20

$$N_{шп} = N_d \times \eta,$$

где  $N_{шп}$  – мощность на шпинделе станка, кВт;

$N_d$  – мощность двигателя, кВт;

$\eta$  – коэффициент полезного действия станка (КПД).

### 3. Расчет нормы времени

Норма штучного времени на операцию при работе на станке с ЧПУ определяется по формуле:

$$T_{шт.} = (T_a + T_b K_{TB}) \left(1 + \frac{T_{об.}}{100}\right)$$

где  $T_a$  – время автоматической работы по программе.

$$T_a = T_{oa} + T_{ва}$$

где  $T_{oa}$  – время основной автоматической работы (основное автоматное);

$T_{\text{ва}}$  – время вспомогательной автоматической работы (вспомогательное автоматное), затрачиваемое на вспомогательные переходы (автоматическую смену инструмента, автоматическое изменение режимов, технологические паузы и т. п.).

$$T_{oa} = \sum_{i=1}^m \frac{L_i}{S_{mi}},$$

где  $L_i$  – длина шага траектории инструмента;

$S_{mi}$  – минутная скорость подачи на участке.

Время ручной вспомогательной работы:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{ву}} + T_{\text{всп}} + T_{\text{ви}}$$

$T_{\text{ву}}$  – время на установку и снятие заготовки

$T_{\text{всп}}$  – вспомогательное время, связанное с выполнением операции

$T_{\text{ви}}$  – время на контрольные измерения

$T_{\text{об}}$  – время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности

$K_{\text{тв}}$  – поправочный коэффициент учитывающий серийность работы (стр. 35 [4]).

Операционная технологическая карта и карта эскизов заполняются на стандартных бланках в соответствии с ГОСТ 3.1418 - 82 (см. приложение).

### **Технология выполнения работы:**

1. Изобразить операционный эскиз с траекторией движения инструмента
2. Выбрать приспособление для закрепления заготовки на данном станке.
3. Выбрать режущий инструмент.
4. Установить последовательность вспомогательных переходов и технологических переходов.
5. Выбрать и рассчитать режимы резания.
6. Определить нормы времени.
7. Заполнить операционную карту.
8. Заполнить карту эскизов.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите документацию, в которой содержатся исходные данные для проектирования технологического процесса механической обработки заготовки.
2. Что такое операционная карта?
3. Какую информацию заносит технолог в операционную карту?
4. Что является режущим инструментом при точении?
5. Какие приспособления для базирования заготовки используют при точении?
6. Из чего складывается штучно-калькуляционное время на операцию?
7. Какими параметрами характеризуется процесс резания при точении?

### Лабораторное занятие №13

#### **Выбор технологического оборудования и технологической оснастки: приспособлений, режущего, мерительного и вспомогательного инструмента**

**Цель работы:** Формирование умений выбора технологического оборудования и технологической оснастки: приспособлений, режущего, мерительного и вспомогательного инструмента.

#### **Краткие теоретические сведения:**

Технологическая оснастка – орудия производства, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части ТП.

К технологической оснастке относятся:

- приспособления;
- режущий инструмент;
- вспомогательный инструмент;
- контрольно-измерительный инструмент.

Выбор приспособлений. Приспособление (станочное) – технологическая оснастка, предназначенная для закрепления заготовки на станке при выполнении технологической операции.

Конструкции приспособлений для данного вида технологических операций определяются на основе:

- габаритных размеров изделий;
- вида заготовок;

- материала изделий;
- точности обработки, качества поверхности;
- конфигурации изделия;
- схем базирования и закрепления;
- характеристик оборудования;
- типа производства.

Различают следующие системы установочно-зажимных станочных приспособлений:

- неразборные специальные (НСП);
- универсально-наладочные (УНП);
- универсально-сборные (УСП);
- сборно-разборные (СРП);
- универсально-безналадочные (УБП);
- специализированные наладочные (СНП).

По возможности следует применять универсальные, переналаживаемые и быстродействующие приспособления. Применение специальных приспособлений должно быть экономически оправдано.

Выбор режущего инструмента. Режущий инструмент выбирается с учетом:

- максимального применения нормализованного и стандартного инструмента;
- метода обработки;
- размеров обрабатываемых поверхностей и размеров станка;
- заданной точности обработки и качества поверхности;
- условий работы;
- промежуточных размеров и допусков на эти размеры;
- требуемой производительности;
- обрабатываемого материала;
- стойкости инструмента, его режущих свойств; жесткости и прочности;
- стадии обработки (черновая, чистовая, отделочная);
- стоимости инструмента;
- типа производства.

Размеры мерного режущего инструмента определяются исходя из промежуточных размеров обработки (зенкеры, развертки, протяжки и т.д.), размеры других видов инструмента (резцы, расточные борштанги и т.д.) должны определяться из расчета по прочности и жесткости.

Всегда необходимо стремиться к использованию стандартного инструмента. Специальный и комбинированный режущий инструмент применяется только в случае невозможности обработки стандартным или при иной экономической целесообразности.

Большинство режущего инструмента крепится на станке при помощи вспомогательного инструмента.

Выбор вспомогательного инструмента. Вспомогательный инструмент выбирается по уже выбранному режущему инструменту. Вспомогательный инструмент должен иметь, с одной стороны, установочные поверхности и элементы крепления, соответствующие режущему инструменту, а с другой - поверхности установки и элементы крепления, соответствующие посадочным местам станка. К вспомогательному инструменту относятся:

- для резцов – резцедержатели;
- для насадных фрез – оправки, концевых – цанговые патроны, переходные втулки;
- для осевого инструмента с коническим хвостовиком (сверла, зенкеры) – переходные втулки, с цилиндрическим хвостовиком – сверлильные патроны, в том числе быстросменные;
- для метчиков и плашек – специальные патроны;
- для расточных резцов – оправки и борштанги;
- для разверток – оправки качающиеся.

Большинство вспомогательного инструмента стандартизовано.

При выборе вспомогательного инструмента необходимо:

- определить конструкцию режущего инструмента, форму и конструктивные особенности его установочных поверхностей и элементов крепления;
- установить вид и характер посадочного места данного станка, форму установочных поверхностей, особенности элементов и требуемый характер крепления;
- сравнить установочные поверхности и элементы крепления режущего инструмента и посадочного места станка;
- подобрать по стандартам или спроектировать вспомогательный инструмент, который по своим данным явился бы согласующим промежуточным звеном между ними;
- проверить соответствие выбранного вспомогательного инструмента характеру выполняемого перехода операции ТП.

Выбор методов и средств измерений. Измерительные средства (средства контроля) – это технические устройства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические свойства.

Правила выбора средств технологического контроля регламентированы стандартом. Средства технологического контроля выбираются с учетом:

- организационно-технических форм контроля;
- точности измерений;
- достоверности контроля;
- трудоемкости контроля;
- масштаба производства;
- стоимости контроля;
- конструктивных характеристик измеряемых деталей;

- требований техники безопасности и удобства работы.

Установлены обязательные показатели процесса контроля: точность измерений, достоверность и трудоемкость контроля, стоимость контроля.

При выборе средств контроля используются конструкторская и технологическая документация на изделие, стандарты на средства контроля, каталоги и классификаторы средств контроля. Для правильного выбора методов и средств контроля необходима обязательная оценка влияния погрешности измерения на результаты контроля. В зависимости от номинального размера и допуска на изготовление изделия определяют предельно допустимую погрешность измерения; она не должна превышать 20 % допуска на размер.

По месту выполнения контрольные операции делятся на стационарные и скользящие. Стационарные контрольные операции планируют для проверки большого числа одинаковых деталей, которые удобно контролировать на специальном оборудовании на отдельном рабочем месте. Скользящие контрольные операции предусматриваются на месте изготовления деталей больших габаритов и массы, а также при малом числе проверяемых деталей.

По степени охвата контрольные операции различаются на сплошные и выборочные. Сплошной контроль осуществляют после тех операций обработки, где вероятен повышенный брак, перед сложными операциями, после операций, имеющих решающее значение для качества последующей обработки, в конце обработки при приемочном контроле. Выборочный контроль выполняется при высокой устойчивости ТП, при большом числе одинаковых деталей, после второстепенных операций обработки.

Контроль делят на пассивный и активный. Пассивный контроль применяется при сплошной приемке готовых деталей, сортировке деталей на размерные группы, проверке качества особо ответственных деталей. Активный контроль – это любой контроль, по результатам которого производится вмешательство (вручную или автоматически) в ТП изготовления изделия.

Перед контрольными операциями для надежности контроля в ТП необходимо предусматривать операции очистки и промывки проверяемых деталей, а также удаления с их поверхности заусенцев.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова»  
Многопрофильный колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА**

МДК 01.02 Оформление технологической документации по процессам изготовления деталей  
машин

**15.02.16 Технология машиностроения**

Магнитогорск, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1 ВВЕДЕНИЕ.....</b>                                                                                                           | <b>105</b> |
| <b>2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ .....</b>                                                                                             | <b>107</b> |
| <i>Практическое занятие №9 .....</i>                                                                                             | <i>107</i> |
| <i>Разработка маршрутной карты .....</i>                                                                                         | <i>107</i> |
| <i>Практическое занятие №10 .....</i>                                                                                            | <i>108</i> |
| <i>Разработка операционной карты.....</i>                                                                                        | <i>108</i> |
| <i>Практическое занятие №11 .....</i>                                                                                            | <i>110</i> |
| <i>Изучение типового технологического процесса производства деталей типа "Вал.....</i>                                           | <i>110</i> |
| <i>Практическое занятие №12 .....</i>                                                                                            | <i>121</i> |
| <i>Разработка технологического процесса механической обработки детали типа «Вал». ....</i>                                       | <i>121</i> |
| <i>Практическое занятие №15 .....</i>                                                                                            | <i>12</i>  |
| <i>Анализ на технологичность деталей типа «Вал».....</i>                                                                         | <i>12</i>  |
| <i>Практическое занятие №16 .....</i>                                                                                            | <i>15</i>  |
| <i>Оформление маршрутной карты и операционной карты (одной операции) по ГОСТ 3.111882; ГОСТ 3.1404 – 86.....</i>                 | <i>15</i>  |
| <i>Практическое занятие №17 .....</i>                                                                                            | <i>21</i>  |
| <i>Разработка типового маршрута изготовления вала с основными операциями механической обработки</i>                              | <i>21</i>  |
| <i>Практическое занятие №18 .....</i>                                                                                            | <i>25</i>  |
| <i>Разработка типового маршрута изготовления втулок с выбором оборудования, приспособлений и инструмента .....</i>               | <i>25</i>  |
| <i>Практическое занятие №19 .....</i>                                                                                            | <i>27</i>  |
| <i>Разработка типового маршрута изготовления дисков с выбором оборудования, приспособлений и инструмента .....</i>               | <i>27</i>  |
| <i>Практическое занятие №20 .....</i>                                                                                            | <i>31</i>  |
| <i>Разработка маршрутной технологии конкретной детали .....</i>                                                                  | <i>31</i>  |
| <i>Типовые технологические процессы обработки валов.....</i>                                                                     | <i>34</i>  |
| <i>Практическое занятие №21 .....</i>                                                                                            | <i>49</i>  |
| <i>Разработка операции механической обработки .....</i>                                                                          | <i>49</i>  |
| <i>Практическое занятие №22 .....</i>                                                                                            | <i>55</i>  |
| <i>Составление маршрута обработки на типовую деталь типа: вал, шестерня и др.....</i>                                            | <i>55</i>  |
| <i>Практическое занятие №23 .....</i>                                                                                            | <i>59</i>  |
| <i>Разработка технологического процесса механической обработки детали на токарных станках с ЧПУ в КОМПАС - Автопроект .....</i>  | <i>59</i>  |
| <i>Практическое занятие №24 .....</i>                                                                                            | <i>88</i>  |
| <i>Разработка технологического процесса механической обработки детали на фрезерных станках с ЧПУ в КОМПАС - Автопроект .....</i> | <i>88</i>  |

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений, необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой профессионального модуля ПМ.01 Разработка технологических процессов изготовления деталей машин предусмотрено проведение практических занятий и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

### **уметь:**

- У 1.1.1 читать чертежи и требования к деталям служебного назначения;
- У 1.1.2 анализировать технологичность изделий;
- У 1.1.3 оформлять техническое задание на конструирование нестандартных приспособлений, режущего и измерительного инструмента;
- У 1.2.1 определять виды и способы получения заготовок;
- У 1.2.2 оформлять чертежи заготовок для изготовления деталей;
- У 1.2.3 определять тип производства;
- У 1.3.1 проектировать технологические операции;
- У 1.3.2 составлять последовательность выполнения технологического процесса обработки деталей;
- У 1.3.3 выбирать методы обработки поверхностей;
- У 1.4.1 анализировать исходные данные на основе чертежей технологических карт;
- У 1.4.2 анализировать и выбирать схемы базирования;
- У 1.4.3 анализировать и выбирать схемы закрепления заготовки;
- У 1.4.4 выбирать технологическое оборудование и технологическую оснастку: приспособления, режущий, мерительный и вспомогательный инструмент;
- У 1.5.1 выполнять расчеты межпереходных и межоперационных размеров, припусков и допусков;
- ПК 1.5.2 определять способы формообразования при обработке деталей резанием и с применением аддитивных методов;
- ПК 1.5.3 выполнять расчеты режимов резания и норм времени на операции металлорежущей обработки;
- У 1.6.1 оформлять технологическую документацию;
- У 1.6.2 составлять технологические маршруты операций изготовления деталей;
- У 1.6.3 использовать пакеты прикладных программ (CAD/CAM системы) для разработки конструкторской документации и проектирования технологических процессов механической обработки и аддитивного изготовления деталей;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

| Код    | Наименование вида деятельности и профессиональных компетенций                                                                   |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ВД 1   | Разработка технологических процессов изготовления деталей машин                                                                 |
| ПК 1.1 | Использовать конструкторскую и технологическую документацию при разработке технологических процессов изготовления деталей машин |

|        |                                                                                                                                                     |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК 1.2 | Выбирать метод получения заготовок с учетом условий производства                                                                                    |
| ПК 1.3 | Выбирать методы механической обработки и последовательность технологического процесса обработки деталей машин в машиностроительном производстве     |
| ПК 1.4 | Выбирать схемы базирования заготовок, оборудование, инструмент и оснастку для изготовления деталей машин                                            |
| ПК 1.5 | Выполнять расчеты параметров механической обработки изготовления деталей машин, в том числе с применением систем автоматизированного проектирования |
| ПК 1.6 | Разрабатывать технологическую документацию по изготовлению деталей машин, в том числе с применением систем автоматизированного проектирования       |

А также формированию *общих компетенций*:

| Код   | Наименование общих компетенций                                                                                                                              |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОК 01 | Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.                                                         |
| ОК 02 | Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности |

Выполнение обучающихся практических работ по учебному модулю ПМ.01 Разработка технологических процессов изготовления деталей машин МДК 01.02. Оформление технологической документации по процессам изготовления деталей машин направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проективных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические и лабораторные занятия проводятся после соответствующей темы после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 2.1. Виды и классификация технологической документации на изготовление изделий

#### Практическое занятие №9

#### Разработка маршрутной карты

Цель работы: приобретение навыков разработки маршрутной карты

Задание:

1. Заполнить маршрутную карту для единичного технологического процесса, выполняемого с применением различных методов обработки. Для этого проанализировать таблицы 3, 2 и 4 ГОСТ 3.1118-82 (табл. 3).

Данные:

Правила оформления маршрутной карты (МК)

Для изложения технологических процессов в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ.

- деталь – вал с габаритами: диаметр 20 мм и длиной 100 мм;
- заготовка – прутки круглой горячекатаной стали диаметром 22 мм и длиной 102 мм (ГОСТ 2590-2006), обычной точности прокатки (В), II класса по кривизне, из стали марки Ст3пс, категории 5, группы II. Пример обозначения: [http://for-engineer.info/handbook/section\\_10.pdf](http://for-engineer.info/handbook/section_10.pdf)
- код материала допускается не заполнять;
- код единицы величины по Общероссийскому классификатору единиц измерения (<https://classifikators.ru/okei>)
- масса детали по чертежу (Мд) – 3,1 кг;
- единица, на которую установлена норма расхода материала или норма времени – 1;
- норма расхода материалов – 3,6 (Н.расх=Мд+Отходы);
- коэффициент использования материалов – КИМ=Мд/ Н.расх;
- графа 13 не заполняется;
- номер цеха и т.д. принять – 1;
- операция токарная – код и название операции по классификатору: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293732/4293732121.pdf>; код допускается не ставить;
- обозначение документов принять по примеру в презентации;
- код оборудования не указывать; модель – Тс1730ф4;
- степень механизации – 1 (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 и ремонте)
- профессия токарь по Общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов (<http://okpdr.ru/>)
- разряд работ – 4;
- код условий труда не указывать;
- объем партии – 100;
- коэффициент штучного времени – 1;
- время штучное – 0,58 мин;
- время подготовительно заключительное – 3,5 мин;
- содержание перехода – точить поверхности с подрезкой, выдерживая D=20-0,21 мм и L=100 мм;
- технологическая оснастка:

XXXX-XXXX резец; XXXX-XXXX трехкулачковый патрон.

2. Предложите один из комплектов технологической документации для маршрутно-операционного описания.
3. Ответить на вопросы

Что такое маршрутная карта?

Какие основные сведения можно узнать из МК?

## **Практическое занятие №10**

### **Разработка операционной карты**

**Цель работы:** научиться выполнять анализ технологического процесса механической обработки детали и оформлять бланки операционной карты и карты эскизов.

Оформление технологической документации

В соответствии с ЕСТД в зависимости от стадии проектирования ГОСТ 3.1102–81 при разработке технологических процессов изготовления изделий основными документами являются: маршрутная карта (МК), операционная карта (ОК), карта эскизов (КЭ), технологическая инструкция (ТИ), спецификация технологических документов (СТ), комплектовочная карта (КК), ведомость оснастки (ВО), технологическая карта (ТК), карта технологического процесса (КТП), операционная карта технического контроля (ОК).

При разработке технологических процессов в курсовой работе обязательными являются МК, ОК, КЭ, ТИ, КК.

Каждый документ строго стандартизован по форме, соответствующей первому и последующим листам. Последующие листы отличаются от первого отсутствием так называемой "головки" таблицы. Все формы технологических документов выполняются на листах формата А 4.

Правила оформления операционной карты (ОК)

Запись информации в операционных картах (ОК) форм 2, 3 и 2а по ГОСТ 3.1404–86 следует выполнять построчно с привязкой к соответствующим служебным символам.

Правила и порядок применения служебных символов граф М, А, Б в соответствии с ГОСТ 3.1118–82 рассмотрен выше при рассмотрении оформления МК.

Т – информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке. При заполнении строки, имеющей служебный символ Т, следует руководствоваться требованиями классификатора на кодирование и наименование технологической оснастки [33, 34]. Информацию по применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующей последовательности:

приспособления – ПР;

вспомогательный инструмент – ВИ;

режущий инструмент – РИ;

средства измерений – СИ.

Например: РИ. сверло 2300–0195 ГОСТ 10902–77.

Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять через знак;

Км – коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании; 5 знаков;

Тпз – норма подготовительно-заключительного времени на операцию; 7 знаков;

Тшт – норма штучного времени на операцию; 8 знаков.

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

Д, В – расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины детали); 11 знаков;

t – глубина резания, мм; 5 знаков;

- i – число проходов; 6 знаков;
- S – подача, мм/об; 10 знаков;
- n – число оборотов шпинделя в мин., 7 знаков;
- V – скорость резания, м/мин; 8 знаков.

При операционном описании содержания операции следует применять текстовую и бестекстовую запись.

Бестекстовая запись применяется при условии обязательной разработки операционных эскизов к каждой операции с указанием условных обозначений размеров и условных обозначений опор, зажимов и установочных устройств по ГОСТ 3.1107–81 .

При бестекстовой записи содержание основного перехода следует указывать номер перехода и номера размеров обрабатываемых поверхностей с записью в скобках выполняемых предварительно размеров, например, 1.1 (Ø 30-0,24).

При записи окончательных размеров, указанных на операционном эскизе, в операционной карте следует указывать только обозначения обрабатываемых поверхностей.

Бестекстовая запись для вспомогательных переходов применяется при условии указания соответствующих графических обозначений опор, зажимов и установочных устройств по закреплению и снятию детали на эскизе детали, в остальных случаях следует выполнять текстовую запись вспомогательного перехода.

Правила записи операций и переходов обработки резанием регламентированы ГОСТ 3. 1702–79. Наименование операций выражают именем прилагательным, производным от вида оборудования, например; "токарная", "фрезерная", "долбежная", "зубофрезерная", "сверлильная" "шлифовальная" и др. Операции нумеруются арабскими цифрами с градацией через 005. Например; "000 – Заготовительная", "005 – Токарная", "010 – Фрезерная" ... "040 – Контрольная".

Наименование операции следует записывать в соответствии с обязательными Приложениями 1 и 2 к ГОСТ 3.1702–79, в которых приведены и соответствующие цифровые коды.

Ключевые слова технологических переходов и их условные коды регламентированы ГОСТ 3.1702–79 .

Содержание операций (переходов) включает в себя все необходимые действия, выполняемые в технологической последовательности исполнителем по обработке детали на одном рабочем месте. В содержание операции (перехода) должно быть включено:

ключевое слово, характеризующее способ обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме. Например; "точить", "сверлить", "строгать" и т. п.;

наименование обрабатываемой поверхности конструктивных элементов, например; "торец", "отверстие", "наружный диаметр" и т. п.;

информация по размерам или условным обозначениям, например, Ø20H7;

дополнительная информация, характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки. Например: "предварительно", "одновременно", "по контуру", "с подрезкой торца" и т. п.

В записи операции и переходов не рекомендуется указывать шероховатость обрабатываемых поверхностей. Такая информация указывается на карте эскизов. При записи информации в технологической документации следует применять допускаемые сокращения слов и словосочетаний в соответствии с рекомендуемыми.

При записи содержания операции допускается полная или сокращенная форма записи. Например, полная запись: "сверлить 4 сквозных отверстия, выдерживая  $d=10+0.2$  ". Сокращенная запись: "сверлить 4 отв.  $d=10+0.2$  ".

## ОТВЕТЬТЕ НА ВОПРОСЫ

1 Выберите правильное определение:

Часть операции, выполняемая одним инструментом на одной поверхности с неизменными режимами резания – это...

А) установ

- Б) переход
- В) проход
- 2. Укажите, по какому принципу построен технологический процесс, если он раздроблен на простейших операциях с небольшим числом переходов и в каждой операции: А) концентрации
- Б) дифференциации
- 3. Дополните требования, предъявляемые к операционным эскизам: А) деталь изображается в .... положении
- Б) установочные и зажимные элементы приспособлений обозначаются....
- В) обрабатываемые поверхности изображаются .... линией
- Г) проставляются полученные размеры с ..., а также указывается.....
- 4. Какой бланк технологической документации содержит элементы режимов резания? А) МК
- Б) ОК
- В) КЭ
- 5. Перечислите исходные данные для проектирования технологического процесса?
- 6. В чем заключается принцип постоянства баз?
- 7. В каком типе производства заготовка приближается по форме и размерам к готовой детали?
- А) единичное, мелкосерийное
- Б) крупносерийное, массовое

## Практическое занятие №11

### Изучение типового технологического процесса производства деталей типа "Вал"

**Цель работы:** Приобретение знаний составления технологического процесса обработки детали по чертежу детали.

**Оборудование:** чертеж детали, паспорт токарного станка, справочник.

#### Задание.

1. Повторите учебный материал «Конструктивные формы валов. Технические требования, предъявляемые к валам».
2. Повторите учебный материал «Заготовки, применяемые для изготовления валов».
3. Повторите учебный материал «Подготовка заготовок валов к механической обработке».
4. Повторите учебный материал «Типовой технологический процесс изготовления ступенчатого и гладкого вала».
5. Изучите порядок выбора заготовки.
6. Изучите порядок расчета размеров заготовки.
7. Изучите порядок выбора технологического оборудования, способа закрепления детали на станке.
8. Изучите порядок выбора режущего инструмента.
9. Изучите нормативный метод расчета режимов резания на токарных операциях.
10. Изучите порядок назначения режимов резания при точении и растачивании.

#### Отчет о выполнении практической работы.

1. Запишите порядок выбора заготовки.
2. Запишите порядок расчета размеров заготовки.
3. Запишите порядок выбора технологического оборудования, способа закрепления детали на станке при точении и растачивании.

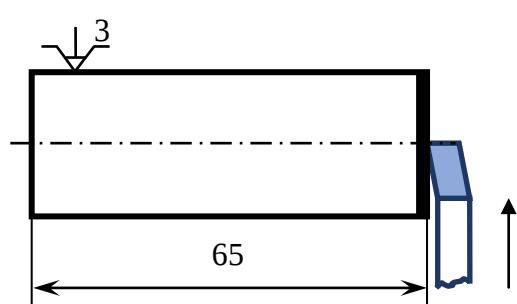
4. Запишите порядок выбор режущего инструмента при точении и растачивании.
5. Запишите нормативный метод расчета режимов резания на токарных операциях при точении и растачивании.
6. Запишите порядок назначения режимов резания при точении и растачивании.
7. Решите задачи, пользуясь методическими рекомендациями и справочным материалом.

#### Контрольные вопросы

1. Основные виды обработки материалов резанием.
2. Основные виды режущих инструментов по ГОСТ 25751-88, ГОСТ 21445-84, их назначение и область применения.
3. Инструментальные материалы.
4. Сверхтвердые инструментальные материалы.
5. Конструктивные элементы резца по ГОСТ 25 751-83, его геометрические параметры.
6. Основные типы токарных резцов.
7. По каким признакам различают токарные резцы?
8. Назовите основные конструкции токарных резцов и дайте их краткую характеристику.
9. Приведите отличительные особенности отогнутых и оттянутых резцов.
10. Назовите типы резцов по назначению и выполните их эскизы.
11. Как отличить правый резец от левого?
12. Изобразите головку прямого проходного резца, укажите ее элементы и дайте их определения.
13. Что называется высотой резца?
14. Алгоритм расчета режимов резания при точении.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

## 1. Технологический процесс изготовления

| Чертеж детали |         | Эскиз заготовки |                                                                                                        | Наименование изделия                                                                 |        |                         | Наименование детали  |                |            | Разряд                      |                             | ОГАПОУ<br>«Белгородский<br>машиностроительный<br>техникум» |       |          |                            |                           |                   |                      |
|---------------|---------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|----------------------|----------------|------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------|-------|----------|----------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------|
|               |         |                 |                                                                                                        | Вал                                                                                  |        |                         |                      |                |            |                             |                             |                                                            |       |          |                            |                           |                   |                      |
|               |         |                 |                                                                                                        | Материал                                                                             |        |                         | Род заготовки        |                |            | Черный вес<br>детали        |                             | Чистый вес детали                                          |       |          |                            |                           |                   |                      |
|               |         |                 |                                                                                                        | Сталь 45                                                                             |        |                         | прокат               |                |            |                             |                             |                                                            |       |          |                            |                           |                   |                      |
|               |         |                 |                                                                                                        | Годовой выпуск изделий                                                               |        |                         | Годовой пуск деталей |                |            | Количество деталей в партии |                             |                                                            |       |          |                            |                           |                   |                      |
|               |         |                 |                                                                                                        | Составил<br>Плотников А. Л.                                                          |        |                         | Подпись              |                |            | Проверил<br>Косякова Е. В.  |                             | Подпись                                                    |       |          |                            |                           |                   |                      |
| Операция      | Установ | Переход         | Содержание<br>установов и<br>переходов                                                                 | Эскиз переходов                                                                      | Станок |                         |                      | Приспособления | Инструмент |                             | Обработанная<br>поверхность |                                                            | t, мм | S, мм/об | v <sub>рез.</sub> , м/мин. | n <sub>ш.</sub> , об/мин. | i, число проходов | T <sub>о.</sub> мин. |
|               |         |                 |                                                                                                        |                                                                                      | Модель | Завод -<br>изготовитель | Характеристика       |                | Режущий    | Мерительный                 |                             |                                                            |       |          |                            |                           |                   |                      |
| I             | A       | 1               | Установить заготовку в патрон с вылетом 30 мм и закрепить<br>Подрезать торец Ø 40 в размер 417 начисто |  |        |                         |                      |                |            |                             |                             |                                                            |       |          |                            |                           |                   |                      |

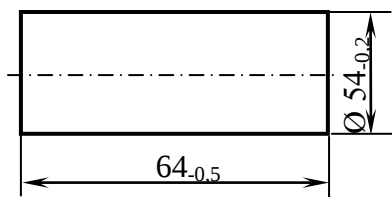
## 1. Выбор заготовки

Для получения заготовок при современном производстве наибольшее распространение получили способы литья, прокатки, штамповки. Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки. Поэтому при выборе заготовки необходимо учитывать экономичность и высокую производительность труда.

Наибольшее распространение получили заготовки в виде проката черных и цветных металлов, имеющих различную форму: круга, квадрата, шестигранника и т. д.

Так как у нас единичное производство, то в качестве заготовки выбираем круглый прокат.

$D_{\text{дет.}} = 54_{-0,2}$  мм (согласно чертежа)



Диаметр заготовки:

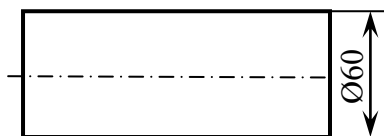
$D_{\text{заг.}} = D_{\text{дет.}} + P_{\text{черн.об.}} + P_{\text{чист.об.}}$  (Справочник молодого токаря И. И. Бергер [1], стр. 217-218, табл. 7.1-7.3),

где  $P$  – припуск на обработку

$P_{\text{черн.об.}} = 4,0$  мм

$P_{\text{чист.}} = 2,0$  мм

$D_{\text{заг.}} = 54_{-0,2} + 4,0 + 2,0 = 60$  мм

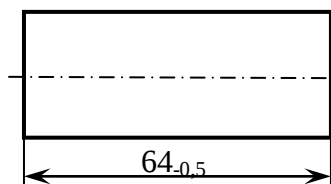


Размер проката уточнить по справочнику ([1], стр. 216). Полученный размер округлить в большую сторону.

Берем заготовку диаметром 42 мм.

Так как шероховатость поверхности равна 5-ому классу и деталь короткая, то будет достаточно одной обточки. ([1], стр.198-199, табл. 6.4)

$L_{\text{дет.}} = 64_{-0,5}$  мм (согласно чертежа)



Длина заготовки:  $L_{\text{заг.}} = L_{\text{дет.}} + \Pi_{\text{торц.}}$  ([1], стр.228-230)

$\Pi_{\text{торц.}} = 1,5$  мм на сторону.

$L_{\text{заг.}} = 64_{-0,5} + 2 \times 1,5 = 67$  мм



## 2. Выбор оборудования

Из всего разнообразия станков предназначенных для токарной обработки выбираем токарно-винторезный станок 16K20, предназначенный для выполнения различных токарных работ в условиях единичного и серийного производства.

### 3. Тип производства детали – единичный.

### 4. Выбор способа установки заготовок ([1], стр.219, табл. 7.4); ([1], стр.341, табл. 8.3)

### 5. Выбор средств измерений и контроля для токарных работ ([1], стр.200-215, табл. 6.5)

### 6. Выбор резца

Материал резца

([1], стр.50-56, табл. 2.9-2.11)

Радиус закругления вершины  $r$

([1], стр.124-125)

Тип резца

([1], стр.124-173, табл. 5.1-5.10)

Сечение державки резца  $H \times B$

([1], стр.112, табл. 4.5 часть 2)

### 7. Выбор геометрии резца

([1], стр.108-114, табл. 4.4-4.6)

Формы и размеры элементов передней поверхности резца с пластиной из твердого сплава

([1], стр.110-112, табл. 4.5)

Размер элементов резца

([1], стр.112, табл. 4.5)

## **8. Выбор периода стойкости инструмента Т (мин.) и критериев затупления инструмента h**

([1], стр.99, табл. 4.2)

## **9. Расчет глубины резания**

([1], стр.96)

Глубина резания при торцевании равна припуску на обработку на одну сторону.

Глубина резания при точении фасок равна ширине фаски.

Глубина резания при наружном обтачивании, растачивании:

$$t = \frac{D - d}{2}$$

Глубина резания при сверлении:

$$t = \frac{D_{\text{св.}}}{2}$$

где  $D_{\text{св.}}$  – диаметр сверла.

Глубина резания при рассверливании, зенкерования, развертывании:

$$t = \frac{D - d}{2}$$

где  $D$  – диаметр отверстия после обработки,  $d$  – диаметр отверстия до обработки.

Глубина резания при протачивании канавок, отрезании равна ширине резца.

## **10. Выбор подачи S**

([1], стр. 96, стр.221-317 , табл. 7.5-7.62)

Для выбора поперечной подачи при протачивании канавок, отрезании и торцевании

([1], стр.8-9, табл. 1.1)

Уточняем подачу  $S$  по паспорту станка ([1], стр.8-9, табл. 1.1) (округлить в меньшую сторону)

## **11. Выбор скорости резания**

([1], стр. 96, стр.222-226, табл. 7.6-7.11)

## 12. Расчет числа оборотов шпинделя

([1], стр.120-124 пример решения)

([1], стр. 122, стр.8-9, табл. 1.1)

$$n = \frac{1000 V}{\pi D}$$

Уточняем число оборотов шпинделя по паспорту станка ([1], стр.8-9, табл. 1.1)  
(округлить в меньшую сторону)

## 13. Находим действительную скорость резания

$$V_{\text{д.}} = \frac{\pi D n}{1000}$$

## 14. Проверка режимов резания по мощности станка

([1], стр. 96-98, табл. 4.1, стр. 120-124)

Вертикальное усилие (Н):

$$P_z = K_t S,$$

где  $K$  – коэффициент резания (Мпа) ([1], стр. 97, табл. 4.1),

$t$  – глубина резания,

$S$  – подача.

Проверка мощности резания  $N_{\text{рез.}}$  (Вт) проводится по формуле:

$$N_{\text{рез.}} = \frac{P_z v}{60 \cdot 1020},$$

где  $P_z$  – сила резания (Н),

$v$  – скорость резания (м/мин.),

1020 – коэффициент перевода Н·м/с в кВт.

При этом должно соблюдаться условие:

$$N_{\text{рез.}} \leq N_{\text{шп.}}$$

Мощность на шпинделе:

$$N_{\text{шп.}} = N_{\text{дв.}} \cdot \eta$$

Коэффициент полезного действия (КПД) станка:

$$\eta = \frac{N_{\text{шп.}}}{N_{\text{дв.}}},$$

где  $N_{\text{шп.}}$  – мощность на шпинделе (кВт),

$N_{\text{дв.}}$  – мощность электродвигателя.

Для токарных станков  $\eta \approx 0,7-0,8$ .

### 15. Выбор СОЖ

([1], стр.104-106 , табл. 4.3)

### 16. Расчет основного времени $T_o$

([1], стр.100-101)

Основное машинное время (Вереина Л. И. Справочник токаря [2], стр.420-421, табл.17,1):

$$T_o = \frac{L}{nS} i,$$

где  $S$  – подача инструмента мм/об.;

$n$  – частота вращения заготовки об/мин.;

$i$  – число проходов;

$L$  – расчетная длина заготовки;

$$L = l + l_1 + l_2,$$

где  $l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_1$  – величина врезания инструмента, мм;

$l_2$  – величина перебега инструмента, мм;

Длина обрабатываемой поверхности измеряется в направлении движения подачи.

При протачивании канавки с поперечной подачей  $S_{\text{поп.}}$  от  $D$  до  $d$  – машинное время:

$$T_o = \left( \frac{D-d}{2} + l_1 \right) \times \frac{i}{S_{\text{поп.}} n} (\text{мин.})$$

При обтачивании наружной поверхности длиной  $l$  с продольной подачей  $S_{\text{прод.}}$  – основное машинное время:

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{n S_{\text{прод.}}} \times i (\text{мин.})$$

При подрезании торца сплошного сечения:

$$T_o = \left( \frac{D}{2} + l_1 \right) \times \frac{i}{S_{\text{поп.}} n} (\text{мин.})$$

При отрезании:

$$T_o. = \left( \frac{D}{2} + l_1 \right) / S_{non} n(мин.)$$

Величина врезания при наружном точении и растачивании:

$$l_1 = \frac{t}{tg\varphi}, \quad tg\varphi 60^\circ = 1,732; tg\varphi 75^\circ = 3,271; tg\varphi 90^\circ = 0; tg\varphi 45^\circ = 1$$

где  $t$  – глубина резания,  $\varphi$  – главный угол в плане резца.

Величина врезания  $l_1$  принимается для резцов с углом  $\varphi < 90^\circ$  – 1-5 мм в зависимости от глубины резания и угла в плане; для сверления – 0,3 диаметра сверла, для прочих мерных инструментов (зенкеров, разверток, плашек, метчиков) – длина режущей части; для нарезания резьб резцами – 2-3 шага резьбы.

Величина врезания (или перебега) при обработке осевыми инструментом

| Характер работы                | Наибольший диаметр d инструмента, мм    |    |     |    |     |    |      |      |    |    |    |  |
|--------------------------------|-----------------------------------------|----|-----|----|-----|----|------|------|----|----|----|--|
|                                | 5                                       | 10 | 15  | 20 | 25  | 30 | 40   | 50   | 60 | 70 | 80 |  |
| Сверление в сплошном материале | 1,5                                     | 3  | 4,5 | 6  | 7,5 | 9  | 11,5 | 14,5 | 18 |    |    |  |
| Рассверливание                 | 0,4...0,6 от величины резания (перебег) |    |     |    |     |    |      |      |    |    |    |  |
| Зенкерование                   | $l_1 = l_2 = t/t_g\varphi$              |    |     |    |     |    |      |      |    |    |    |  |

При нарезании резьб на проход величины врезания или перебега принимается равно 2-3 шагам резьбы для резьбовых резцов или равной длине заборной части метчика плюс одна-две калибрующие нитки.

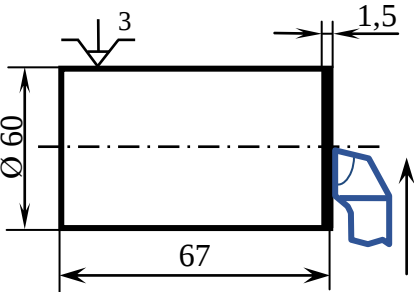
Величина перебега учитывается только при обработке на проход и принимается в пределах 1-3 мм.

Перебег  $l_2$  при продольной обточке и растачивании принимается 3 мм при отрезке – 2...5 мм; при прорезании канавок и фасонном точении с поперечной подаче перебег равен нулю.

При нарезании резьб метчиками и плашками основное машинное время состоит из времени нарезания резьбы и свинчивания инструмента.

### Пример записи перехода

| Операция | Новые инструменты | Ход | Содержание установов и | Эскизы установов | по-собл | Инструмент |
|----------|-------------------|-----|------------------------|------------------|---------|------------|
|----------|-------------------|-----|------------------------|------------------|---------|------------|

|   |   |   | переходов                                                                                                              |                                                                                    |                       | реж<br>ущи<br>й                 | изме<br>ри-<br>тель<br>ный |
|---|---|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4                                                                                                                      | 5                                                                                  | 6                     | 7                               | 8                          |
| I | A | 1 | <p>Установить заготовку в патрон с вылетом 100 мм и закрепить.</p> <p>Подрезать торец с одной стороны как «чисто».</p> |  | Трехкулачковый патрон | Резец проходной отогнутый Т5К10 | Штангенциркуль             |

4. Выбираем способ установки заготовки в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне, т. К. величина вылета заготовки из кулачков не более 2-3 Ø заготовки ([1], стр.219, табл. 7.4)

5. Выбираем средства измерений и контроля для токарных работ ([1], стр.200-215, табл. 6.5)

Линейка измерительная (ГОСТ 427-75), пределы измерений 0-300 мм, точность отсчета 0,5 мм.

6. Выбираем резец проходной отогнутый ([1], стр.124-173, табл. 5.1-5.10), ([1], стр.124-125) с твердосплавной пластиной Т5К10 ([1], стр.50-56, табл. 2.9-2.11), радиус закругления вершины резца  $r = 1$  мм ([1], стр.112, табл. 4.5 часть 2), державка из конструкционной стали сечением  $H \times B = 16 \times 20$  мм ([1], стр.112, табл. 2)

7. Выбор геометрии резца для стали с  $\sigma_B \leq 800$  Мпа при чистовом торцевании ([1], стр.108-114, табл. 4.4-4.6)

$$\alpha = 12^\circ; \gamma = 12-15^\circ;$$

$$\beta = 90 - \alpha + \gamma; \beta = 90^\circ - (24-27) = 63-66^\circ;$$

$$\delta = \alpha + \beta = 12^\circ + (63-66^\circ) = 75-78^\circ$$

$$\alpha_1 = (0,8-1)\alpha; \alpha_1 = (0,8 \times 12 - 1 \times 15) = 9,6^\circ - 12^\circ \approx 10^\circ - 12^\circ$$

$$\varphi = 90^\circ; \varphi_1 = 5-10^\circ;$$

$$\lambda = (-2) - (-4)$$

$$f = 0,3-0,4 \text{ мм} ([1], \text{стр.112, табл. 2})$$

8. Стойкость инструмента  $T = 60$  мин., критерий затупления по задней поверхности  $h = 1,0-1,4$  мм ([1], стр.99-100, табл. 4.2)

9. Глубина резания при торцевании равна припуску на обработку.

Припуск на обработку при торцевании 1,5 мм ([1], стр.96).

([1], стр.99, табл. 4.2)

Глубина резания тоже будет 1,5 мм.

10. По справочнику ([1], стр.221-317, табл. 7.7) выбираем подачу  $S = 0,25 - 0,3$  мм/об. Уточняем по паспорту станка ([1], стр.8-9, табл. 1.1)  $S = 0,25$  мм/об. Для выбора поперечной подачи при протачивании канавок, отрезании и торцевании ([1], стр.8-9, табл. 1.1)

$$S_{\text{поп.}} = 0,5 \times S_{\text{прод.}} \text{ мм/об.}$$

$$S_{\text{поп.}} = 0,5 \times 0,25 = 0,125 \text{ мм/об.}$$

11. По справочнику [1, стр. 222-226, табл. 7.8] выбираем скорость резания:  $V_{\text{рез.}} = 220$  м/мин. Умножаем эту скорость резания на поправочные коэффициенты ([1], стр. 225, табл. 7.9).

$$V = V_{\text{рез.}} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

$$K_1 = 1; K_2 = 1,15; K_3 = 1; K_4 = 0,65; K_5 = 1.$$

$$V = 220 \times 1 \times 1,15 \times 1 \times 0,65 \times 1 = 164,45 \text{ м/мин.}$$

12. По формулам находим число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 164,45}{3,14 \cdot 36} = 1454,7 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка уточняем число оборотов шпинделя (округляем в меньшую сторону) ([1], стр.8-9, табл. 1.1):

$$N_{\text{д.}} = 1250 \text{ об/мин.}$$

13. По формуле находим действительную скорость резания:

$$V_{\text{д.}} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 36 \cdot 1250}{1000} = 141,3 \text{ м/мин.}$$

14. Проверяем режимы резания по мощности станка ([1], стр. 96-98, табл. 4.1, стр. 120-124)

15. Выбор СОЖ – 2-3% раствор кальцинированной соды в воде; 5% эмульсия ([1], стр.105, табл. 4.3).

16. Основное машинное время ([1], стр.100-101):

## Практическое занятие №12

### Разработка технологического процесса механической обработки детали типа «Вал».

**Цель работы:** Отработать навыки разработки технологического процесса механической обработки деталей типа «вал»

#### Основные понятия:

Проектирование технологических процессов состоит из следующих взаимосвязанных этапов: анализа исходных данных, технологического контроля детали, выбора типа производства, выбора заготовки, выбора баз, установления маршрута обработки отдельных поверхностей, проектирования технологического маршрута изготовления детали с выбором типа оборудования, расчета припусков, расчета промежуточных и исходных размеров заготовки; построения операций, расчета режимов обработки, технического нормирования операций, оценки технико-экономических показателей процесса, оформления технологической документации.

Под технологическим маршрутом изготовления детали понимается *последовательность выполнения технологических операций* (или уточнение последовательности операций по типовому или групповому технологическому процессу) с выбором типа оборудования. На этапе разработки технологического маршрута припуски и режимы обработки не рассчитывают, поэтому рациональный маршрут выбирают с использованием справочных данных и руководящих материалов по типовым и групповым методам обработки.

Технологические маршруты весьма разнообразны и зависят от конфигурации детали, ее размеров, требований точности, программы выпуска, однако при проектировании маршрута следует руководствоваться следующей примерной схемой.

1. Сначала выявляют необходимость расчленения процесса изготовления детали на операции черновой, чистовой и отделочной обработки.
2. Операцию черновой обработки целесообразно отделить от чистовой, чтобы уменьшить влияние деформации заготовки после черновой обработки. Однако если заготовка жесткая, а обрабатываемые поверхности незначительны по длине, то такое расчленение не обязательно.
3. Отделочная обработка, как правило, выполняется на конечной

стадии процесса. Но от этого положения в отдельных случаях приходится отступать. Например, если окончательная обработка поверхности связана с возможным отходом заготовок в брак, то эту операцию не следует выполнять последней, чтобы не иметь лишних затрат труда.

4. При формировании операций следует учесть, что определенная группа поверхностей потребует обработки с одной установки. К таким поверхностям относятся соосные поверхности вращения и прилегающие к ним торцовые поверхности, а также плоские поверхности, обрабатываемые в несколько позиций.

5. В самостоятельные операции выделяются обработка зубьев колес, нарезание шлицев, обработка пазов, сверление отверстий с применением многошпиндельных головок и др.

6. При формировании операций следует иметь в виду следующее: а) на первой операции необходимо обработать те поверхности, которые будут использованы в качестве установочных баз на второй, а возможно и на последующих операциях механической обработки; б) наличие термической или химикотермической обработки.

7. При формировании технологического маршрута устанавливается тип применяемого оборудования (станок токарный, фрезерный, сверлильный и т. д.).

8. Выполненная наметка технологического маршрута оформляется в виде операционных эскизов заготовок с указанием схемы их базирования и с выделением линиями двойной толщины обрабатываемых поверхностей.

9. В маршрут технологического процесса включают опущенные второстепенные операции (обработку крепежных отверстий, снятие фасок, зачистку заусенцев, промывку и др.), а также указывают место контрольных операций.

На основании документации типовых, групповых или единичных технологических процессов и классификатора технологических операций составляют последовательность переходов в каждой операции, выбирают средства технологического оснащения (СТО), в том числе средства контроля и испытаний (используют стандарты, каталоги, альбомы).

На этом же этапе выбирают средства механизации и автоматизации процесса и внутрицеховые средства транспортирования. Назначают и рассчитывают режимы обработки на основании технологических нормативов.

Выбор технологического оборудования. Этот этап начинают с анализа формирования типовых поверхностей деталей для определения наиболее эффективных методов их обработки, учитывая при этом

назначение и параметры изделия. Результаты анализа представляют в виде отношений затрат основного и штучного времени и приведенных затрат на выполнение работ различными методами. Лучшим вариантом считается тот, значения показателей которого минимальные.

Выбор оборудования осуществляют по главному параметру, в наибольшей степени выявляющему его функциональное значение и технические возможности. Физическая величина, характеризующая главный параметр, устанавливает взаимосвязь оборудования с размером изготавливаемого изделия.

При выборе оборудования учитывают также минимальный объем приведенных затрат на выполнение технологического процесса при максимальном сокращении периода окупаемости затрат на механизацию и автоматизацию. Годовая потребность в оборудовании определяется по годовому объему работ, устанавливаемому статистическим анализом затрат средств и времени на изготовление изделий. Годовые приведенные расходы на использование оборудования определяются размерами затрат на его эксплуатацию.

Производительность оборудования определяют на основании анализа времени изготовления изделия заданного качества.

Для среднесерийного производства технологический процесс следует разрабатывать по принципу группового метода обработки деталей, дающего возможность эффективно применять на универсальном оборудовании специализированную высокопроизводительную технологическую оснастку и повышать производительность труда. В среднесерийном производстве нашли применение станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

Станки с ЧПУ не требуют длительной переналадки при переходе на обработку от одной заготовки на другую, что позволяет на данных станках производить процесс обработки широкой номенклатуры заготовок.

Применение станков с ЧПУ в условиях среднесерийного производства позволяет увеличить производительность труда, сократить сроки подготовки производства (на 50-70%), снизить себестоимость изготовления деталей, а также использовать труд рабочих более низкой квалификации.

Выбор технологической оснастки и средств контроля. При выборе технологической оснастки и средств контроля предусматривается проведение следующего комплекса работ:

- анализ конструктивных характеристик изготавливаемого изделия (габаритные размеры, материалы, точность, геометрия и шероховатость поверхностей и т. д.), организационных и технологических условий изготовления изделия (схема базирования и фиксации, вид технологической операции,

организационная форма процесса изготовления и т. д.)

- группирование технологических операций для определения наиболее приемлемой системы технологической оснастки и повышения коэффициента ее использования
- определение исходных требований к технологической оснастке
- отбор номенклатуры оснастки, соответствующей установленным требованиям
- определение исходных расчетных данных для проектирования и изготовления новых конструкций оснастки
- выдача технического задания на разработку и изготовление технологической оснастки

Конструкцию оснастки определяют на основе стандартов и типовых решений для данного вида технологических операций с учетом габаритных размеров изделий, вида и материала заготовок, точности параметров и конструктивных характеристик обрабатываемых поверхностей, влияющих на конструкцию оснастки, технологических схем базирования и фиксации заготовок, характеристик оборудования и объемов производства.

При разработке процессов контроля выявляют характеристики объекта контроля; показатели процесса контроля, определяющие выбор средств; уточняют методы и схемы измерений, для чего требуется конструкторская документация на изделие, технологическая документация на его изготовление и контроль, методика расчета показателей контроля.

Состав средств контроля должен обеспечивать заданные показатели с учетом метрологических и эксплуатационных характеристик (используются государственные, отраслевые стандарты и стандарты предприятий на средства контроля, классификаторы и каталоги средств контроля). Произведенный выбор средств контроля обосновывается экономически выдаются исходные данные и технические задания для проектирования недостающих средств. Затем составляют ведомости отобранных средств. По результатам выбора средств контроля оформляют технологическую документацию согласно требованиям стандартов.

Формы организации технологических процессов. Форма организации технологических процессов изготовления изделия зависит от установленного порядка выполнения операций, расположения технологического оборудования, числа изделий и направления их движения в процессе изготовления.

Необходимо осуществить нормирование ТП: установить исходные данные для расчета норм времени и расхода материалов, рассчитать затраты труда и расход материалов, определить разряд работ и

профессии исполнителей операций (используют нормативы времени и расхода материалов, классификаторы разрядов работ и профессий).

По методике расчета экономической эффективности процессов (просчитывается несколько вариантов) выбирают оптимальный ТП.

На заключительном этапе на основании стандартов ЕСТД технологический процесс оформляется документально, осуществляется нормоконтроль технической документации.

**Вал** - круглый стержень, длина которого превышает три диаметра.

**Длинный вал** – вал, длина которого превышает 12 диаметров

Валы бывают гладкие, ступенчатые, с участками сложной формы, пустотелые.

**Технологический маршрут токарной обработки валов:**

1. Подрезание торцов заготовки в размер длины и центрование с двух сторон
2. Черновое обтачивание в патроне и заднем центре с припуском на чистовую обработку точных поверхностей 1 – 2 мм на диаметр
3. Чистовое обтачивание точных поверхностей в центрах.

**Исходные данные (задание):**

Разработать технологический процесс обработки ступенчатого вала.

**Порядок выполнения:**

1. Написать тему и цель работы
2. Ответить на вопросы по чертежу (устно):
  - Какую форму имеет деталь?
  - Чему равны габаритные размеры детали?
  - Есть ли классные размеры на детали? Какие?
  - Какова шероховатость поверхностей детали? Что называется
  - Какие требования предъявляются к валам?
3. Провести анализ технологичности детали
4. Составить технологический процесс обработки «вала» по плану:
  - выберите оборудование, на котором будет обрабатываться заготовка;
  - выберите приспособления для установки детали;
  - выполните схемы базирования;

- составьте маршрутный технологический процесс
  - составьте операционный технологический процесс
  - выберите режущий инструмент;
  - выберите измерительный инструмент;
  - назначьте режимы резания на все основные переходы;
  - определите время на основные переходы и на всю операцию.
  - заполнение карты технологического процесса
5. Выполнить операционные эскизы
  6. Ответить на вопросы для повторения
  7. Оформить отчет и сдать на проверку преподавателю в установленный срок

**Перечень оборудования: (ТСО, наглядные пособия)**

ПК преподавателя, ПК студенческие, проектор, интерактивная доска. Комплект наглядных пособий: комплект металлических деталей типа «вал». Штангенциркули ШЦ-I-125-0.1; Штангенциркули ШЦ-II-250-0.05

#### **Вопросы для повторения:**

1. Производственный процесс – определение
2. Технологический процесс – определение
3. Состав технологического процесса – дать определения каждого элемента технологического процесса
4. Классификация технологических процессов
5. Порядок разработки технологического процесса механической обработки вала с термообработкой.

#### **Практическое занятие №13**

**Разработка рабочих чертежей деталей согласно техническому заданию на основе кодов классов и групп деталей и эскизов типовых деталей иллюстрированного определителя деталей ЕСКД (71 класс)**

Цель:

- изучить и получить навыки применения правил изображения и обозначения резьбы в соответствии с ГОСТ 2.311–68;

- изучить особенности расчета стандартных резьбовых крепежных соединений;
- изучить особенности создания сборочного чертежа и спецификации;
- получить навыки построения изображений резьбовых крепежных соединений

Время работы -4 часа

### Методические указания

Изображение некоторых из крепежных изделий приведены на рис.1-7



Рис. 1. Конструкция стандартных болтов



Рис. 2. Конструкция стандартных гаек



Рис. 3. Конструкция стандартных винтов



Рис. 4. Конструкция стандартных шпилек



Рис. 5. Шпилька по ГОСТ 307-70



Рис. 6. Конструкция стандартных шайб



Рис. 7. Конструкция стандартных штифтов

### 1.Соединение болтовое



Рис.8- Соединение болтовое: а- в сборе, б- детали

## 1. Резьба, изображение и обозначение резьб

### 1.1. Виды резьб

Резьбы и резьбовые соединения широко распространены в технике. К их достоинствам относятся удобство сборки и разборки, простота изготовления.

Резьбы классифицируются по следующим признакам. В зависимости от формы поверхности, на которой нарезана резьба, они подразделяются на **цилиндрические** и **конические**.

По расположению на поверхности стержня или отверстия они подразделяются на **наружные** и **внутренние**.

В зависимости от формы профиля различают резьбы **треугольного, прямоугольного, трапецеидального, круглого** и других профилей.

По эксплуатационному назначению резьбы делятся на **крепежные** (метрические, дюймовые), **крепежно-уплотнительные** (трубные, конические) и **ходовые** (трапецеидальные, упорные, прямоугольные).

В соответствии с ГОСТ 11708-66 основные элементы и параметры резьбы имеют следующие определения.

**Правая резьба** образована контуром, вращающимся по часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя.

**Левая резьба** образована контуром, вращающимся против часовой стрелки и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя.

**Профиль резьбы** - контур сечения резьбы в плоскости, проходящей через ее ось.

**Угол профиля** - угол между боковыми сторонами профиля.

**Шаг резьбы  $P$**  - расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами в направлении, параллельном оси резьбы.

**Ход резьбы  $Ph$**  - расстояние между ближайшими одноименными боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы. Ход резьбы - величина относительного осевого перемещения винта (гайки) за один оборот.

Между ходом резьбы  $Ph$  и шагом  $P$  существует зависимость:

$$Ph = P \cdot n,$$

где  $n$  - число заходов.

Так как в однозаходной резьбе  $n = 1$ , то  $Ph = P$ .

**Наружный диаметр резьбы** ( $d$  - для болта,  $D$  - для гайки) - диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы.

## 1.2. Условное изображение резьбы

Правила изображения резьбы на чертежах устанавливает ГОСТ 13536-68. Все резьбы изображаются одинаково.

На стержне резьба (наружная) изображается сплошными основными, толстыми линиями - по наружному диаметру и тонкими линиями - по внутреннему (рис. 1, а). На виде, где стержень с резьбой проецируется в окружность, контур его вычерчивают сплошной толстой основной линией, а внутренний контур изображают дугой окружности, проведенной тонкой линией приблизительно на  $3/4$  окружности, у которой разрыв может располагаться в любом месте, но концы дуги не разрешается располагать на осях. Тонкую сплошную линию при изображении резьбы проводят на расстоянии не менее 0,8 мм от сплошной толстой основной линии и не более, чем на величину шага резьбы.

Резьбу в отверстии в продольном разрезе изображают сплошными тонкими линиями по наружному диаметру и сплошными толстыми линиями по внутреннему диаметру. Границу резьбы показывают сплошной толстой основной линией (рис. 1, б).

На виде, где отверстие с резьбой проецируется в окружность, проводят по наружному диаметру резьбы тонкой линией дугу окружности, приблизительно равную  $3/4$  окружности, разомкнутую в любом месте (концы дуг не рекомендуется располагать на осях). Внутреннюю окружность, диаметр которой равен  $7/8$  внутреннего диаметра резьбы, проводят сплошной толстой основной линией. Если отверстие с резьбой глухое, то его показывают так, как на рис. 1, б. Длина части глухого отверстия без резьбы на чертежах принимается равной половине наружного диаметра резьбы. Конец отверстия из-под сверла имеет форму конуса с углом при вершине, равным  $120^\circ$ . На чертежах величину этого угла не наносят.

На чертежах, по которым резьбу не выполняют, конец глухого резьбового отверстия допускается изображать так, как на рис. 2.

Фаски на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения на плоскости, перпендикулярной оси, условно не изображаются.

Чертеж резьбового соединения складывается из изображений составляющих его деталей. На рисунке 3 представлены две детали: стержень с резьбой и деталь с глухим резьбовым отверстием. На этом же рисунке детали показаны в соединении (в разрезе). Считается, что стержень с резьбой закрывает резьбу в отверстии, поэтому резьбу в отверстии показывают только там, где она не закрыта концом стержня. Сплошные толстые основные линии, соответствующие наружному диаметру резьбы на стержне, переходят в сплошные тонкие линии, соответствующие наружному диаметру резьбы в отверстии. И наоборот, сплошные тонкие линии, соответствующие внутреннему диаметру резьбы на стержне, переходят в сплошные толстые основные линии, соответствующие внутреннему диаметру резьбы в отверстии. Особое внимание следует обратить на штриховку: линии штриховки доходят до сплошных толстых основных линий как на стержне, так и в отверстии.

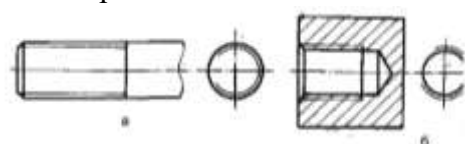


Рис. 1. Изображение резьбы на стержне (а) и в отверстии (б)



Рис. 2. Изображение глухого отверстия с резьбой

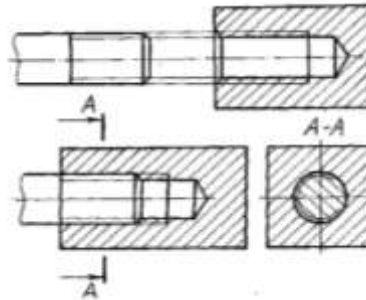


Рис. 3. Изображение резьбового соединения

### 1.3. Обозначение резьб

Так как все резьбы на чертеже изображают одинаково, то тип резьбы и ее основные размеры указывают на чертежах особой надписью, называемой обозначением резьбы. Примеры условных обозначений резьб общего назначения приведены в табл. 1.

Таблица 1

| Стандартные резьбы |                                                                   |                                                          |                                                                  |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Профиль            | Резьба                                                            | Обозначение                                              | Примеры                                                          |
|                    | Метрическая<br>с крупным шагом<br>с мелким шагом<br>многозаходная | <b>M d</b><br><b>M d x P</b><br><b>M d x Ph (P)</b>      | <b>M 24</b><br><b>M 24 x 2</b><br><b>M 24 x 4</b><br><b>(P2)</b> |
|                    | Трапецидальная<br>однозаходная<br>многозаходная                   | <b>Tr d x P</b><br><b>Tr d x Ph (P)</b>                  | <b>Tr 36 x 6</b><br><b>Tr 60 x 8(P4)</b>                         |
|                    | Упорная<br>однозаходная<br>многозаходная                          | <b>S d x P</b><br><b>S d x Ph (P)</b>                    | <b>S 80 x 10</b><br><b>S 80 x 10(P5)</b>                         |
|                    | Трубная<br>цилиндрическая<br>Класса А<br>Класса В                 | <b>G d<sub>1</sub> - A</b><br><b>G d<sub>1</sub> - B</b> | <b>G 1 1/2 - A</b><br><b>G 1 1/2 - B</b>                         |

Однозаходные метрические резьбы при одном и том же наружном диаметре могут иметь несколько значений шага. Шаг с максимальным значением называется крупным, а остальные - мелкими. Выбор значения крупного шага производится из условия, чтобы угол подъема винтовой нитки был не больше  $2^\circ 30'$ . Крупный шаг в условном обозначении не указывается.

Левые резьбы обозначаются латинскими буквами LH. Например, **M20×1,5LH** - резьба метрическая, диаметр 20 мм, шаг мелкий - 1,5 мм, левая

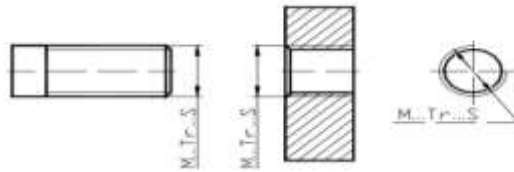


Рис. 4. Нанесение обозначений резьб: метрической, трапецеидальной, упорной

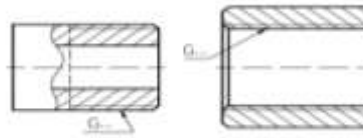


Рис. 5. Нанесение обозначения трубной резьбы

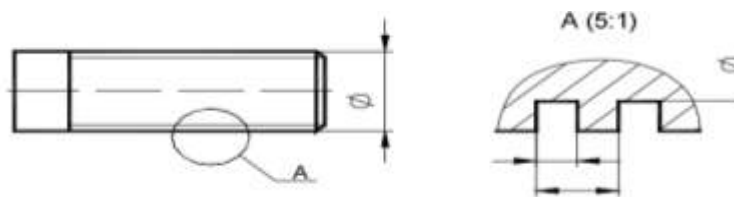


Рис. 6. Изображение прямоугольной резьбы

На чертежах наносится обозначение резьб: метрической, трапецеидальной, упорной (рис. 4), трубной (рис. 5). Так как прямоугольная резьба нестандартная, то у нее нет обозначения. На чертеже эта резьба изображается так, как показано на рис. 6.

## 2. Крепежные детали

К крепежным деталям относятся болты, винты, шпильки, гайки, шайбы, шплинты и штифты. Конструкция и размеры крепежных деталей определены стандартами, часть которых приведена в табл. 3-32. Согласно **ГОСТ 1759-70**, обозначения стандартных крепежных изделий с метрической резьбой записывают в такой последовательности: сначала пишется название изделия, за ним цифра, указывающая исполнение, затем обозначение резьбы, ее диаметр и шаг (мелкий), далее длина болта, винта, шпильки и на последнем месте - номер стандарта.

Например: **Болт 2М20×1,5×60 ГОСТ 7798-70**. Расшифровывается следующим образом: болт с шестигранной головкой нормальной точности (это из номера стандарта), исполнения 2, т. е. с отверстием в стержне болта под шплинт, диаметр резьбы 20 мм, шаг мелкий 1,5 мм, длина стержня болта 60 мм.

Условное обозначение шпильки: **Шпилька М16×120 ГОСТ 22032-76**. Из номера стандарта известно, что шпилька с ввинчиваемым концом  $L_1$ , равным  $d$ , диаметр резьбы 16 мм, с крупным шагом резьбы (не указывается), длина 120 мм.

Условное обозначение гайки: **Гайка М20×1,5 ГОСТ 5915-70**. Номер стандарта дает возможность определить, что гайка нормальной точности, первого исполнения, т. е. с двумя фасками, наружный диаметр резьбы 20 мм, шаг мелкий 1,5 мм.

Чертежи и обозначения других стандартных изделий (винтов, шайб, шплинтов, штифтов) можно найти в справочниках. В учебной практике пользуются сокращенными условными обозначениями.

| Изображение соединения деталей                                                |                                                                    |            |            |          |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------|------------|----------|
| Натуральное                                                                   | Конструктивное<br>(по действительным или<br>условным соотношениям) | Упрощенное | Условное   |          |
| <b>Болтом</b><br>Фаска<br>Граница резьбы<br>Зазоры<br>Фаска                   |                                                                    |            | в сечениях | на видах |
|                                                                               |                                                                    |            |            |          |
| <b>Винтом</b><br>Зазоры<br>Граница резьбы<br>Фаска<br>Конец глухого отверстия |                                                                    |            | в сечениях | на видах |
|                                                                               |                                                                    |            |            |          |

## Выполнение эскизов стандартных крепежных деталей

### Эскиз болта

Изображения болта и его размеры в зависимости от наружного диаметра резьбы приведены в табл. 3. Необходимо в произвольном масштабе начертить два изображения болта и проставить размеры (кроме  $L$  - длины болта и  $L_0$  - длины резьбы).

Расчет длины болта выполняется по формуле

$$L = T_1 + T_2 + 1,3d,$$

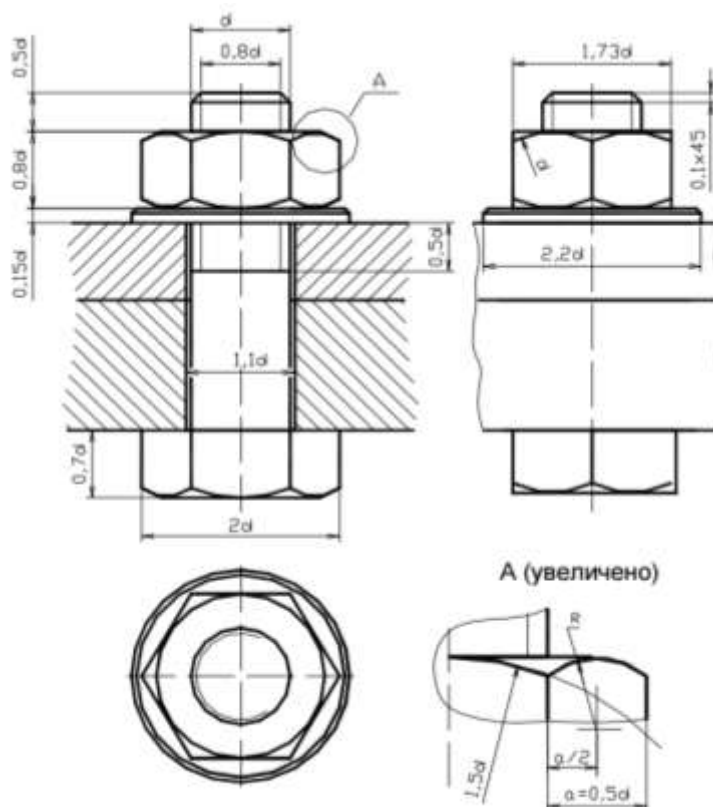
где  $T_1$  и  $T_2$  - толщины соединяемых деталей, измеряемые по чертежу с учетом масштаба;  $d$  - наружный диаметр резьбы болта;  $1,3d$  - величина, учитывающая высоту гайки, толщину шайбы и запас длины стержня болта.

По таблице 4 находим стандартное значение длины болта, наиболее близкое к длине, рассчитанной по формуле. По этой же таблице, зная длину болта  $L$  и диаметр резьбы  $d$ , находим значение длины резьбы  $L_0$ .

### Задание для студентов

Выполнить: по вариантам начертить чертеж болтового соединения (вид спереди, вид сверху, вид сбоку) по размерам

1) эскизы стандартных крепежных деталей: болт, гайка, винт, шайба в соответствии со стандартами;



| №<br>варианта | ФИО | №<br>варианта | ФИО |
|---------------|-----|---------------|-----|
| 1-d= 24       |     | № 2-d=20      |     |

### Практическое занятие №14

#### Сборка и разборка узлов машин и механизмов. Составление спецификации деталей, входящих в состав механизма

#### ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Изучить и практически освоить методику разработки технологического процесса сборки.
2. Составить технологическую схему сборки.
3. Разработать маршрутный технологический процесс сборки и установить нормы времени на операции.

#### ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Сборка – часто завершающая стадия производства изделия, характеризующаяся сложностью и разнообразием выполняемых

операций, высокой трудоемкостью и стоимостью. Трудоемкость сборочных работ в разных отраслях машино- и приборостроения и в разных типах производств составляет 20...70 % общей трудоемкости изготовления изделия. В сборочных цехах преобладает ручной труд. В среднем механизировано около 25 % сборочных работ, а уровень автоматизации в настоящее время не превышает 10...15 % сборочных работ.

Исходные данные для разработки технологического процесса следующие: сборочные чертежи изделия в целом и отдельных его узлов со спецификациями и чертежами деталей; технические условия (технические требования) на изделия и узлы; объем (количество) собираемых изделий с указанием срока их выпуска; производственные условия выполнения сборочных работ.

Последовательность разработки процесса сборки:

1. Устанавливают целесообразную организационную форму сборки, определяют такт и ритм сборки в зависимости от объема сборки.
2. Проводят изучение изделия, технологический контроль-анализ сборочных и рабочих чертежей деталей и технических условий (технических требований) с позиций отработки технологичности.
3. Проводят размерный анализ собираемых изделий и устанавливают рациональные методы обеспечения требуемой точности замыкающих звеньев сборочных размерных цепей.
4. Составляют схемы общей и узловыхборок изделия. Определяют целесообразную степень разбиения изделия на сборочные единицы (узлы) и последовательность соединения всех единиц сборки и деталей.
5. Разрабатывают технологический процесс сборки. При необходимости его расчленяют на несколько операций.

Устанавливают содержание операций и технологические режимы сборки. Определяют наиболее производительные, экономичные способы соединения, проверки положения и фиксации составляющих изделия сборочных единиц и деталей, включая методы контроля и испытания изделия.

6. Устанавливают (разрабатывают) необходимое оборудование и оснастку (приспособления, инструмент).
7. Выполняют нормирование сборочных операций.
8. Оформляют технологическую документацию.

Изучение собираемого изделия завершается разбиением его на сборочные единицы (узлы) и составлением технологических схем сборки. Разбивка изделия на сборочные единицы и составление схем сборки являются начальными и ответственными этапами в разработке технологии сборки. В наглядной форме они отражают состав и маршрут сборки изделия в целом и его составных частей.

Основные принципы, которыми следует руководствоваться технологу при разбивке изделия на сборочные единицы и разработке схем сборки следующие:

- сборочная единица не должна быть слишком большой по размерам и массе и состоять из значительного количества деталей и сопряжений, но в то же время излишнее дробление на сборочные единицы также нерационально;

- сборочная единица должна быть выделена в особую, если в процессе её сборки требуется проведение испытаний, обкатка, специальная слесарная доработка, пригонка и т.п.;

- сборочная единица при последующем монтаже в машине не должна подвергаться разборке (если этого избежать нельзя, то разборочные работы необходимо предусмотреть в технологии);

- сборочные единицы должны включать также детали крепления, резьбовые соединения с тем, чтобы сократить количество отдельных деталей, подаваемых непосредственно на общую сборку;

- сборочные единицы должны быть примерно одинаковыми по трудоемкости;

- сборку следует начинать с установки на рабочем месте (стенде, конвейере) базовой детали или базовой сборочной единицы, к которой последовательно будут присоединяться остальные детали и сборочные единицы;

- сборку следует начинать с деталей, имеющих размеры, входящие в качестве составляющих звеньев в ту размерную цепь, при помощи которой решается наиболее ответственная задача;

- последовательность сборки определяется возможностью и удобством присоединения деталей;
- каждая ранее смонтированная деталь или сборочная единица не должна мешать последующей сборке;
- детали или сборочные единицы, выполняющие наиболее ответственные функции или которые являются общими звеньями в параллельно связанных размерных цепях, желательно монтировать в первую очередь;
- в процессе сборки необходимо обеспечить минимальное количество переустановок.

Технологические схемы сборки – это графическое изображение соответствующих сборочных единиц и деталей, представленных в порядке их монтажа (установки) в собираемую машину. Возможны различные варианты составления схем сборки. Рассмотрим один из них.

Графически на схемах сборки (рис.1) элементы изделия (детали, сборочные единицы) изображаются в виде прямоугольников, разделенных на три части, в которых вписываются наименование, номер позиции и количество элементов. Обозначение деталей принимается в соответствии со сборочными чертежами и спецификациями. Для обозначения сборочной единицы проставляют буквы "Сб." и номер базовой детали. Перед обозначением сборки ставится номер сборочной единицы соответствующего порядка. Например, 2 Сб.5 – сборочная единица второго порядка (второй ступени) с базовой деталью № 5. Элемент, с которого начинают сборку, называют базовым. Процесс общей и узловой сборки изображают на схеме горизонтальной линией от базового элемента к собранному объекту. Сверху, в порядке последовательности установки (монтажа), располагают детали, а снизу – узлы. Для конструктивно сложных изделий схемы сборки составляют для каждой сборочной единицы отдельно, а простых – совмещенными. В этом случае линии сборки сборочных единиц (узлов) разных ступеней могут быть горизонтальными и вертикальными.

Схемы сборки кроме деталей и сборочных единиц могут содержать надписи, поясняющие специфические особенности сборочных работ (операций): соединение элементов (запрессовкой, пайкой, вальцеванием), фиксация (свинчиванием, с помощью клея, лаков, красок и компаундов), механическая доработка (сверление, развертывание), использование технологических деталей, контроль, регулировка и т.д. Возможность одновременной установки нескольких

Детали

Базовая деталь

Узлы (сб. единицы)

Изделие

| Наименование |      |
|--------------|------|
| № пос.       | Кол. |
| 28           | 1    |
| сб. 25       | 1    |
| 708.27       | 1    |
| 225.5        | 1    |
| 5            | 1    |
| 47           | 1    |
| 105.21       | 1    |

Проверить зазор

Запрессовать

Попытка узла

Расклепать

а – общей; б – узловой (сборочной единицы)

Построение технологических схем разборки изделий основано на тех же принципах. Разница заключается лишь в том, что построение схемы начинается с изделия, а не с базовой детали или сборочной единицы.

На рис. 2 приведен эскиз сборочной единицы, а на рис. 4 его технологическая схема сборки.

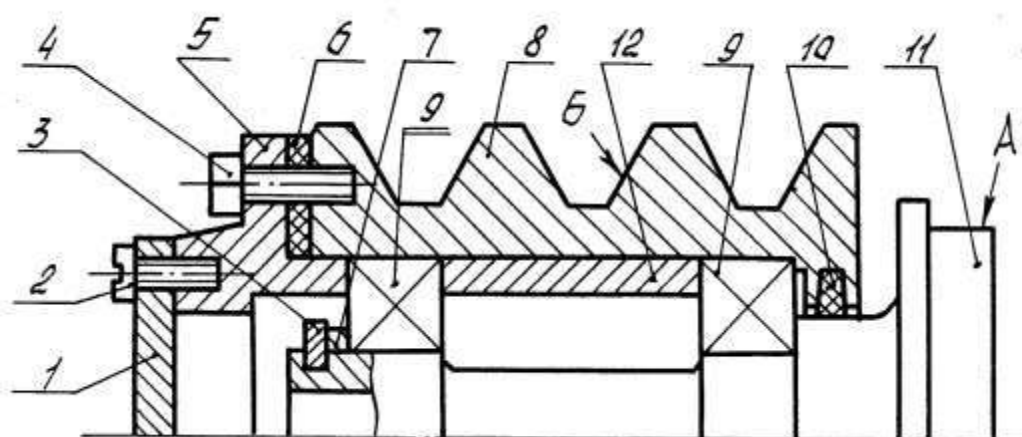


Рис.2. Эскиз сборочной единицы (Сб.11 – Ступица)

Практически технологические схемы сборки представляют собой разработку проекта технологического процесса сборки.

Технологический процесс сборки изделия в его окончательном виде предопределяется типом производства, т. е. объемом выпуска собираемых изделий, трудоемкостью сборки и организационными формами сборки. При больших объемах сборки разрабатывают технологический процесс подробно и с возможно большей дифференциацией сборочных операций. При малом объеме выпуска ограничиваются составлением маршрута (последовательности) сборочных операций.

Сборочные операции проектируют на основе схем сборки. Содержание сборочных операций следует устанавливать так, чтобы на каждом рабочем месте выполнялась однородная и технологически законченная операция, причем при поточном методе трудоемкость операции должна быть равна или несколько меньше такта сборки, либо кратна ему. Проектируя сборочную операцию, уточняют содержание технологических переходов и определяют схему базирования и закрепления базового элемента; выбирают оборудование, приспособления, режущий и монтажный (рабочий), контрольно-

измерительный инструменты; устанавливают режимы работы, норму времени и разряд работы, выполняют необходимые технологические расчеты (определяют силу запрессовки; крутящие моменты при затяжке болтов, шпилек и др.) и обоснования.

В состав технологического процесса включаются при необходимости подготовительные, пригоночные, регулировочные, контрольные и др. работы (операции и переходы).

Технологические процессы сборки фиксируют в маршрутных и операционных картах, оформляемых в соответствии со стандартами ЕСТД.

Пример маршрутного технологического процесса сборки ступицы представлен в таблице 1.

Таблица 1

| № операции | Наименование операции     | Содержание операции и переходов                                                                                                                                                          |
|------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 005        | Сборка шкива (1Сб.8).     | 1. Закрепить шкив 8 в приспособлении<br>2. Установить кольцо 10.<br>3. Смазать и установить подшипник 9.<br>4. Протереть и установить втулку 12.<br>5. Смазать и установить подшипник 9. |
| 010        | Установка шкива (1Сб.8).  | 1. Закрепить ступицу 11 в приспособлении.<br>2. Установить шкив (1Сб.8) на ступицу 11.<br>3. Протереть и установить кольцо компенсационное 7.<br>4. Установить кольцо стопорное 3.       |
| 015        | Сборка фланца (1Сб.5).    | 1. Закрепить фланец 5 в приспособлении.<br>2. Установить крышку 1.<br>3. Закрепить крышку винтами 2.<br>4. Установить прокладку 6.                                                       |
| 020        | Установка фланца (1Сб.5). | 1. Установить фланец (1Сб.5).<br>2. Закрепить фланец (1Сб.5) винтами 4.                                                                                                                  |
| 025        | Контрольная               | 1. Проверить легкость вращения шкива 8.<br>2. Проверить биение поверхности Б относительно поверхности А.                                                                                 |

Норма времени на выполнение сборочной операции устанавливается по формулам и нормативам [8, 9, 10].

Определим в качестве примера норму штучно-калькуляционного времени на сборочную операцию 025 – «Сборка фланца». Операция выполняется в условиях серийного производства. Эскиз сборочной единицы приведен на рис. 3. Перечень собираемых деталей дается в табл. 2. Применительно к серийному производству применяем нормативы [9]. Анализ нормативов позволяет расчленить операцию на следующие расчетные комплексы:

1. Установка фланца в приспособление. Условия работы соответствуют нормативным. По карте 7 расчетное оперативное время  $t_1=0,304$  мин.

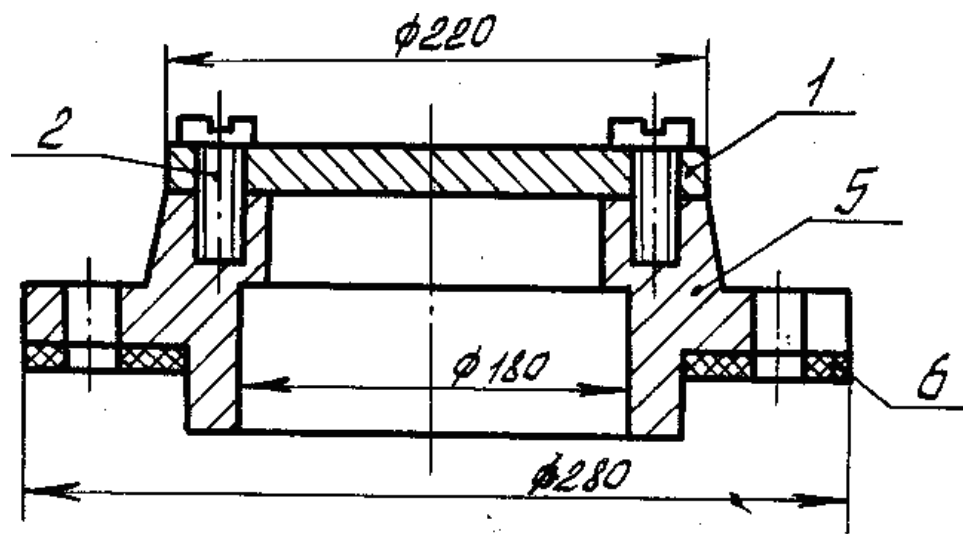


Таблица 2

| № поз | Наименование | Размер, мм | Материал, масса | Количество |
|-------|--------------|------------|-----------------|------------|
| 1     | Крышка       | Ø220       | Чугун, 3,3 кг   | 1          |
| 2     | Винт         | M10×35,58  | Сталь           | 4          |
| 5     | Фланец       | Ø280       | Сталь           | 1          |
| 6     | Прокладка    | Ø280/220-3 | Картон          | 1          |

Рис.3. Эскиз сборочной единицы первого порядка (1 Сб.5 – Фланец)

2. Установка крышки на плоскость вручную простым наложением с совмещением отверстий. При наибольшем размере детали 280 мм (до 300 мм) и количестве отверстий свыше двух (до 10 отверстий) по карте 46 нормативное время на установку крышки массой до 8 кг составит 0,12 мин. Условия работы соответствуют нормативным, поэтому расчетное оперативное время  $t_2=0,12$  мин.
3. Постановка и ввертывание винтов электроотверткой. По карте 71 нормативное время составит 0,27 мин. на один винт. В это время включено время на установку одного винта, перемещение инструмента к следующему винту, а в начальный и конечный момент (для первого и последнего винта) инструмент

необходимо подвести к рабочей точке, включить, выключить и выпустить из рук. Время на эти вспомогательные приемы определяется по карте 9. Принимая, что инструмент находится в рабочей зоне до 1 мин., вспомогательное время составит 0,075 мин. Расчетное оперативное время  $t_3 = 0,27 \cdot 4 + 0,075 = 1,155$  мин.

4. Установка прокладки на плоскость. По карте 56 нормативное время составит 0,12 мин. Сравнивая условия выполнения работы – прокладка мягкая (картон), вводим поправочный коэффициент 1,5. Расчетное оперативное время  $t_4 = 0,12 \cdot 1,5 = 0,18$  мин.

Суммарное оперативное время на операцию

$$T_{\text{оп}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 0,304 + 0,12 + 1,155 + 0,18 = 1,759 \text{ мин.}$$

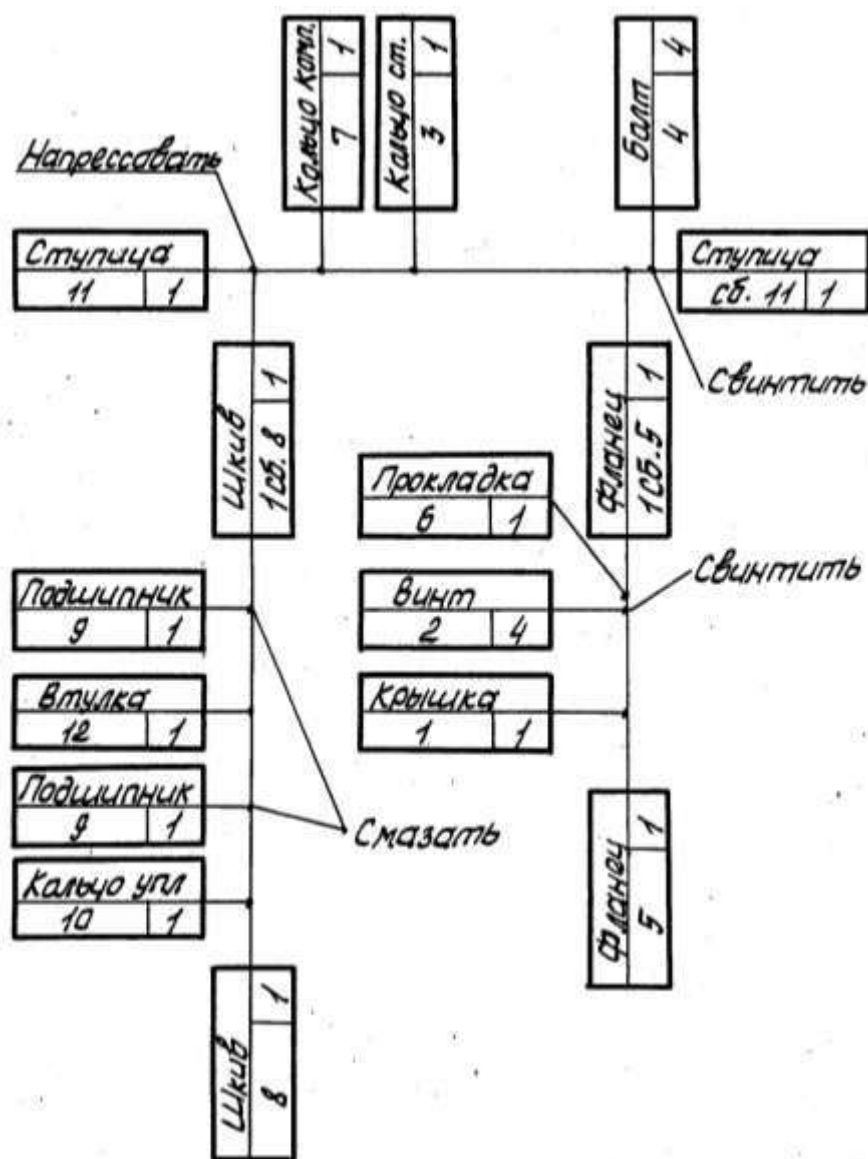


Рис.4. Технологическая схема сборки ступицы

Расчет нормы штучно-калькуляционного времени в условиях серийного производства производим по формуле

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{оп}} \cdot \left( 1 + \frac{\alpha_{\text{пз}} + \alpha_{\text{об}} + \alpha_{\text{отл}}}{100} \right) \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где  $\alpha_{\text{пз}}$ ,  $\alpha_{\text{об}}$ ,  $\alpha_{\text{отл}}$  – проценты соответственно подготовительно-заключительного времени, времени на обслуживание рабочего места и времени на отдых и личные потребности от оперативного времени;  $K_1$ ,  $K_2$  – поправочные коэффициенты, учитывающие особенности выполнения операции. Принимаем:  $\alpha_{\text{пз}}=2\%$ ;  $\alpha_{\text{об}}=3,5\%$ ;  $\alpha_{\text{отл}}=6\%$ ;  $K_1=1$  (отношение планируемого выпуска изделий в месяц к нормативному);  $K_2=1$  (по карте 5 – работа в положении «удобно»).

Штучно-калькуляционное время составит

$$T_{\text{шк}} = 1,759 \cdot \left( 1 + \frac{2 + 3,5 + 6}{100} \right) = 1,961 \text{ (мин)}.$$

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Ознакомиться с настоящими методическими указаниями.

По сборочному чертежу изделия с техническими требованиями, его спецификации и (или) по натурному образцу, выданным преподавателем, следует разобраться в его назначении, устройстве, составе и принципе работы. В случае натурного образца изделия: произвести его разборку-сборку и составить упрощенный эскиз сборочной единицы с перечнем его составных частей (детали, сборочные единицы).

Составить схему сборки, маршрутный технологический процесс сборки и установить нормы времени на операции.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен быть оформлен в общепринятой на кафедре форме и содержать название и цель работы, краткие теоретические сведения, эскиз собираемого изделия с перечнем входящих в него элементов и техническими требованиями, описание принципа его работы, схему и маршрутный технологический процесс сборки с расчетом норм времени, выводы.

## ПРИНАДЛЕЖНОСТИ К РАБОТЕ

1. Сборочные чертежи изделий с техническими требованиями и спецификации. Общемашиностроительные нормативы времени.
2. Натурные образцы изделий (пневматическая сверлильная машинка, электросверло, электрогидротолкатель, отбойный пневматический молоток, многошпиндельная сверлильная головка, станочные приспособления: тиски, патроны, кондукторы и др.).
3. Ключи плоские и торцовые, отвертки, молотки, пассатижи, выколотки и др.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что в машиностроении называют изделием, деталью, сборочной единицей, комплексом, комплектом?
2. Что такое сборка?
3. Какие организационные формы сборки Вы знаете? Охарактеризуйте их.
4. На основании каких исходных данных проектируют технологический процесс сборки?
5. Дайте определение терминам: технологический процесс сборки, технологическая операция сборки, переход сборочного процесса, прием сборочного процесса.
6. Изложите последовательность, в которой разрабатывают технологический процесс сборки.
7. Изложите основные принципы разбиения изделия на сборочные единицы и составления технологических схем общей и узловых сборок.
8. Каковы правила разработки схем сборки?
9. Что такое сборочные единицы 1-го, 2-го и т.д. порядка?
10. Какова роль схем сборки при разработке технологического процесса сборки?
11. Какими методами достигается требуемая точность сборки? Охарактеризуйте их.
12. Как осуществляется расчленение сборочной операции для целей нормирования?
13. Чем объясняется высокая трудоемкость сборочных операций по сравнению с операциями механообработки заготовок деталей? Каковы пути её снижения?

## Практическое занятие №15

### Анализ на технологичность деталей типа «Вал»

#### Цель работы:

Деталь вал относится к деталям класса<sup>12</sup> “валы”. Деталь представляет собой вал, у которого диаметры увеличиваются от одного торца к другому. Обработка вала

ведется проходными резцами с одной стороны сторон.

Вал имеет центровые отверстия, позволяющие устанавливать его в центрах на большинстве операций, кроме сверлильной и фрезерной операций, что обеспечивает необходимую точность размеров обрабатываемых поверхностей и их взаимное расположение. Это обеспечивает принцип постоянства баз в технологическом процессе.

К нетехнологическим элементам могут быть отнесены закрытые шпоночные пазы и глухое отверстие с резьбой FM16 в торце детали.

Деталь имеет удобные базовые поверхности, что позволяет на всех операциях использовать стандартные приспособления.

Конструктивно деталь считаем технологичной.

В соответствии с ГОСТ 14.201-1873 рассчитываем показатели технологичности конструкции детали.

Средний квалитет точности обработки детали определяется по формуле:

Узнать больше

$$T_{\text{ср.}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i},$$

(2.1)

где - номер квалитета точности  $i$  - ой поверхности;

- количество размеров деталей, обрабатываемых по - му квалитету.

Для расчета среднего квалитета точности составляем исходную таблицу точности 3.

Таблица 3 - Точность поверхностей детали

|                         |   |   |    |    |    |    |
|-------------------------|---|---|----|----|----|----|
| Квалитет точности       | 6 | 9 | 10 | 13 | 14 | 15 |
| Количество поверхностей | 2 | 3 | 1  | 1  | 7  | 3  |

$$IT_{\text{ср}} = \frac{6 \cdot 2 + 9 \cdot 3 + 10 \cdot 1 + 13 \cdot 1 + 14 \cdot 7 + 15 \cdot 3}{2 + 3 + 1 + 1 + 7 + 3} = 12,06.$$

Коэффициент точности обработки определяется по формуле:

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{IT_{\text{ср}}}$$

, (2.2)

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{12,06} = 0,92.$$

Деталь соответствует базовым технологическим требованиям.

Средняя шероховатость поверхностей определяется по формуле:

$$Ra_{\text{ср}} = \frac{\sum Ra_i \cdot n_i}{\sum n_i}$$

, (2.3)

13

где - значение шероховатости  $i$ -ой поверхности;

$R_{ai}$

-количество поверхностей, имеющих шероховатость .

Для расчета средней шероховатости составляем исходную таблицу шероховатости детали 4

Таблица 4 - Шероховатость поверхностей детали

|                                  |     |     |     |      |
|----------------------------------|-----|-----|-----|------|
| Шероховатость поверхности R, мкм | 0,8 | 1,6 | 3,2 | 12,5 |
| Количество поверхностей, $n$     | 2   | 1   | 4   | 10   |

$$Ra_{cp} = \frac{0,8 \cdot 2 + 1,6 \cdot 1 + 3,2 \cdot 4 + 12,5 \cdot 10}{2 + 1 + 4 + 10} = 8,29 \text{ мкм.}$$

Коэффициент шероховатости детали определяется по формуле:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ra_{cp}},$$

(2.4)

$$K_{ш} = \frac{1}{8,29} = 0,12.$$

Коэффициент использования материала определяется по формуле:

$$K_{и.м.} = \frac{M_d}{M_z},$$

, (2.5)

где - масса детали,

- масса заготовки,

$$K_{и.м.} = \frac{3,5}{5,5} = 0,64.$$

Определение типа производства.

Узнать больше

В связи с отсутствием норм времени в базовом технологическом процессе и невозможностью определения коэффициента закрепления операций тип производства предварительно определяем по годовому выпуску детали и их массе.

При годовом выпуске  $N=4000$  штук и массе  $m_d=3,5$  кг тип производства определяем в соответствии с рекомендациями.

В серийном производстве детали изготавливают партиями. Размер партии рассчитываем по формуле:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi},$$

(3.1)

где - количество дней запаса деталей на складе, ;

- количество рабочих дней в году, дней.

$$n = \frac{4000 \cdot 6}{256} = 94 \text{ штуки.}$$

По размеру партии устанавливаем, что производство будет среднесерийное. Окончательно тип производства будет уточнен после расчета норм времени.

## Практическое занятие №16

### Оформление маршрутной карты и операционной карты (одной операции) по ГОСТ 3.111882; ГОСТ 3.1404 – 86

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** научиться выполнять анализ технологического процесса механической обработки детали и оформлять бланки операционной карты и карты эскизов.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для выполнения работы необходимо *знать* методику проектирования технологического процесса изготовления детали; виды деталей и их поверхности; способы обработки поверхностей и технологические базы; виды обработки резания; виды режущих инструментов; элементы технологической операции; технологические возможности металлорежущих станков; назначение станочных приспособлений; методику расчета режимов резания; структуру штучного времени; назначение и виды технологических документов; требования ЕСКД и ЕСТД к оформлению технической документации; необходимо *уметь* оформлять технологическую документацию.

**ОБОРУДОВАНИЕ:** Чертежи деталей.

Технологические процессы механической обработки деталей.

**ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ:** 180 минут

#### КРАТКАЯ ТЕОРИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

##### **Оформление технологической документации**

В соответствии с ЕСТД в зависимости от стадии проектирования ГОСТ 3.1102–81 при разработке технологических процессов изготовления изделий основными документами являются: маршрутная карта (МК), операционная карта (ОК), карта эскизов (КЭ), технологическая инструкция (ТИ), спецификация технологических документов (СТ), комплектовочная карта (КК), ведомость оснастки (ВО), технологическая карта (ТК), карта технологического процесса (КТП), операционная карта технического контроля (ОК).

При разработке технологических процессов в курсовой работе обязательными являются МК, ОК, КЭ, ТИ, КК.

Каждый документ строго стандартизован по форме, соответствующей первому и последующим листам. Последующие листы отличаются от первого отсутствием так называемой "головки" таблицы. Все формы технологических документов выполняются на листах формата А 4.

##### **Правила оформления маршрутной карты (МК)**

Для изложения технологических процессов в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ.

### ***Служебные символы граф и строк***

**М01** – наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта.

Запись выполняется на уровне одной строки. Например, лист БОН–2,5 х 2500 ГОСТ 19903–74/Ш–IV ст.3 ГОСТ 14637–89; круг В22 ГОСТ 2590–88/45 ГОСТ 1050–88.

**М02** – код материала по Классификатору (КОД):

**Ев** – код единицы величины детали, заготовки, материала по классификатору СОЕВС (массы, длины и т. п.). Допускается указывать единицы измерения величины. Количество знаков 4.

**МД** – масса детали по конструкторскому документу; 7 знаков.

**ЕН** – единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала, например; 1,10,100; 6 знаков.

**Н<sub>расх.</sub>** – норма расхода материала; 7 знаков,

**КИМ** – коэффициент использования материала; 5 знаков.

**Код загот.** – код заготовки по классификатору. Допускается указывать вид заготовки (отливка, прокат, поковка и т.п.); 13 знаков.

**Профиль и размеры** – профиль и размеры исходной заготовки. Например, лист 1,0 х 710 х 1420, 115 х 270 х 390 (для отливки); 21 знак.

**НД** – количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки; 6 знаков.

**МЗ** – масса заготовки; 7 знаков.

**А Цех** – номер (код) цеха, в котором выполняется операция; 4 знака.

**Уч.** – номер (код) участка; 4 знака,

**РМ** – номер (код) рабочего места; 4 знака.

**Опер** – номер операции (процесса) в технологической последовательности изготовления или ремонта, включая контроль и транспортировку; 5 знаков.

**Код** – наименование операции – код операции по технологическому классификатору операций. Например: 4260 - фрезерная; наименование операции; 29 знаков. Допускается код операции не указывать.

**Обозначение документа** – обозначение документов, инструкций по охране труда, применяемых при выполнении данной операции. Состав документов следует указывать через разделительный знак "; " с возможностью, при необходимости, переноса информации на последующие строки; 59 знаков.

**Б Код, наименование оборудования** – код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования, его инвентарный номер. Информацию следует указывать через разделительный знак "; ". Допускается взамен краткого наименования оборудования указывать его модель. Допускается не указывать инвентарный номер; 46 знаков.

**СМ** – степень механизации (код степени механизации); 4 знака.

**Проф.** – код профессии по классификатору ОКПДТР: 7 знаков.

**Р** – разряд работы, необходимый для выполнения операции; 4 знака.

**УТ** – код условий труда по классификатору ОКПДТР и код вида нормы; 5 знаков.

**КР** – количество исполнителей, занятых при выполнении операции; 4 знака.,

**КОИД** – количество одновременно изготавливаемых (обрабатываемых) деталей при выполнении операции; 5 знаков.

**ЕН** – единица нормирования; см. для графы М02; 5 знаков.

**ОП** – объем производственной партии в штуках; 5 знаков.

**К<sub>шт</sub>** – коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании; 5 знаков.

**Тпз** – норма подготовительно-заключительного времени на операцию; 7 знаков.

**Тшт** – норма штучного времени на операцию; 8 знаков.

### ***Правила оформления операционной карты (ОК)***

Запись информации в операционных картах (ОК) форм 2, 3 и 2а по ГОСТ 3.1404–86 следует выполнять построчно с привязкой к соответствующим служебным символам.

Правила и порядок применения служебных символов граф М, А, Б в соответствии с ГОСТ 3.1118–82 рассмотрен выше при рассмотрении оформления МК.

**Т** – информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке. При заполнении строки, имеющей служебный символ **Т**, следует руководствоваться требованиями классификатора на кодирование и наименование технологической оснастки [33, 34]. Информацию по применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующей последовательности:

приспособления – **ПР**;

вспомогательный инструмент – **ВИ**;

режущий инструмент – **РИ**;

средства измерений – **СИ**.

*Например:* **РИ. сверло 2300–0195 ГОСТ 10902–77.**

Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять через знак "; "

**Км** – коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании; 5 знаков;

**Тпз** – норма подготовительно-заключительного времени на операцию; 7 знаков;

**Тшт** – норма штучного времени на операцию; 8 знаков.

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

**Д, В** – расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины детали); 11 знаков;

**t** – глубина резания, мм; 5 знаков;

**i** – число проходов; 6 знаков;

**S** – подача, мм/об; 10 знаков;

**n** – число оборотов шпинделя в мин., 7 знаков;

**V** – скорость резания, м/мин; 8 знаков.

При операционном описании содержания операции следует применять текстовую и бестекстовую запись.

Бестекстовая запись применяется при условии обязательной разработки операционных эскизов к каждой операции с указанием условных обозначений размеров и условных обозначений опор, зажимов и установочных устройств по ГОСТ 3.1107–81 .

При бестекстовой записи содержание основного перехода следует указывать номер перехода и номера размеров обрабатываемых поверхностей с записью в скобках выполняемых предварительно размеров, например, 1.1 ( $\varnothing 30_{0,24}$ ).

При записи окончательных размеров, указанных на операционном эскизе, в операционной карте следует указывать только обозначения обрабатываемых поверхностей.

Бестекстовая запись для вспомогательных переходов применяется при условии указания соответствующих графических обозначений опор, зажимов и установочных устройств по закреплению и снятию детали на эскизе детали, в остальных случаях следует выполнять текстовую запись вспомогательного перехода.

#### Правила записи операций и переходов обработки резанием

регламентированы ГОСТ 3. 1702–79. Наименование операций выражают именем прилагательным, производным от вида оборудования, например; "токарная", "фрезерная", "долбежная", "зубофрезерная", "сверлильная" "шлифовальная" и др. Операции нумеруются арабскими цифрами с градацией через 005. Например; "000 – Заготовительная", "005 – Токарная", "010 – Фрезерная" ... "040 – Контрольная".

Наименование операции следует записывать в соответствии с обязательными Приложениями 1 и 2 к ГОСТ 3.1702–79, в которых приведены и соответствующие цифровые коды.

Ключевые слова технологических переходов и их условные коды регламентированы ГОСТ 3.1702–79 .

Содержание операций (переходов) включает в себя все необходимые действия, выполняемые в технологической последовательности исполнителем по обработке детали на одном рабочем месте. В содержание операции (перехода) должно быть включено:

*ключевое слово*, характеризующее способ обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме. Например; "точить", "сверлить", "строгать" и т. п.;

*наименование обрабатываемой поверхности* конструктивных элементов, например; "торец", "отверстие", "наружный диаметр" и т. п.;

*информация по размерам* или условным обозначениям, например,  $\varnothing 20H7$ ;

*дополнительная информация*, характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки. Например: "предварительно", "одновременно", "по контуру", "с подрезкой торца" и т. п.

В записи операции и переходов не рекомендуется указывать шероховатость обрабатываемых поверхностей. Такая информация указывается на карте эскизов. При записи информации в технологической документации следует применять допускаемые сокращения слов и словосочетаний в соответствии с рекомендуемыми.

При записи содержания операции допускается полная или сокращенная форма записи. Например, полная запись: "сверлить 4 сквозных отверстия, выдерживая  $d=10^{+0.2}$ ". Сокращенная запись: "сверлить 4 отв.  $d=10^{+0.2}$ ".

### ***Правила оформления карты эскизов (КЭ)***

Карта эскизов (КЭ) оформляется по форме 1 ГОСТ 3.1105–84.

На картах эскизов должны быть указаны все данные, необходимые для выполнения техпроцесса (размеры, предельные отклонения, обозначение шероховатости обрабатываемых поверхностей, условные обозначения опор и зажимов, схемы базирования ГОСТ 3.1107–81).

Обрабатываемые поверхности следует обводить сплошной линией толщины от 2S до 3S по ГОСТ 2.303-68.

На картах эскизов все размеры обрабатываемых поверхностей нумеруется арабскими цифрами в окружности диаметра 6...8 мм и соединяются с размерной линией.

При этом размеры, предельные отклонения обрабатываемой поверхности в тексте содержания операции или перехода не указывают. Например, "Развернуть отверстие 3", "Точить канавку 5". Нумерацию следует производить в направлении часовой стрелки.

Условные обозначения опор и зажимов должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ 3.1107-73, а схемы базирования с ГОСТ 21495-73.

Условные обозначения отклонений формы и расположения поверхностей следует указывать в соответствии с ГОСТ 2.308-79, а шероховатости поверхностей по ГОСТ 2.309-73 с новой редакцией изменения ИЦС 3-2003.

Деталь изображается в положении, занимаемой ей при обработке (горизонтально, вертикально) и такой, какой она получается после окончания данной операции.

Таблицы размещают на свободном поле карты эскизов справа от изображения.

### ***ОТВЕТЬТЕ НА ВОПРОСЫ***

20

|                                                                                |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>1 Выберите правильное определение:</b><br>Часть операции, выполняемая одним | А) установ<br>Б) переход |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|

|                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| инструментом на одной поверхности с неизменными режимами резания – это...                                                                                             | В) проход                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2. <b>Укажите</b> , по какому принципу построен технологический процесс, если он раздроблен на простейшим операции с небольшими числом переходов и в каждой операции: | А) концентрации<br>Б) дифференциации                                                                                                                                                                                                            |
| 3. <b>Дополните</b> требования, предъявляемые к операционным эскизам:                                                                                                 | А) деталь изображается в .... положении<br>Б) установочные т зажимные элементы приспособлений обозначаются....<br>В) обрабатываемые поверхности изображаются .... линией<br>Г) проставляются полученные размеры с ..., а также указывается..... |
| 4. Какой бланк технологической документации содержит элементы режимов резания?                                                                                        | А) МК<br>Б) ОК<br>В) КЭ                                                                                                                                                                                                                         |
| 5. Перечислите исходные данные для проектирования технологического процесса?                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 6. В чем заключается принцип постоянства баз?                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 7. В каком типе производства заготовка приближается по форме и размерам к готовой детали?                                                                             | А) единичное, мелкосерийное<br>Б) крупносерийное, массовое                                                                                                                                                                                      |

### Практическое занятие №17

#### Разработка типового маршрута изготовления вала с основными операциями механической обработки

Цель работы: освоить основы разработки типового маршрута изготовления детали типа вал.

Изготовление деталей, относящихся к определенному классу, происходит по общим технологическим маршрутам, определяющим состав и последовательность операций по обработке поверхностей, применяемое технологическое оборудование, приспособления и инструмент. Ниже рассматриваются типовые технологические маршруты изготовления рассматриваемых основных деталей машин.

Технологические маршруты изготовления валов

В условиях мелкосерийного производства для изготовления ступенчатого вала длиной  $L = 350$  мм и диаметром  $\Phi 55$  мм в качестве заготовки будет выбран горячекатаный прут, который предварительно разрезают на части, а обработку вала будут выполнять по маршруту, представленному в таблице.

Таблица 7

#### Технологический маршрут изготовления ступенчатого вала в мелкосерийном производстве

| № | Операция | Базирование | Оборудование |
|---|----------|-------------|--------------|
|---|----------|-------------|--------------|

|   |                                                                                                            |                                                           |                                            |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1 | Отрезка заготовки от прутка.                                                                               | В тисках по цилиндрической поверхности прутка и по торцу  | Отрезной станок                            |
| 2 | Подрезка терцев и зацентровка вала с обеих сторон (с переустановкой).                                      | В патроне по цилиндрической поверхности прутка и по торцу | Токарно-револьверный станок                |
| 3 | Черновая токарная обработка вала по ступеням с обеих сторон                                                | В центрах и по торцу (с переустановкой).                  | Токарно-винторезный станок                 |
| 4 | Чистовая токарная обработка вала с обеих сторон, снятие фасок, прорезка канавок, нарезание наружной резьбы | В центрах и по торцу (с переустановкой).                  | Токарно-винторезный станок                 |
| 5 | Фрезерование шпоночных пазов                                                                               | В призмах по цилиндрической поверхности вала и по торцу   | универсальный вертикально-фрезерный станок |
| 6 | Слесарная операция – снятие заусенцев, притупление острых кромок                                           | В тисках по цилиндрической поверхности                    |                                            |
| 7 | Термообработка – закалка отдельных ступеней вала                                                           | В центрах и по торцу.                                     | Установка ТВЧ                              |
| 8 | Шлифование закаленных ступеней и торцов вала                                                               | В центрах и по торцу                                      | Кругло-шлифовальный станок                 |
| 9 | Промывка и контроль                                                                                        |                                                           | Моечная ванна                              |

При наличии на валике отверстий, расположенных перпендикулярно к его оси в технологическом маршруте предусматривают сверлильную операцию, которую выполняют после чистовой токарной обработки. Операцию выполняют на вертикально-сверлильном станке при базировании вала по цилиндрической поверхности в призмах.

В крупносерийном производстве для изготовления вала (материал ст. 45 ГОСТ 1050) длиной  $L = 420$  мм и диаметром  $\Phi 62$  мм, у которого на отдельных ступенях имеется наружная резьба и шлицевые пазы, будет использована штучная заготовка – штамповка, а изготовление вала будет выполняться по маршруту, приведенному в табл. 8.

Технологический маршрут изготовления ступенчатого вала в крупносерийном производстве

| № | Операция                                                                                              | Базирование                                                  | Оборудование                             |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1 | Одновременное фрезерование двух торцов и зацентровка заготовки с обеих сторон.                        | В тисках по цилиндрической поверхности штамповки и по торцу. | Фрезерно-центровальный полуавтомат.      |
| 2 | Черновая токарная обработка вала по контуру с обеих сторон (с переустановкой).                        | В самозажимном патроне в центрах и по торцу.                 | Токарный гидрокопировальный полуавтомат. |
| 3 | Чистовая токарная обработка вала с обеих сторон, снятие фасок, прорезание канавок (с переустановкой). | В самозажимном патроне в центрах и по торцу.                 | Токарный гидрокопировальный полуавтомат. |
| 4 | Нарезание наружной резьбы с использованием резьбонарезной головки                                     | В центрах и по торцу                                         | Резьбонарезной станок                    |
| 5 | Фрезерование шпоночных пазов                                                                          | В центрах и по торцу                                         | Шпоночно-фрезерный полуавтомат           |

Продолжение таблицы 8

|   |                                                                          |                                        |                             |
|---|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|
| 6 | Фрезерование шлицевых пазов                                              | В центрах и по торцу                   | Шлице-фрезерный полуавтомат |
| 7 | Слесарная операция – снятие заусенцев, притупление острых кромок         | В тисках по цилиндрической поверхности |                             |
| 8 | Термообработка – закалка отдельных ступеней вала и шлицевых поверхностей | В центрах и по торцу                   | Установка ТВЧ               |
| 9 | Шлифование закаленных ступеней и торцов вала                             | В центрах и по торцу                   | Кругло-шлифовальный станок  |

|    |                     |                      |                                |
|----|---------------------|----------------------|--------------------------------|
| 10 | Шлифование шлицев   | В центрах и по торцу | Шлице-шлифовальный полуавтомат |
| 11 | Промывка и контроль |                      | Моечная ванна                  |

Нарезание шлицев на валах можно осуществить также на горизонтальных универсально-фрезерных станках с помощью двух профильных фрез и делительной головки, обеспечивающей поворот вала на угол между шлицами. На валах, 24стериал которых склонен к пластическому деформированию, шлицы с эвольвентной боковой поверхностью можно получить путем холодного накатывания с помощью реек, роликов или многороликовых головок. Получаемое при этом упрочнение поверхностного слоя повышает на 10...20% прочность шлицев на скручивание, что позволяет в ряде случаев 24сключить необходимость выполнения закалки шлицевых поверхностей.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомьтесь с конструкцией предложенной преподавателем детали.
2. Назовите метод получения заготовки для изготовления детали
3. Определите цель выполнения первой операций, схему базирования заготовки на операции, метод обработки полученной поверхности, применяемый инструмент и станочное оборудование.
4. Выявите состав и последовательность технологических переходов, которые выполнялись на второй операции. Определите вид режущего инструмента, который применялся на каждом технологическом переходе, затем установите тип станочного оборудования, на котором выполнялась вторая операция.
5. Аналогично, необходимо определите цель выполнения всех последующих операций, схему базирования заготовки на операции, методы обработки полученных поверхностей, применяемый инструмент и станочное оборудование.

Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе должен включать технологические эскизы обработки детали на выполняемых операциях. На эскизах следует указать схему базирования, получаемые операционные размеры, применяемое оборудование и режущий инструмент.

Таблица 9

Разработка технологического процесса изготовления детали типа вал

| № | Содержание технологической операции | Технологический эскиз с указанием схемы базирования | Оборудование, приспособление и инструмент |
|---|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1 |                                     |                                                     | 24                                        |

|     |  |  |  |
|-----|--|--|--|
| ... |  |  |  |
|-----|--|--|--|

## Практическое занятие №18

### Разработка типового маршрута изготовления втулок с выбором оборудования, приспособлений и инструмента

Цель работы: освоить основы разработки типового маршрута изготовления детали типа втулка.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомьтесь с конструкцией предложенной преподавателем детали.
2. Назовите метод получения заготовки для изготовления детали
3. Определите цель выполнения первой операций, схему базирования заготовки на операции, метод обработки полученной поверхности, применяемый инструмент и станочное оборудование.
4. Выявите состав и последовательность технологических переходов, которые выполнялись на второй операции. Определите вид режущего инструмента, который применялся на каждом технологическом переходе, затем установите тип станочного оборудования, на котором выполнялась вторая операция.
5. Аналогично, необходимо определите цель выполнения всех последующих операций, схему базирования заготовки на операции, методы обработки полученных поверхностей, применяемый инструмент и станочное оборудование.

Содержание отчета по работе.

Отчет по работе должен включать технологические эскизы обработки детали на выполняемых операциях. На эскизах следует указать схему базирования, получаемые операционные размеры, применяемое оборудование и режущий инструмент.

Таблица 10

#### Разработка технологического процесса изготовления детали втулка

| №   | Содержание технологической операции | Технологический эскиз с указанием схемы базирования | Оборудование, приспособление и инструмент |
|-----|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1   |                                     |                                                     |                                           |
| ... |                                     |                                                     | 25                                        |

Также в качестве примера приведен технологический маршрут изготовления цилиндрического зубчатого колеса со ступицей в серийном производстве

В серийном производстве цилиндрическое, закаливаемого зубчатое колесо со ступицей диаметром  $\Phi$  85 мм и длиной  $L = 160$  мм, (материал сталь 45, заготовка штамповка, степень точности 8-Вa ГОСТ 1643-81) изготавливают по маршруту, представленному в табл. 11.

Технологический маршрут изготовления цилиндрического зубчатого колеса со ступицей в серийном производстве ( $m = 3$  мм, степень точности 8-Вa ГОСТ 1643-81)

В единичном и мелкосерийном производстве нарезание зубьев можно выполнять на универсально-фрезерных станках по методу копирования с использованием модульных дисковых или пальцевых фрез и делительной головки для поворота колеса на шаг. Нарезание зубьев можно выполнять также на зубодолбежных станках; для двух или трехвенцовых зубчатых колес при расстоянии между венцами 5...10 мм этот метод в ряде случаев оказывается единственным возможным.

Таблица 11

| №  | Операция                                                                                                             | Базирование                | Оборудование                       |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| 1  | Обрубка и зачистка заготовки                                                                                         | В тисках                   | Приспособление с абразивным круг.  |
| 2  | Предварительная токарная обработка с одной стороны, зенкерование базового отверстия.                                 | В 3-х кулачковом патроне   | Токарно-револьверный полуавтомат   |
| 3  | Предварительная токарная обработка с другой стороны, чистовая расточка базового отверстия                            | В 3-х кулачковом патроне   | Токарно-револьверный полуавтомат   |
| 4  | Протягивание шлицевого отверстия комбинированной протяжкой                                                           | По протяжке и торцу        | Вертикально-протяжный станок       |
| 5  | Чистовая токарная обработка по контуру колеса с базированием по шлицевому отверстию и торцу на оправке               | По отверстию на оправке    | Токарно-револьверный полуавтомат   |
| 6  | Слесарная-зачистка заусенцев, контроль.                                                                              | В тисках                   | Стенд                              |
| 7  | Фрезерование зубчатого венца (достижение восьмой степени точности) колеса)                                           | По отверстию на оправке    | Зубо-фрезерный полуавтомат         |
| 8  | Зубозакругление торцевых поверхностей зубьев по периметру зубчатого венца                                            | По отверстию на оправке    | Полуавтомат для закругления зубьев |
| 9  | Термообработка – закалка зубчатого венца и базового отверстия                                                        |                            | Установка ТВЧ                      |
| 10 | Окончательная обработка базового отверстия и торца шлифованием с базированием по зубчатому венцу колеса.             | По торцу и зубчатому венцу | Внутри шлифовальный станок         |
| 11 | Окончательная обработка зубчатого венца шлифованием с базированием на оправке по шлицевому отверстию и торцу колеса. | По отверстию на оправке    | Зубо-шлифовальный станок           |
| 12 | Промывка и контроль на стенде                                                                                        |                            | Моечная ванна.                     |

При изготовлении незакаленных зубчатых колес закалка зубчатого венца и базового отверстия не выполняется, а для отделки зубчатого венца применяют операцию зубошевингования.

## **Практическое занятие №19**

### **Разработка типового маршрута изготовления дисков с выбором оборудования, приспособлений и инструмента**

Цель работы: освоить основы разработки типового маршрута изготовления дисков типа втулка.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомьтесь с конструкцией предложенной преподавателем детали.
2. Назовите метод получения заготовки для изготовления детали
3. Определите цель выполнения первой операций, схему базирования заготовки на операции, метод обработки полученной поверхности, применяемый инструмент и станочное оборудование.
4. Выявите состав и последовательность технологических переходов, которые выполнялись на второй операции. Определите вид режущего инструмента, который применялся на каждом технологическом переходе, затем установите тип станочного оборудования, на котором выполнялась вторая операция.
5. Аналогично, необходимо определите цель выполнения всех последующих операций, схему базирования заготовки на операции, методы обработки полученных поверхностей, применяемый инструмент и станочное оборудование.

Разработка типового маршрута изготовления дисков включает в себя определение последовательности операций, выбор оборудования, приспособлений и инструмента для каждой операции, а также описание технологических режимов. Важно учитывать особенности конкретного диска и серийность производства. Маршрут должен быть оптимизирован для обеспечения высокого качества, низкой стоимости и минимальных сроков изготовления.

Этапы разработки маршрута:

#### **1. Анализ исходных данных:**

Включает изучение чертежа диска, требований к качеству, а также анализ технических условий (ТУ) и стандартов.

#### **2. Выбор заготовки:**

Определение наиболее подходящего способа получения заготовки (литье, штамповка, поковка, прокат) с учетом размеров, формы и материала диска.

### 3. Определение технологических баз:

Выбор поверхностей, относительно которых будут выполняться все последующие операции.

### 4. Разработка маршрута обработки:

- **Заготовительная фаза:** Включает операции по подготовке заготовки к дальнейшей обработке (например, обрезка литников, удаление облоя, предварительная механическая обработка).
- **Обрабатывающая фаза:** Описывает последовательность операций механической обработки (токарная, фрезерная, сверлильная, шлифовальная, зубообрабатывающая, обработка на станках с ЧПУ и т.д.), обеспечивающих получение требуемой формы, размеров и качества поверхности диска.
- **Заключительная фаза:** Включает операции контроля качества, финишную обработку (например, полировка, гальваническое покрытие) и при необходимости антикоррозионную обработку.

### 5. Выбор оборудования, приспособлений и инструмента:

Для каждой операции необходимо подобрать соответствующее оборудование (станки, обрабатывающие центры), приспособления (оправки, зажимы, режущий инструмент) и инструменты (сверла, фрезы, резцы, шлифовальные круги).

### 6. Разработка технологических режимов:

Определение оптимальных режимов резания (скорость, подача, глубина резания), режимов термообработки, режимов нанесения покрытий и т.д.

### 7. Контроль качества:

В процессе производства необходимо предусмотреть операции контроля размеров, формы, шероховатости поверхности и других параметров качества.

### 8. Документирование технологического процесса:

Оформление технологической карты, в которой детально описывается весь процесс изготовления диска, включая операции, оборудование, приспособления, инструмент, режимы обработки и контроль.

Пример маршрута для диска (упрощенный):

#### 1. Заготовительная операция:

Литье в форму, обрезка литников, удаление облоя.

#### 2. Механическая обработка:

- Токарная обработка наружной поверхности и торцевых плоскостей.
- Фрезерная обработка отверстий под крепление.
- Сверление отверстий.

- Шлифование.

**3. Термообработка:**

Закалка, отпуск (если требуется).

**4. Финишная обработка:**

Полировка, гальваническое покрытие (если требуется).

**5. Контроль качества:**

Проверка размеров, формы, шероховатости, наличие дефектов.

Выбор оборудования, приспособлений и инструмента:

- **Станки:** Токарные станки (универсальные или с ЧПУ), фрезерные станки (универсальные или с ЧПУ), шлифовальные станки, сверлильные станки, обрабатывающие центры.
- **Приспособления:** Патроны, оправки, зажимы, прихваты.
- **Инструмент:** Резцы, сверла, фрезы, шлифовальные круги, измерительный инструмент.

Особенности серийного производства:

- Для серийного производства часто применяют автоматизированные линии, роботизированные системы, что позволяет повысить производительность и снизить себестоимость продукции.
- В серийном производстве важно разрабатывать групповые технологические процессы, которые позволяют обрабатывать несколько типоразмеров дисков на одном оборудовании.
- При разработке маршрута для серийного производства необходимо учитывать возможность автоматизации отдельных операций и гибкость производственной линии.

Содержание отчета по работе.

Отчет по работе должен включать технологические эскизы обработки детали на выполняемых операциях. На эскизах следует указать схему базирования, получаемые операционные размеры, применяемое оборудование и режущий инструмент.

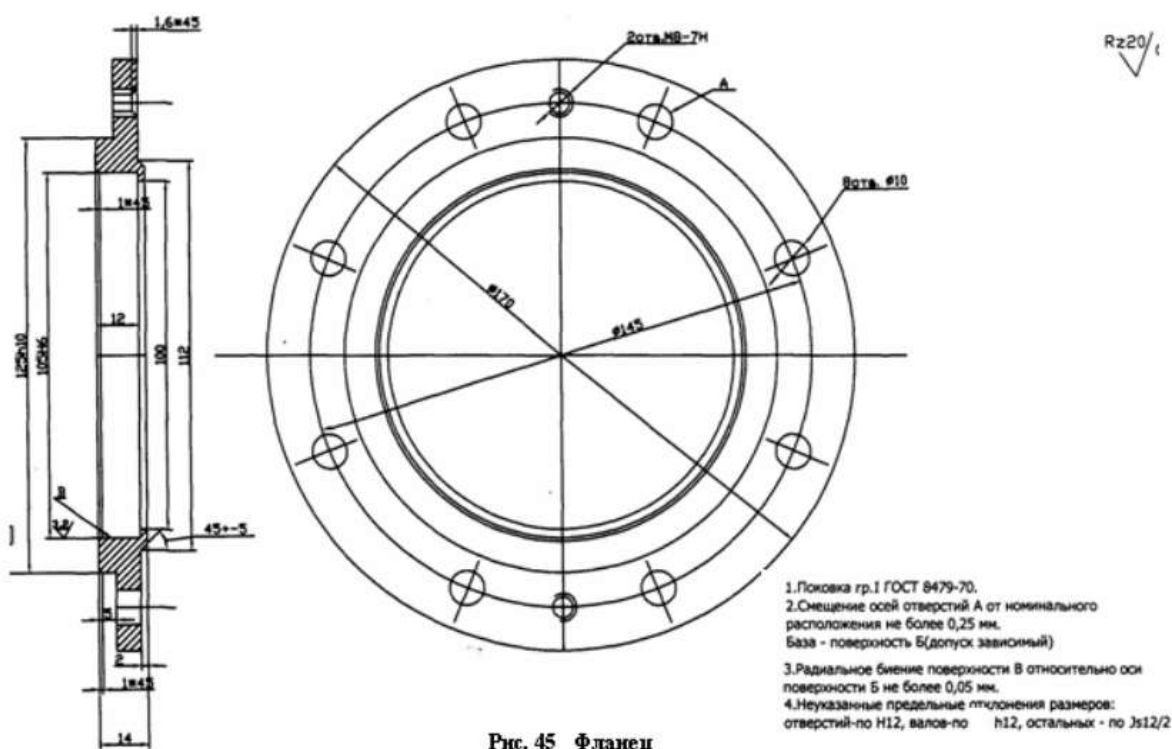
Таблица 10

Разработка технологического процесса изготовления детали диск

| № | Содержание технологической операции | Технологический эскиз с указанием схемы базирования | Оборудование, приспособление и инструмент |
|---|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1 |                                     |                                                     |                                           |

|     |  |  |  |
|-----|--|--|--|
|     |  |  |  |
| ... |  |  |  |

## Типовой маршрут изготовления дисков



005 Заготовительная.

В большинстве случаев – лить заготовку, ковать или штамповать. Мелкие шкивы – из прутка.

010 Токарная.

Растачивание отверстия с припуском под последующую обработку и подрезка торца.

Технологическая база – черная поверхность обода или ступицы. Выполняется в зависимости от маршрутов и типа производства на токарном, револьверном или карусельном станке.

015 Токарная

Подрезать второй торец. Технологическая база – обработанные отверстия и торец.

020 Протяжная

Протянуть цилиндрическое отверстие. Технологическая база – отверстие и торец. Станок – вертикально-протяжной.

025 Протяжная или долбежная.

Протянуть или долбить шпоночный паз. Технологическая база – отверстие и торец. Станок – вертикально-протяжной

или долбежный.

#### 030 Токарная (черновая).

Точить наружный диаметр и торцы обода, точить клиновидные канавки. Технологическая база – отверстие. Станок токарный или многорезцовый токарный.

#### 035 Токарная (чистовая).

Точить наружный диаметр и канавки. При криволинейной образующей на токарно-копировальном станке или токарном

станке по копиру.

#### 040 Сверлильная.

Сверлить отверстия и нарезать резьбу (если требуется по чертежу). Технологическая база – торец. Станок – сверлильный.

#### 045 Балансировочная.

Балансировка и высверливание отверстий для устранения дисбаланса. Технологическая база – отверстие. Станок – балансировочный.

#### 050 Шлифовальная.

Шлифование ступиц (если требуется по чертежу). Технологическая база – отверстие. Станок – круглошлифовальный.

#### 055 Контрольная.

#### 060 Нанесение антикоррозионного покрытия.

Основным служебным назначением фланцев является ограничение осевого перемещения вала, установленного на подшипниках. Отсюда следует, что основными конструкторскими базами фланца будут поверхности центрирующего пояска по размеру отверстия в корпусе и торцы. Поскольку в качестве технологических баз при обработке заготовки целесообразно выбирать основные базы детали, то исходя из этого, следует, что на первых операциях обрабатывают основные базы. В связи с этим на первой операции в качестве технологических баз используют наружную цилиндрическую поверхность и торец большого фланца, а на последующих – посадочную поверхность цилиндрического пояска и его торец. На этих же базах обрабатывают крепежные отверстия и лыски, если они заданы чертежом.

## **Практическое занятие №20**

### **Разработка маршрутной технологии конкретной детали**

#### **1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

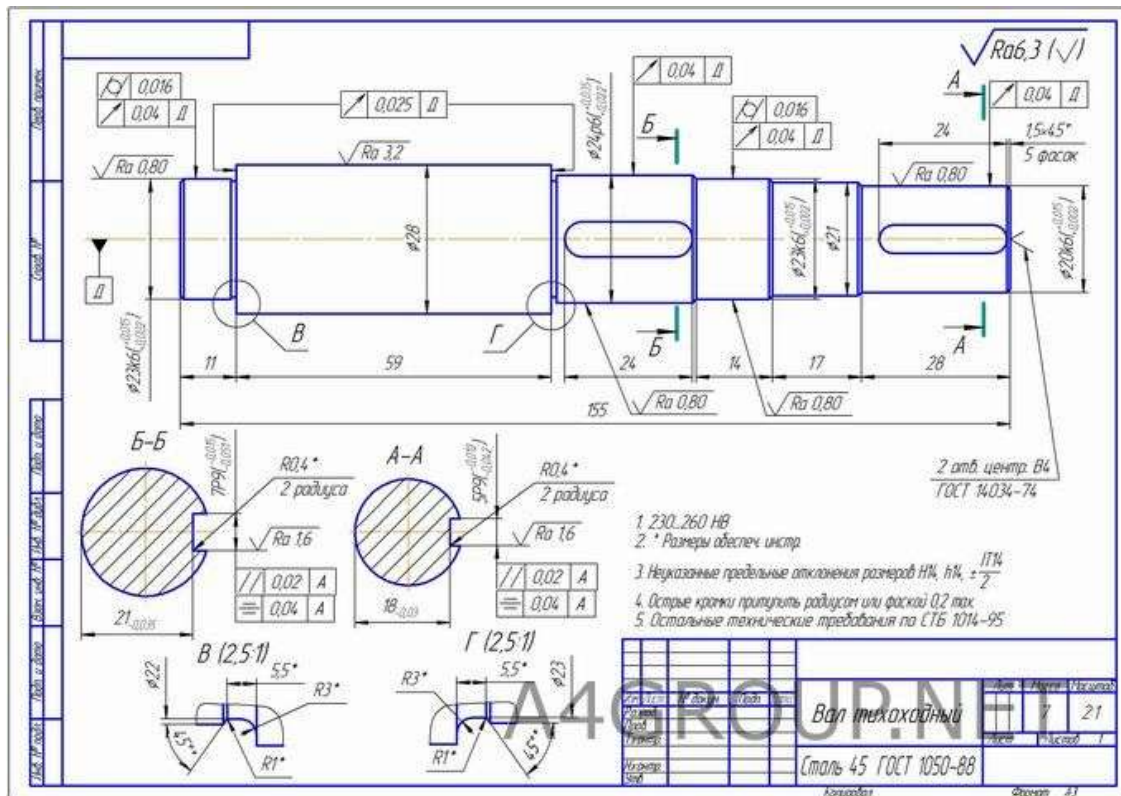
- 1.1 Ознакомиться с технологическим процессом обработки деталей.
- 1.2 Научиться самостоятельно разбираться в чертежах, допусках и посадках
- 1.3 Получить практические навыки составления технологического процесса
- 1.4 Научиться составлять технологический процесс обработки типовых деталей

#### **ЗАДАНИЕ:**

31

- 1) Составить технологический процесс по чертежу.

- 2) Определить основные элементы.
- 3) Составить отчет.

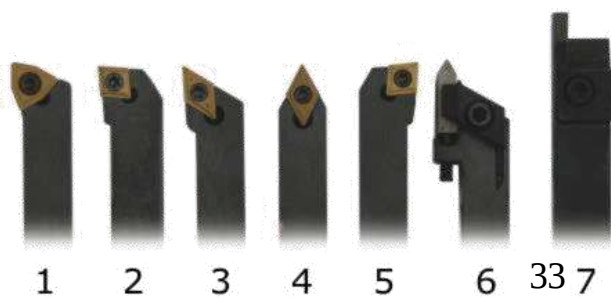


4)

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ТИПОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- 2.1 Станок токарно винторезный с программным управлением 16Б16Т1.
- 2.2 Станок программного управления Фрезерной обработки 250V.
- 2.3 Станок программного управления Фрезерной обработки 500V.
- 2.4 Набор режущего инструмента.
- 2.5 Набор мерительного инструмента.







## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 2.6 Ознакомиться с технологическим процессом обработки деталей.
- 2.7 Научиться самостоятельно разбираться в чертежах, допусках и посадках
- 2.8 Получить практические навыки составления технологического процесса
- 2.9 Научиться составлять технологический процесс обработки типовых деталей
- ...

Несмотря на большое разнообразие размеров и конструктивных форм, валы подвергаются одинаковым процессам обработки. Типичными установочными базами для них являются центровые отверстия. На некоторых операциях обработки при воздействии изгибающих сил резания, например, при фрезеровании плоскостей, сверлении радиальных отверстий в качестве установочных баз используют обработанные шейки.

В зависимости от конструкций или программы выпуска изделий технологический процесс изготовления валов может отличаться только последовательностью обработки или введением дополнительных операций.

Типовую схему процесса изготовления валов можно представить в такой последовательности:

- подготовка технологических баз – подрезание торцов и центрование. Эту операцию при серийном и массовом производствах выполняют на центровальных и фрезерно-центровальных станках двустороннего или барабанного типа;
- черновая токарная обработка обоих концов вала, подрезание торцов и уступов;
- чистовая токарная обработка в той же последовательности, что и черновая. Наружные поверхности валов обтачивают на токарно-копировальных и на многорезцовых одно- и многшпиндельных автоматах;
- черновое шлифование шеек вала, служащих дополнительными базами при фрезеровании, сверлении, растачивании отверстий на одном из концов вала;
- правка стержня при обработке нежестких валов;
- черновая и чистовая обработка фасонных поверхностей – нарезание шлицев, зубчатых венцов, фрезерование кулачков и др.;
- выполнение второстепенных операций – сверления, развертывания, нарезания резьбы, фрезерования лысок, шпоночных канавок;
- термическая обработка всей детали или отдельных поверхностей;
- правка вала;
- черновое и чистовое шлифование наружных поверхностей, торцов, отверстий;
- доводка особо точных поверхностей.

Оборудование для выполнения типового процесса может быть разным, но порядок и характер операций при обработке валов должны оставаться неизменными.

При разработке технологических процессов изготовления валов необходимо руководствоваться типовыми технологическими процессами обработки различных поверхностей (табл. 1).

Рассмотрим типовой технологический процесс изготовления вала – представителя группы ступенчатых валов, составленный по типовым процессам обработки отдельных поверхностей валов.

**Типовой маршрутный технологический процесс изготовления вала.** Дано: вал – представитель группы валов (рис. 2); материал – сталь 45; тип производства – среднесерийное; заготовка – штамповка.

**005 операция.** Фрезерно-центровальная, код 4269. Фрезеровать торцы и сверлить центровые отверстия окончательно. Станок: фрезерно-центровальный, код 381825, мод. МР76М. Приспособление: тиски с самоцентрирующими губками призматической формы, привод пневматический, код 396131. Базирование: по наружным поверхностям и одному торцу заготовки. Режущие инструменты: торцовые фрезы диаметром 100 мм, число зубьев 12, материал режущей части Т14К8, код 381855; центровочные сверла диаметром 5 мм, материал Р6М5, код 391242. Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ1, диапазон измерения 400 мм, цена деления нониуса 0,1 мм, код 393310 (для наладки), шаблон для контроля длины  $286 \pm 0,6$ , код 393610 (для работы).

**010 операция.** Токарно-копировальная, код 4117. Точить начерно поверхности диаметрами 50k6; 55h6; 52; 62; 65 мм. Станок: токарный гидрокopировальный полуавтомат, код 381115, мод. 1Н713. Приспособление: ~~з~~центры, код 392840; патрон поводковый с пневмоприводом, код 396115. Режущий инструмент: проходной резец, правый, сечением 25x20 мм; материал режущей части Т14К8,  $j = 45^\circ$ ,  $a = 8^\circ$ ,  $g = 12^\circ$ , код 392101. Измерительный

инструмент: штангенциркуль ШЦ1, диапазон измерения 125 мм, цена деления нониуса 0,1 мм для наладки, код 393310; калибры скобы 51,5h14, 53,5h14; 56,5h14; 63,5h14; для работы код 393120.

015 операция. Токарно-копировальная, код 4117. Обточить поверхности диаметрами 40j<sub>5</sub>6 и 65 мм начерно (остальные данные приведены в операции 010).

Таблица 1 *Типовые технологические процессы (операции) обработки различных поверхностей валов в условиях серийного производства*

| Поверхности                                | Точность                                           | Шероховатость                                                                                                                                   | Характер и последовательность выполнения операций (переходов)                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Незакаливаемые цилиндрические и конические | 11-й квалитет и грубее                             | 25 и грубее                                                                                                                                     | Черновое точение на станках класса Н                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 9-й квалитет и грубее                      | 3,2 и грубее                                       | Черновое и чистовое точение на станках класса Н                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 6...8-й квалитеты                          | 0,4...1,6                                          | 1. Черновое, чистовое (получистовое) точение и круглое шлифование на станках класса Н 2. Предварительное и чистовое точение на станках класса П | 1. Черновое и (получистовое) точение, закалка, круглое шлифование на станках класса Н 2. Черновое, чистовое (получистовое) точение, закалка, чистовое точение на станках класса П с использованием сверхтвердых режущих материалов на основе нитрида бора (композит 01), карбонада (например, марки АСПК) и др. |
| Закаливаемые цилиндрические и конические   | 6...8-й квалитеты                                  | 0,4...1,6                                                                                                                                       | 1. Черновое, чистовое точение, круглое шлифование, шлищефрезерование 2. Черновое, чистовое точение, шлищефрезерование, и круглое шлифование                                                                                                                                                                     |
| Незакаливаемые шлицевые поверхности        | 6-й квалитет точности наружного диаметра           | 0,4...1,6                                                                                                                                       | 1. Черновое, чистовое точение, шлищефрезерование, закалка, шлищешлифование 2. Получистовое точение, шлищефрезерование, закалка, шлищешлифование                                                                                                                                                                 |
| Закаливаемые шлицевые поверхности          | Квалитет точности внутреннего диаметра 6...7-й     | 0,4...1,6                                                                                                                                       | 1. Черновое, чистовое точение, шпоночное фрезерование, круглое шлифование 2. Получистовое точение, фрезерование шпонки, круглое шлифование                                                                                                                                                                      |
| Цилиндрическая со шпоночной канавкой       | Ширины канавки 8...9-й квалитет, точность диаметра | 1,6 0,4...0,8                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

6...8-й  
квалитет

Резьбовая(крепежная  
резьба) с нормальным 8h...8g 1,6  
и мелким шагами

Резьбовая с  
нормальным и мелким 4h...6g 0,8  
шагами

1. Черновое, чистовое точение,  
нарезание резьбы плашками или  
резьбофрезерованием 2.  
Получистовое точение, нарезание  
резьбы плашками или резцами 3.  
Получистовое точение,  
накатывание резьбы

1. Черновое, чистовое точение,  
нарезание резьбы резцами 2.  
Черновое, чистовое точение,  
резьбонакатывание,  
резьбошлифование

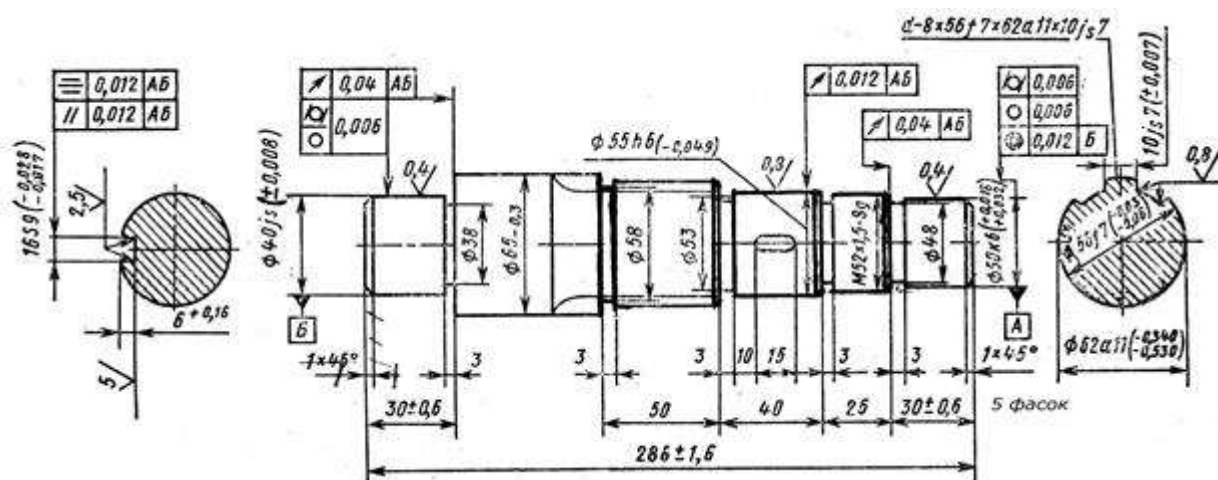


Рис. 2. Типовой вал

020 операция. Токарная с программным управлением. Обточить поверхности диаметрами 50k6, 55h6, 40js6 с припуском на шлифование диаметром 65, 60a11, 52, проточки диаметром 38, 48, 53, 58 мм и фаски окончательно. Станок: токарный с программным управлением, код 381021, мод.16K20Т. Приспособление: поводковый плавающий центр, диаметр поводковой части 36 мм, код 392840. Базирование: по центровым отверстиям и левому торцу (диаметром 40 мм). Режущие инструменты: проходные резцы, правый и левый, сечениями 20x25 мм, материал режущей части T14K8, j = 90 °, код 392101; прорезной резец, ширина режущей части 3 мм, материал режущей части T14K8, код 392112; фасочные резцы левый и правый, j = 45°код 392114. Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ1 для наладки; калибры скобы для работы 40, 3h9; 55,4h9; 50,4h9; 60a11; 65<sub>0,3</sub>.

025 операция. Шпоночно-фрезерная, код 4272. Фрезеровать шпоночный паз 16S9 окончательно. Станок: шпоночно-фрезерный полуавтомат, код 381610. Мод. 692А. Приспособление: тиски с призматическим основанием, привод пневматический, код 396131. Базирование: по поверхности диаметром 55h6 и торцу диаметром 62. Режущий инструмент: шпоночная фреза диаметром 16 мм, материал режущей части T14K8 (P6M5), код 391826 (391856). Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ1, код 393310; калибр-пробка 16S9, код 393110.

030 операция. Шлицефрезерная, код 4260. Фрезеровать шлицы с припуском на шлифование. Станок: шлицефрезерный, код 381630, мод. 5350Б. Приспособление: поводковое устройство, код 396115; центры, код 392840. Базирование: по центровым отверстиям. Режущий инструмент: червячная шлицевая фреза, материал P6K5. d – 8x56x7x62a11x10js7, код 391810. Измерительный инструмент: комплексный калибр-втулка, код 393180.

035 операция. Шлицешлифовальная, код 4142. Шлифовать шлицы окончательно. Станок: шлицешлифовальный, код 381315, мод. 3Б450. Приспособления: центры, код 392840; поводковое

устройство, код 396115. Базирование: по центровым отверстиям. Режущий инструмент: шлифовальный профильный круг ПП250х16х76 24А25ПСМ15К435М/С2КЛА, код 397111. Измерительный инструмент: комплексный калибр-втулка, код 393180; микрометр гладкий, диапазоны измерения: 50...75 и 0...25 мм, цена деления 0,01 мм, код 393410 для измерения внутреннего диаметра и толщины зубьев (шлицев).

*040 операция.* Круглошлифовальная, код 4131. Шлифовать поверхности диаметрами 50К6, 55h6, 40js6 окончательно. Станок: круглошлифовальный, код 381311, мод. 3М150А. Приспособления: центры, код 393840: поводковое устройство, код 396155. Базирование: по центровым отверстиям. Режущий инструмент: шлифовальный круг ПП350х50х127 24А25ПСМ15К435М/С2КЛА, код 397111. Измерительный инструмент: рычажные скобы с диапазоном измерения 25...50 и 50...75 мм, ценой деления 0,002 мм для наладки, код 394240; калибры скобы 40js6, 50К6, 55h6, код 393120.

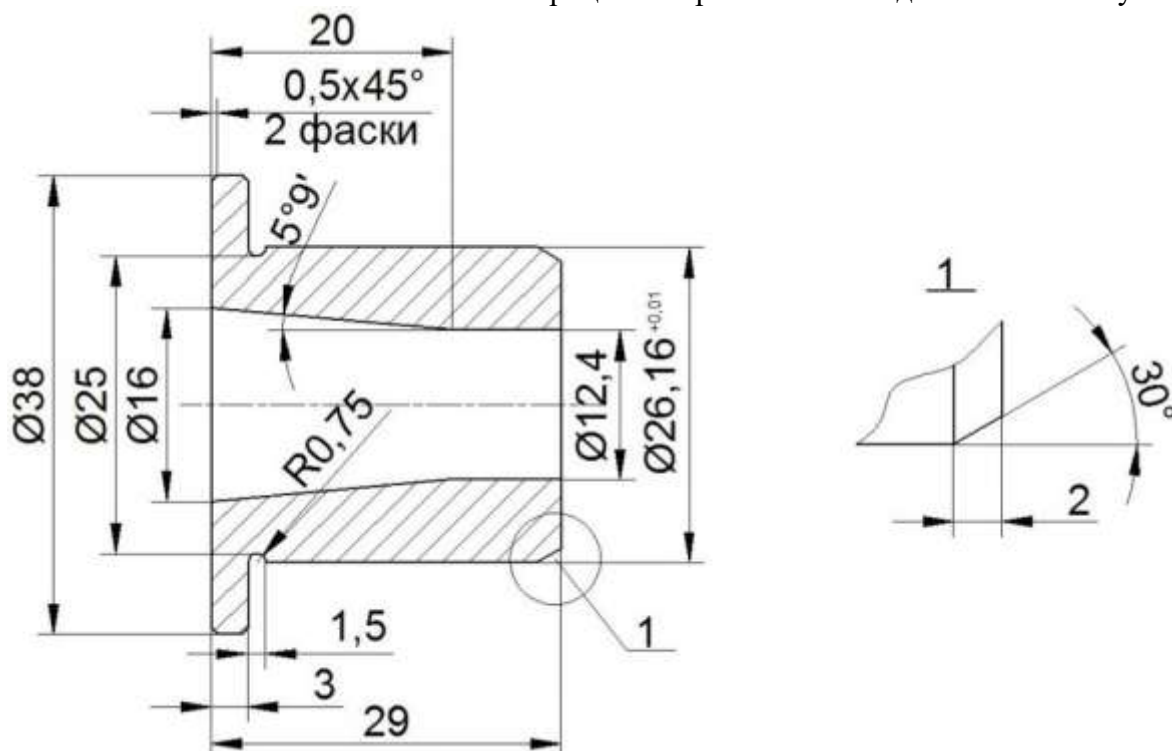
*045 операция.* Резьбофрезерная, код 4271. Фрезеровать резьбу М52х1,5 – 8g окончательно. Станок: резьбофрезерный, код 391632, мод. 5Б63Г. Приспособление: центры, код 392840; поводковое устройство, код 396115. Базирование: по центровым отверстиям. Режущий инструмент – резьбовая гребенчатая фреза, материал Р6М5, код 391810. Измерительный инструмент: резьбовые калибры-кольца М52х1,5 – 8g, код 393140.

При составлении рабочих маршрутных технологических процессов на конкретные валы данной группы валов часть операций может быть опущена (например, при отсутствии на вале резьбы, шлицев, шпоночной канавки или др.). Кроме того, следует учесть, что в некоторых операциях приведенного выше технологического процесса перечислены не все режущие и измерительные инструменты, необходимые для обработки и измерения элементов валов, входящих в данную группу.

В табл. 2 приведены схемы технологических процессов изготовления первичного вала коробки передач ЗИЛ, вторичного вала ВА3 и промежуточного КамАЗ. Анализ таблицы показывает, что ступенчатые шлицевые валы и валы с зубчатыми венцами обрабатываются по единой технологической схеме. Основное отличие при изготовлении – у шлицевого вала фрезеруют или накатывают шлицы, у вала шестерни – нарезают зубчатый венец.

Для обеспечения заданных точности и шероховатости отдельных поверхностей детали вводят ряд доводочных операций: микрофиниширование или полирование, например, при обработке первичного вала коробки передач ЗИЛ и вторичного вала автомобиля ВА3.

Составление технологического процесса обрабатываемой детали типа «Втулка»



## **Содержание работы**

### **1. Технологическая часть**

- 1.1. Составление технологического процесса обработки детали
- 1.2. Материал обрабатываемой заготовки
- 1.3. Конструктивные особенности детали, требования на ее изготовление
- 1.4. Анализ технологичности конструкции детали
- 1.5. Установочные базы и способы закрепления детали
- 1.6. Выбор типа производства
- 1.7. Разработка маршрутной технологии, выбор оборудования
- 1.8. Выбор режущего инструмента
- 1.9. Выбор рациональных режимов резания
- 1.10. Выбор измерительного инструмента

### **2. Охрана труда**

- 2.1. Организация рабочего места
- 2.2. Электробезопасность
- 2.3. Пожарная безопасность

### **Список используемой литературы**

### **Приложение**

#### **Составление технологического процесса обрабатываемой детали типа**

##### **«Втулка»**

В условиях серийного производства деталь изготавливаем на токарно-винторезном станке 16K20.

Для изготовления детали «Втулка специальная» необходимо выбрать экономически выгодную заготовку.

Заготовкой называют исходный материал (отрезанный кусок сортового проката, отливку или поковку), из которого должна быть изготовлена заданная деталь. Чем ближе форма заготовки к форме заданной детали, тем меньше потребуется средств и времени на обработку заготовки. По размерам она больше детали на величину припуска - слоя металла, удаляемого при обработке.

В современном производстве одним из главных направлений развития технологии механической обработки есть использование черновых заготовок с конструктивными экономическими формулами, которые дают возможность использование оптимальных способов обработки, потому что повышается продуктивность работы и уменьшается себестоимость. Это направление требует повышенной точности заготовки и приближение конструктивных форм и размеров к готовой детали. Это позволяет сократить объем обработки. При выборе способа изготовления заготовки рассчитывают конфигурацию размеров и материал детали.

Деталь будет изготавливаться в трехкулачковом патроне.

Для обработки детали используем режущий инструмент: резцы и сверла. Для контроля размеров детали используем измерительный инструмент.

Деталь «Втулка специальная» будет обрабатываться за 5 операции:

- 005 Заготовительная;
- 010 Токарная;
- 015 Токарная;
- 020 Контрольная;
- 025 Фрезерная;

#### **Материалы обрабатываемой заготовки**

Данная деталь «Втулка» изготавливается из стали 20 ГОСТ11050-79

Сталь 20 – это качественная конструкционная углеродистая сталь с содержанием углерода 0,20%.

Механические свойства Стали 20:

- Твердость по Бринеллю (HB) = 207 МПа;
- Предел прочности при растяжении ( $\sigma$ ) = 590 МПа;

Сталь – это сплав железа с углеродом, где содержание углерода до 2,14%.

### Конструктивные особенности детали, требования на ее изготовление

При конструировании детали необходимо соблюдать определенные требования. Деталь должна выполнять свое назначение, при этом ее себестоимость должна быть минимальной.

При работе в агрегате деталь должна выдерживать все испытываемые нагрузки: статические, динамические и температурные. Все эти факторы необходимо учесть при разработке технологического процесса изготовления данной детали «Втулка».

Деталь «Втулка» относится к деталям вращения.

Тип детали – втулка.

1. Форма детали(несложная);
2. Тип детали – втулка;
3. Деталь – тело вращения;
4. Деталь – жесткая;

Почти все поверхности детали обрабатываются универсальным инструментом, специнструмент при обработке детали не используется.

| №  | Наименование поверхности и размер | Точность, квалитет точности | Класс шероховатости, Ra | Пределы отклонения       | Унифицировано |
|----|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------|
| 1. | Наружные размеры                  |                             |                         | $\varnothing 75^{-0,03}$ | +             |
| 2. | $\varnothing 75$                  | h14                         | 6.3-4                   | $\varnothing 60$         | —             |
| 3. | $\varnothing 60$                  | h14                         | 6.3-4                   | $\varnothing 40$         | —             |
| 1. | Длинные размеры                   | Js 14                       | 6.3-4                   | $\pm 0.215$              | —             |
| 2. | 13                                | Js 14                       | 6.3-4                   | $\pm 0.150$              | +             |
| 3. | 9                                 | Js 14                       | 6.3-4                   |                          | —             |
| 1. | Внутренние размеры                |                             |                         | -0.740                   | —             |
| 2. | 60                                | H14                         | 6.3-4                   |                          | —             |
| 3. | 44                                | H14                         | 6.3-4                   | -0.620                   | —             |
| 3. | 35                                | H14                         | 6.3-4                   |                          | —             |

### Анализ технологичности конструкции детали

Под технологичностью конструкции «детали», изделия понимают совокупность свойств конструкции, которые обеспечивают изготовление, ремонт и техническое обслуживание изделия по наиболее эффективной технологии.

Технологичность детали это возможность её изготовления с наименьшими затратами при соблюдении всех чертёжных требований.

Обязательным условием обеспечения технологичности детали в машиностроении является выполнение ряда требований ЕСТПП и отраслевых стандартов:

- создание детали таких конструктивных форм, которые позволяют применять более производительные методы механической обработки и использовать высокопроизводительное оборудование;
- обеспечение условий врезания и выхода режущего инструмента, а также хорошего доступа и контроля поверхностей детали;
- максимально возможное упрощение конструкции деталей и узлов;
- применение рациональных заготовок;
- широкое использование принципов унификации;
- технически обоснованное установление точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей.

Унификация устанавливается оптимального числа размеров процессов необходимых для удовлетворения технических характеристик изделия.

Оценка технологичности бывает качественная и количественная.

Качественную оценку технологичности конструкции деталей можно выразить словами, элюстрировать эскизами, схемами и т.д.

Для количественной оценки технологичности конструкции изделия применяют показатели:

- трудоемкость;
- материалоемкость;
- унификация элементов детали;
- требования к точности и качеству поверхностей.

Цель количественной оценки – это разработка конструкции изделия, которая обеспечивает снижение затрат, средств и времени на ее разработку.

#### **Установочные базы и способы закрепления детали**

Способ крепления заготовок для обработки иногда определяется ее конструкцией. Главным условием получения деталей требуемой точности размеров, геометрической формы и взаимного расположения обработанных поверхностей, является правильный выбор баз.

Поверхности машин, точки их сочетания, предназначенные заготовке и предназначенные для ее ориентации и измерения при обработке на станке, называют технологическими базами.

Технологические базы разделены на: установочные и измерительные.

Установочные базы - это поверхности, а также линии и точки, служащие для установки заготовок на станке и ориентирующие ее относительно режущего инструмента. Установочными базами могут быть различные поверхности заготовки (наружные и внутренние цилиндрические поверхности), а также центровые гнезда, плоскости. Для базирования заготовок при первоначальной обработке используют необработанные поверхности (черновые базы), при последующей обработке - обработанные поверхности (чистовые базы). Установочные базы делят на основные и вспомогательные.

Основные установочные базы - это поверхности, которые ориентируют заготовку (обрабатываемую деталь) на станке и определяют положение готовых деталей в машине относительно других соприкасаемых деталей при ее работе.

Вспомогательные установочные базы - это поверхности, которые используются только для установки заготовок деталей на станке, они не имеют особого значения для работы машины.

Измерительные базы - поверхности, линии или точки, от которых производят отсчет размеров.

При выборе черновых установочных баз руководствуются следующими основными правилами: базовые поверхности должны быть по возможности ровными и чистыми, не должны изменяться относительно других поверхностей. За базы рекомендуется принимать поверхности с минимальными припусками или вообще не подвергаемые обработке.

При переустановке заготовки черновые базы заменяются чистовыми.

В качестве чистовых установочных баз следует выбирать основные базы, что обеспечивает большую точность обработки (обработку следует вести с принципом постоянства баз), при этом надо стремиться совмещать установочные и измерительные базы.

Для повышения точности в самоцентрирующих патронах применяют сырые кулачки, которые протачивают непосредственно перед обработкой одной или партии заготовок. Обработка кулачков производится под нагрузкой.

Заготовку, установленную в патроне, проверяют на биение. Для этого к вращающейся заготовке подносится мел до касания ее цилиндрической поверхности. После остановки шпинделя легкими ударами молотка перемещают к центру выступающую поверхность заготовки, а затем при повторных включениях добиваются, чтобы риска на поверхности детали была почти кольцевой. После этого проверяют надежность крепления заготовки.

Соосность заготовки относительно оси вращения шпинделя более производительно проверять рейсмусом. Для этого чертилку рейсмуса подводят к проверяемой поверхности медленно вращающейся заготовки и замечают место касания. Смещением оси заготовки добиваются чтобы чертилка касалась почти всей поверхности заготовки по окружности, после чего производят окончательное закрепление. При точной выверке, предварительно обработанных заготовок, применяется индикатор.

Более длинные заготовки предварительно закрепляют в патроне и заднем центре. После поджима заготовки задним центром ее закрепляют в патроне окончательно.

При обработке партии заготовок стремятся сократить потери времени, связанные с выверкой и закреплением заготовки. Для этого применяют патроны с механизированным зажимом и установочно-зажимные или самоцентрирующиеся механизмы, обеспечивающие одновременную установку заготовки в требуемое положение и ее зажим. К таким механизмам относят цанговые, мембранные приспособления с электромагнитным, магнитным, гидро - и пневмо - приводом и другие.

Черновой базой будет выбрана поверхность 0280мм, а чистовой- 0275мм.

Приспособления предназначены для расширения возможностей станков, повышения их производительности и точности обработки заготовок, облегчения условий работы на станке.

По назначению приспособления токарных станков можно разделить на 3 группы:

1. Для закрепления обрабатываемых заготовок.
1. Для закрепления режущего инструмента (вспомогательный инструмент).
2. Специальные приспособления, расширяющие технологические возможности станков, т. е. позволяющие производить несвойственные им работы (фрезерование, сверление и т. д.).

Приспособления для закрепления режущего инструмента и заготовок должны обеспечивать быструю установку, надежность и правильность закрепления. Эти устройства должны быть удобны и безопасны в работе.

При токарной обработке наиболее часто применяются три основных способа установки на станке:

- в патроне,
- в патроне и заднем центре,
- в центрах.

Для рассмотренных выше способов установки используются токарные приспособления общего назначения: зажимные и поводковые патроны, хомутики и центры. Наибольшее распространение на практике получили зажимные трехкулачковые патроны, в которых заготовка одновременно с закреплением центрируется по оси вращения.

Для изготовления детали втулка в качестве приспособления выбран трехкулачковый самоцентрирующийся патрон с обратными кулачками.

Соосность заготовки относительно оси вращения шпинделя более производительно проверять рейсмусом. Для этого чертилку рейсмуса подводят к проверяемой поверхности медленно вращающейся заготовки и замечают место касания.

Смещением оси заготовки добиваются чтобы чертилка касалась почти всей поверхности заготовки по окружности, после чего производят окончательное закрепление. При точной выверке, предварительно обработанных заготовок, применяется индикатор.

Более длинные заготовки предварительно закрепляют в патроне и заднем центре. После поджима заготовки задним центром ее закрепляют в патроне окончательно.

При обработке партии заготовок стремятся сократить потери времени, связанные с выверкой и закреплением заготовки. Для этого применяют патроны с механизированным зажимом и установочно-зажимные или самоцентрирующиеся

механизмы, обеспечивающие одновременную установку заготовки в требуемое положение и ее зажим. К таким механизмам относят цанговые, мембранные

приспособления с электромагнитным, магнитным, гидро - и пневмо - приводом и другие.

### **Выбор типа производства**

Деталь втулка изготавливается в условиях серийного производства.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий изготовленных или ремонтируемых, периодически повторяющихся партиями и сравнительно большим объемом выпуска.

В зависимости от количества изделия в партии или серии, значение коэффициента закрепление операции различают: мелко, средне и крупно - серийное.

Коэффициент закрепления операции числа всех различных технологических операций выполненных в течении месяца к числу рабочих мест.

Коэффициент закрепления:

Для мелкосерийного производства 20-40

Для среднесерийного 10-20

Для крупносерийного 1-10

На предприятиях серийного типа производства значительная часть оборудования состоит из универсальных станков оснащенных как сборочными «УПС» приспособлениями так и универсальными, это позволяет снизить трудоёмкость и удешевить производство.

### **Разработка маршрутной технологии, выбор оборудования**

При разработке маршрутной технологии изготовления детали нужно выбрать наиболее рациональный и экономный способ обработки. Обработка деталей на металлорежущих станках должна обеспечить исполнение требований, которые предъявляются к точности, шероховатости поверхностей и взаимному расположению поверхностей.

Составляется техпроцесс обработки детали, который включает последовательный перечень операций и выбранного для каждой операции оборудования. При составлении плана обработки устанавливается последовательность выполнения технологических операций. В него должны быть включены все промежуточные контрольные, слесарные, термические и другие операции.

Выбор оборудования определяется прежде всего возможностью обеспечения требований, предъявляемых к обработанной детали в отношении точности ее размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, чистоты обработки.

Для изготовления данной детали я выбираю токарно-винторезный станок 16K20.

Таким образом, разработанная маршрутная технология изготовления детали должна обеспечить исполнение предъявляемых требований, которые обеспечивают нормальную работу агрегата, в которую входит деталь.

Техническая характеристика станка 16K20, на котором будет производиться обработка данной детали.

Наибольший диаметр, мм :

Устанавливаемой детали над станиной - 400

Устанавливаемой детали над поперечным суппортом - 200

Обрабатываемого прутка - 50

Расстояние между центрами - 710,1000,1400,2000

Наибольшая длина обтачивания, мм - 640, 930,1330, 1930

Частота вращения шпинделя, мин - 12,5 - 1600

Пределы подач, мм/об:

Продольных - 0,05 - 2,8

Поперечных - 0,025 - 1,4

Нарезаемые резьбы:

Электродвигатель :

Частота вращения, мин - 1600

### **Выбор режущего инструмента**

При работе на токарных станках используют различные режущие инструменты: резцы, сверла, развертки, метчики, плашки, фасонный инструмент.

Токарные резцы:

Резец состоит из головки и стержня, служащего для закрепления резца. Передней поверхностью резца называют поверхность, по которой сходит стружка. Задние (главная и вспомогательная) поверхности обращены к обрабатываемой заготовке. Главная режущая кромка выполняет основную работу резания. Вспомогательная режущая кромка образуется пересечением передней и вспомогательной задней поверхностей. Место пересечения главной и вспомогательной режущих кромок называют вершиной резца.

Резцы классифицируют:

- по направлению подачи - правые и левые;
- по конструкции головки - на прямые, отогнутые и оттянутые;
- по роду материала- из быстрорежущей стали и твердого сплава;
- по способу изготовления- на цельные и составные;
- по виду обработки- на проходные, подрезные, отрезные, прорезные, расточные, фасонные, резьбовые и др.

Выбор режущего инструмента для изготовления детали обуславливается характером обработки, заданным материалом обрабатываемой заготовки и количеством деталей.

Режущие инструменты должны обеспечивать высокую производительность труда при соблюдении технических требований к качеству и точности обрабатываемой детали.

Режущие инструменты изготавливаются из специальных инструментальных материалов, которые обладают высокими режущими свойствами. Для этой цели применяются быстрорежущие стали и твердые сплавы.

Наиболее применяемые марки быстрорежущих сталей- Р6М5 и Р6МЗ, это железоуглеродистые сплавы с добавлением вольфрама и молибдена.

Из твердых сплавов наиболее широко применяются вольфрамовые /ВК/, состоящие из карбида вольфрама и кобальта, и титановольфрамовые /ТК/, содержащие карбид титан, карбид вольфрама и кобальт, как связующее вещество.

Вольфрамовые сплавы рекомендуется применять для обработки чугуна и цветных металлов, а титановольфрамовые - для обработки сталей.

Резец состоит из головки и тела или стержня. Головка - рабочая /режущая/ часть резца. Стержень предназначен для закрепления резца. Устанавливают резец по центру и перпендикулярно оси детали.

Для проверки правильности установки применяют шаблон. Его прикладывают к пиноли задней бабки и вводят резец в вырез шаблона, если просвета нет, то резец установлен правильно.

Режущая часть резцов изготовлена из твердого сплава Т15К6 - это твердый сплав, который содержит 6%-кобальта, 15%- карбид титана, а остальное-79%-карбид вольфрама.

Для обработки детали выбираем следующий режущий инструмент:

1. Резец проходной отогнутый - Т15К6-ГОСТ 18868-73
2. Резец проходной упорный - Т15К6-ГОСТ 18879-73
3. Резец расточной упорный- Т15К6 -ГОСТ 18879-73
4. Резец канавочный внутренний- Т15К6 - ГОСТ- 18879-73
5. Сверло Ø10 Р6М5;
6. Сверло Ø20 Р6М5;
7. Фасонный резец R5
8. Центровка Ø3 Р6М5;

Проходным отогнутым резцом выполняют подрезку торца при поперечной подаче. Упорным - обтачивание диаметра при продольной подаче резца. Расточным резцом растачивают

отверстие, канавочным резцом вытачивают канавки. Резцы должны устанавливаться точно по оси детали, иначе при подрезании торца остается выступ. При большом диаметре торцевой поверхности припуск снимают с поперечной подачей за несколько ходов. Уступы более 2-3мм подрезают проходными отогнутыми резцами в несколько приемов

### **Выбор рациональных режимов резания**

Выбор рациональных режимов резания при наружном точении, заготовка Ø 54мм, материал Сталь 45, ГОСТ 1050-88. Механические свойства обработки материала: HB=241МПа,  $\sigma = 610$ МПа, D=52мм, d=48мм.

Резец проходной упорный Т15К6, стойкость резца E = 90 мин.,  $\alpha = 90^\circ$ . Обрабатываемая поверхность загрязнена, класс шероховатости Ra 6.3.

1. Припуск на обработку Ø 54мм, L = 68мм;
2. Определяем глубину резания  $t = 7$ ;
3. Выбор подачи резания:  $S_{\text{черн}} = 0,4 - 0,7$  мм/об,  $S_{\text{чист}} = 0,4 - 0,55$  мм/об;
4. Выбор скорости резания:  $V_{\text{табл. черн.}} = 166$ м/мин,  $V_{\text{табл. чист.}} = 199-222$ м/мин;
5. Поправочные коэффициенты:  $K_1 = 0,92$ ;  $K_2 = 1-1,15$ ;  $K_3 = 0,5-0,85$ ;  $K_4 = T15K6 = 1$ ;  $K_5 = T15K6 = 0,92$ ;  $V_{p(\text{черн})} = 166 \cdot 0,92 \cdot 1,15 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1 = 88$ м/мин;  $V_{p(\text{чист})} = 220 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 0,92 = 117$ м/мин;

6. Частота вращения шпинделя: (об/мин);

черн = 400 об/мин ; чист = 533 об/мин.

### **Выбор измерительного инструмента**

В производственном процессе по характеру использования все средства измерения могут быть разбиты на три группы: меры, измерительные приборы и инструменты, калибры. Наиболее распространенным измерительным инструментом для измерения деталей после черновой и получистовой обработки является штангенциркуль типа ШЦ-1 с точностью измерения 0,1мм. Характерной особенностью штангенциркулей является наличие линейного нониуса и глубиномера.

Для обеспечения выпуска качественных деталей важное значение имеет рациональный выбор измерительного инструмента. Его выбор зависит от типа производства, применяемого оборудования, требуемой точности, формы и длины измеряемой поверхности.

В условиях единичного производства обычно применяют универсальный измерительный инструмент - штангенциркуль.

В массовом и крупносерийном производстве широко применяют для контроля размеров, формы и взаимного расположения поверхностей специальные измерительные инструменты, приборы, автоматические устройства, шаблоны и разные калибры.

Калибры и шаблоны являются мерным инструментом без шкалы, поэтому применение их повышает производительность. Калибры для контроля валов - скобы. Проходная сторона (ПР) имеет размер, равный наибольшему предельному размеру вала, а непроходная (НЕ) - наименьшему предельному размеру вала. Скобы бывают регулируемые и нерегулируемые.

Калибры для контроля отверстий- пробки с ПР- проходной и НЕ- непроходной сторонами.

Для качественного изготовления моей детали необходимы следующие измерительные инструменты:

- штангенциркуль ШЦ-1 с точностью измерения 0,1 мм ;
- штангенциркуль ШЦ-3 с точностью измерения 0,05мм;
- микрометр с точностью измерения 0,01мм;

микрометрический штихмас с точностью измерения

### **Охрана труда**

#### **Требования безопасности на предприятии**

Основные механические средства безопасности подразделяют на средства коллективной и индивидуальной защиты.

Средства коллективной защиты включают в себя: оградительные, предохранительные, тормозные устройства, сигнализацию об опасности, разрывах, габариты безопасности и другое.

Средства индивидуальной защиты предназначены для защиты рабочего от опасных и вредных факторов внешней среды. Рабочему выдают средство бесплатно в соответствии с

действующими нормами. К ним относят защитные очки, наголовные щитки, которые предохраняют от ранения и травм глаза, лицо от разлетающейся стружки и осколков инструмента.

Спецодежда предохраняет рабочего от вредного воздействия внешней среды, от ожогов и ранений. В целях безопасности и охраны труда на предприятиях существуют службы, которые проводят вводные инструктажи, обучают вновь поступающих на работу безопасным методам труда, пропагандируют мероприятия по технике безопасности, организуют занятия по охране труда, участвуют в расследовании несчастных случаев и других мероприятий вытекающих из особенностей работы предприятия.

Вводный инструктаж проводят для вновь поступивших на работу не зависимо от его трудового стажа.

Первичный инструктаж проводится перед допуском к выполнению работ, его проводят для вновь поступивших на работу, а также для тех, кто переведен из другого цеха с одной работы на другую.

Повторный инструктаж проводят для рабочих (на рабочем месте) вне зависимости от профессии и срока работы, установленными правилами.

Внеочередной инструктаж проводят в тех случаях, когда изменяются условия труда, при внедрении нового технологического оборудования, нарушения работниками правил техники безопасности, при несчастных случаях.

Безопасные условия труда на рабочем месте обеспечиваются ограждением рабочих зон станка, средствами безопасности при подготовке его к работе и соблюдении рабочих требований техники безопасности и гигиены труда.

### **Организация рабочего места**

Рабочим местом называется часть производственной площади цеха, на которой размещается один или несколько станочников и обслуживаемая ими единица технологического оснащения, а так же предмета производства.

Планирование рабочего места токаря зависит от габаритных размеров и назначения станка, а также типа производства.

В условиях единичного и серийного производства на рабочем месте устанавливают инструментальные шкафы и стеллажи. Заготовки и детали располагают на стеллажах, в ящиках. Причем большинство на нижних полках. На пол перед станком устанавливают деревянную решетку. Рабочее место содержат в чистоте, поскольку грязь и беспорядок приводят к потере рабочего времени, браку и несчастным случаям. Пол на рабочем месте должен быть равномерным и чистым, без потеков масла и СОЖ.

Перед началом работы все предметы, которые берутся правой рукой, размещаются справа, а те, что левой – слева. Предметы, которые используют чаще (ключ патрона) кладут ближе, чем предметы, которые используют реже (ключ резцедержателя). Чаще используемые ключи кладут на лоток, который находится на резиновом коврике на передней бабке.

### **Пожарная безопасность**

Обеспечение пожарной безопасности на предприятии, закладывается при планировании зданий и сооружений на территории предприятия размещаются с соблюдением требований норм пожарной безопасности.

Производственные и вспомогательные помещения оборудуются запасными выходами для эвакуации работников. Во всех производственных и вспомогательных помещениях должны быть вывешены схемы эвакуации людей и ценных предметов в случае пожара. При этом одним из обязательных условий является кратчайшее расстояние от рабочего места до выхода, а так же обязательное выполнение требований инструкций по порядку эвакуации из помещения в случае пожара.

При работе на металлорежущих станках необходимо соблюдать инструкции по обработке материалов, которые создают в воздухе концентрацию пылевой взрывоопасной смеси.

Быстрое обнаружение возгорания и немедленное сообщение об этом мастеру и пожарной дружке является важным условием своевременного ограничения распространения и ликвидации пожара. Для сообщения о пожаре на предприятиях служат специальные системы сигнализации и телефонной связи.

## **Электробезопасность**

Все случаи травмирования человека электрическим током делят на две основные группы:

1. Поражение внутреннего характера, так называемый «Электрический удар».
2. Внешние, местные травмы – ожоги, металлизация кожи, «Электрические знаки».

Для защиты человека от поражения электрическим током имеются различные методы и средства, которые применяют в зависимости от обслуживания оборудования. Средства защиты делят на общие и специальные для электрического персонала.

К общим средствам относятся ограждения, изоляция токоведущих частей и проводов, устройство размещения токоведущих проводов на недоступной высоте или защитных ограждениях. Защитное заземление – обязательное электрическое соединение с системой защитного заземления или зануления завода, с которой электрически соединены все металлические элементы электрооборудования станка не несущие ток (корпус, кожус, шкаф и т.д.). В случае попадания рабочего под электрическое напряжение нужно меть оказать рабочему первую медицинскую помощь и при этом самому избежать поражения электрическим током.

При поражении электрическим током необходимо:

Выключить рубильник, снять предохранитель соответствующий цепи проводов, отделить пострадавшего от токоисточников, не прикасаясь к открытым частям тела пострадавшего. При этом оказывающий помощь должен стоять на сухой деревянной доске, избегая прикосновения с окружающими металлическими предметами. Немедленно сообщить мастеру и вызвать врача.

Защитное заземление - преднамеренное электрическое соединение с землей или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Назначение защитного заземления - устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования, т.е. при замыкании на корпус.

Принцип действия защитного заземления - снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус. Это достигается уменьшением потенциала заземленного оборудования, а также выравниванием потенциалов за счет подъема потенциала основания, на котором стоит человек, до потенциала, близкого по назначению к потенциалу заземленного оборудования.

Область применения защитного заземления - трехфазные трехпроводные сети напряжением до 1000В с изолированной нейтралью и выше 1000В с любым режимом нейтрали.

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя - металлических проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей, и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части электроустановки с заземлителем. Различают два типа заземляющих устройств: выносное и контурное.

Выносное заземляющее устройство характеризуется тем, что заземлитель его вынесен за пределы площадки, на которой размещено заземляемое оборудование, или сосредоточен на некоторой части этой площадки.

Данный тип заземляющего устройства применяют лишь при малых значениях тока замыкания на землю и, в частности, в установках напряжением до 1000В, где потенциал заземлителя не превышает допустимого напряжения прикосновения. Преимуществом такого типа заземляющего устройства является возможность выбора места размещения электродов с наименьшим сопротивлением грунта.

Контурное заземляющее устройство характеризуется тем, что его одиночные заземлители размещают по контуру площадки, на которой находится заземляемое оборудование, или распределяют по всей площадке по возможности равномерно.

Безопасность при контурном заземлителе обеспечивается выравниванием потенциала на защищаемой территории путем соответствующего размещения одиночных заземлителей.

Внутри помещений выравнивание потенциала происходит естественным путем через металлические конструкции, трубопроводу, кабели и подобные им проводящие предметы, связанные с разветвленной сетью заземления. 47

Защитному заземлению подлежат металлические нетоковедущие части оборудования, которые из-за неисправности изоляции могут оказаться под

напряжением и к которым возможно прикосновение людей. При этом в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных по условиям поражения током, а также в наружных установках заземление является обязательным при номинальном напряжении электроустановки выше 42В переменного и выше 110В постоянного тока, а в помещениях без повышенной опасности - при напряжении 380В и выше переменного и 440В и выше постоянного тока. Лишь во взрывоопасных помещениях заземление выполняется независимо от назначения установки.

Различают заземлители искусственные, предназначенные исключительно для целей заземления, и естественные - находящиеся в земле металлические предметы для иных целей.

Для искусственных заземлителей применяют вертикальные и горизонтальные электроды. В качестве вертикальных электродов используют стальные трубы диаметром 3... 5см и стальные уголки размером от 40\*60 до 60\*60мм и длиной 2,5...,м.

В качестве естественных заземлителей можно использовать: проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов, а также трубопроводов, покрытых изоляцией для защиты от коррозии. Естественные заземлители обладают, как правило, малым сопротивлением растеканию тока, и поэтому использование их для целей заземления дает большую экономию. Недостатками естественных заземлителей является доступность их неэлектротехническому персоналу и возможность нарушения непрерывности соединения протяженных заземлителей.

Защитное зануление - преднамеренное соединение открытых токопроводящих частей с глухозаземленной нейтралью в сетях трехфазного тока или с глухозаземленным выводом источника в сетях однофазного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Принцип действия - превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание с целью вызвать большой ток короткого замыкания, способный обеспечить срабатывание токовой защиты и тем самым быстро автоматически отключить поврежденную установку от питающей сети.

В электроустановках напряжением до 1кВ с заземленной нейтралью трансформаторов или генераторов применяют систему, в которой металлические корпуса приемников электроэнергии с помощью защитных проводников малого сопротивления преднамеренно соединены с заземленной нейтралью. Наличие такого соединения превращает замыкание токоведущих частей на корпус электроустановки при коротком замыкании, в следствие чего происходит отключение аварийного участка автоматическим выключателем или предохранителем. Такая система носит названия зануления, и предназначена для автоматического отключения участка сети на котором произошло короткое замыкание, находящихся под напряжением проводников на металлические части установки. Зануление должно обеспечивать:

1. В установках с изолированной нейтралью - безопасный ток, проходящий через тело человека, при замыкании фазы сети на заземленные части.

2. В установках с заземленной нейтралью - автоматическое отключение поврежденных участков сети.

Занулению подлежат корпуса электромашин, трансформаторов, светильников; привода электроаппаратов; вторичные обмотки трансформаторов, каркас распределительных щитов, металлические конструкции РУ, кабельные конструкции, стальные трубы электропроводки и т.д.

Защитное отключение— быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки напряжением до 1000В при возникновении в ней опасности поражения электрическим током. Такая опасность может возникнуть при замыкании фазы на корпус, снижении сопротивления изоляции ниже определенного значения и в случае прикосновения человека к находящейся под напряжением токоведущей части.

В таких ситуациях мерой защиты может быть лишь быстрое отключение соответствующего участка электросети в целях разрыва цепи тока через человека. Время срабатывания современных устройств защитного отключения (УЗО) не превышает 0,03—0,04 с. При уменьшении времени протекания тока через человека снижается опасность поражения. Так, в бытовых электроустановках переменного тока частотой 50 Гц напряжением до 1000 В

практически безопасным можно считать действие напряжения прикосновения 100, 200 и 220 В соответственно в течение 0,2, 0,1 и 0,01—0,03 с. УЗО применяют в сетях любого напряжения и с любым режимом нейтрали, хотя наиболее они распространены в сетях напряжением до 1000 В.

В сетях с заземленной нейтралью УЗО обеспечивают безопасность при замыкании фазы на корпус и при снижении сопротивления изоляции сети ниже некоторого значения, а в сетях с изолированной нейтралью — еще и безопасность прикосновения человека к находящейся под напряжением токоведущей части электроустановки. Однако эти свойства также зависят от типа УЗО и параметров электроустановки. Различают несколько типов УЗО в зависимости от входных величин, на которые они реагируют: потенциал корпуса электроустановки, ток замыкания на землю, напряжение нулевой последовательности, ток нулевой последовательности, напряжение фазы относительно земли, оперативный ток.

Защитное отключение — быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки напряжением до 1000 В при возникновении в ней опасности поражения электрическим током. Такая опасность может возникнуть при замыкании фазы на корпус, снижении сопротивления изоляции ниже определенного значения и в случае прикосновения человека к находящейся под напряжением токоведущей части.

В таких ситуациях мерой защиты может быть лишь быстрое отключение соответствующего участка электросети в целях разрыва цепи тока через человека. Время срабатывания современных устройств защитного отключения (УЗО) не превышает 0,03—0,04 с. При уменьшении времени протекания тока через человека снижается опасность поражения. Так, в бытовых электроустановках переменного тока частотой 50 Гц напряжением до 1000 В практически безопасным можно считать действие напряжения прикосновения 100, 200 и 220 В соответственно в течение 0,2, 0,1 и 0,01—0,03 с. УЗО применяют в сетях любого напряжения и с любым режимом нейтрали, хотя наиболее они распространены в сетях напряжением до 1000 В.

В сетях с заземленной нейтралью УЗО обеспечивают безопасность при замыкании фазы на корпус и при снижении сопротивления изоляции сети ниже некоторого значения, а в сетях с изолированной нейтралью — еще и безопасность прикосновения человека к находящейся под напряжением токоведущей части электроустановки. Однако эти свойства также зависят от типа УЗО и параметров электроустановки. Различают несколько типов УЗО в зависимости от входных величин, на которые они реагируют: потенциал корпуса электроустановки, ток замыкания на землю, напряжение нулевой последовательности, ток нулевой последовательности, напряжение фазы относительно земли, оперативный ток.

## **Практическое занятие №21**

### **Разработка операции механической обработки**

**Цель:** научиться разрабатывать операционную технологию на токарные работы и заполнять технологическую документацию: операционную карту и карту эскизов.

#### **Краткие теоретические сведения**

Порядок разработки операционной технологии:

- выполнение эскиза обработки;
- разработка содержания операции;
- выбор оборудования;

- выбор приспособления;
- выбор режущего инструмента;
- выбор вспомогательного инструмента;
- выбор контрольно-измерительного инструмента.

При выполнении эскиза обработки необходимо:

- выделить обрабатываемую поверхность;
- проставить размеры и шероховатость поверхности;
- обозначить обрабатываемую поверхность

Содержание токарной операции разрабатывается в таком виде:

- точить поверхность, выдерживая размеры 1, 2;
- подрезать уступ, выдерживая размер 1;
- снять фаску, выдерживая размер 1;
- подрезать торец, выдерживая размер 1;
- точить канавку, выдерживая размеры 1, 2;
- нарезать резьбу, выдерживая размеры 1, 2;
- отрезать деталь, выдерживая размер 1;
- центрировать торец, выдерживая размеры 1, 2
- расточить отверстие, выдерживая размеры 1, 2.

Выбор оборудования и необходимого технологического оснащения зависит от типа производства.

Разработку операционной технологии для токарной операции можно проводить, используя таблицу 1.

Таблица 1

| Оборудование и<br>техоснастка | Тип производства                  |                                    |                                                  |
|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                               | единичное                         | серийное                           | массовое                                         |
| 1 Выбор<br>оборудования       | Токарно-<br>винторезный<br>станок | Токарно-<br>револьверный<br>станок | Токарный<br>многошпиндельный<br>горизонтальный и |

|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               | Токарно-карусельный станок                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Токарный станок с ЧПУ<br>Токарный одношпиндельный многорезцовый копировальный станок              | вертикальный полуавтомат<br>Токарный многошпиндельный горизонтальный и вертикальный автомат<br>Токарно-револьверный автомат                                                                                                                                                                                                                       |
| 2 Выбор приспособления                        | Патрон трехкулачковый самоцентрирующий ГОСТ 2675-80<br>Патрон поводковый специальный + Центр вращающийся ГОСТ 8742-75 + Центр неподвижный ГОСТ 13214-79                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                   | Патрон кулачковый с пневмоприводом специальный<br>Патрон цанговый специальный                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3 Выбор режущего инструмента                  | Резец токарный:<br>- проходной отогнутый ГОСТ 18877-83;<br>- проходной прямой ГОСТ 18878-83;<br>- проходной упорный ГОСТ 18879-83;<br>- подрезной ГОСТ 18880-83;<br>- расточной проходной ГОСТ 18882-83;<br>- расточной упорный ГОСТ 18883-83;<br>- отрезной ГОСТ 18884-83;<br>- резьбовой ГОСТ 18885-83;<br>- канавочный специальный;<br>- прорезной специальный |                                                                                                   | Резец токарный:<br>- проходной отогнутый специальный;<br>- проходной прямой специальный;<br>- проходной упорный специальный;<br>- подрезной специальный;<br>- расточной проходной специальный;<br>- расточной упорный специальный;<br>- отрезной специальный;<br>- резьбовой специальный;<br>- канавочный специальный;<br>- прорезной специальный |
| 4 Выбор вспомогательного инструмента          | Резцедержатель четырехпозиционный специальный<br>Диск инструментальный специальный (для токарных станков с ЧПУ)                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                   | Державка специальная                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 5 Выбор контрольно-измерительного инструмента | ШЦ I-125-0,1 ГОСТ 166-89                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Калибр-скоба Ø40. <sub>0,1</sub> ГОСТ 18362-73<br>Калибр-пробка Ø40 <sup>+0,1</sup> ГОСТ 14810-69 | Шаблон 10±0,01 специальный<br>Калибр-скоба Ø40. <sub>0,1</sub> специальная<br>Калибр-пробка Ø40 <sup>+0,1</sup>                                                                                                                                                                                                                                   |

|  |  |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                      |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Калибр-пробка<br>резьбовая М10×1-<br>7Н ГОСТ 17758-72<br><br>Калибр-кольцо<br>резьбовое М10×1-<br>7g ГОСТ 17763-72<br><br>Калибр-скоба<br>110±0,1 ГОСТ<br>18356-73 | специальная<br><br>Калибр-пробка резьбовая<br>М10×1-7Н специальная<br><br>Калибр-кольцо резьбовое<br>М10×1-7g специальная<br><br>Калибр-скоба 110±0,1<br>специальная |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Задания на практическую работу

Разработать операционную технологию на токарную операцию.

Результаты разработки операционной технологии занести в таблицу 1.

Заполнить технологическую документацию: операционную карту и карту эскизов.

**Таблица 1 – Операционная технология**

| Порядок разработки                            | Содержание                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Выбор базовых поверхностей                  | <b>Примечание:</b> на эскизе нужно:<br>- обозначить базирование условными значками;<br>- выделить обрабатываемую поверхность жирно;<br>- проставить размеры и шероховатость поверхности;<br>- обозначить обрабатываемую поверхность кружочком с цифрой |
| 2 Разработка содержания операции              |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3 Выбор оборудования                          |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 4 Выбор приспособления                        |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 5 Выбор режущего инструмента                  |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 6 Выбор вспомогательного инструмента          |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 7 Выбор контрольно-измерительного инструмента |                                                                                                                                                                                                                                                        |

Таблица 2 – Варианты заданий

| №  | Тип<br>производства | Деталь | Содержание<br>операции             | Заготовка | Материал                  | Масса<br>детали,<br>кг |
|----|---------------------|--------|------------------------------------|-----------|---------------------------|------------------------|
| 1  | Массовый            | Вал    | Точить Ø60 мм                      | Отливка   | СЧ 15 ГОСТ<br>1412-85     | 0,62                   |
| 2  | Серийный            | Втулка | Расточить отверстие<br>Ø40 мм      | Прокат    | Сталь 45<br>ГОСТ 1050-88  | 3,5                    |
| 3  | Крупносерийный      | Вал    | Центровать торец                   | Штамповка | Сталь 40Х<br>ГОСТ 4543-71 | 7,3                    |
| 4  | Массовый            | Вал    | Подрезать уступ на<br>Ø90 мм       | Отливка   | СЧ 15 ГОСТ<br>1412-85     | 1,8                    |
| 5  | Серийный            | Вал    | Подрезать торец на<br>Ø110 мм      | Прокат    | Сталь 45<br>ГОСТ 1050-88  | 0,95                   |
| 6  | Крупносерийный      | Вал    | Снять фаску 1×45°                  | Штамповка | Сталь 40Х<br>ГОСТ 4543-71 | 2,2                    |
| 7  | Массовый            | Втулка | Снять фаску 1,5×45°<br>в отверстии | Отливка   | СЧ 15 ГОСТ<br>1412-85     | 4,7                    |
| 8  | Серийный            | Вал    | Точить коническую<br>поверхность   | Прокат    | Сталь 45<br>ГОСТ 1050-88  | 5,1                    |
| 9  | Крупносерийный      | Вал    | Точить канавку                     | Штамповка | Сталь 40Х<br>ГОСТ 4543-71 | 8,7                    |
| 10 | Массовый            | Вал    | Нарезать резьбу<br>М20×1,5-6g      | Отливка   | СЧ 15 ГОСТ<br>1412-85     | 4,6                    |
| 11 | Серийный            | Втулка | Расточить<br>внутреннюю<br>канавку | Прокат    | Сталь 45<br>ГОСТ 1050-88  | 1,1                    |
| 12 | Крупносерийный      | Втулка | Нарезать резьбу<br>М20×1,5-6Н      | Штамповка | Сталь 40Х<br>ГОСТ 4543-71 | 2,04                   |
| 13 | Серийный            | Вал    | Точить Ø60 мм                      | Отливка   | СЧ 15 ГОСТ<br>1412-85     | 1,79                   |
| 14 | Крупносерийный      | Втулка | Расточить отверстие<br>Ø40 мм      | Прокат    | Сталь 45<br>ГОСТ 1050-88  | 3,76                   |
| 15 | Массовый            | Вал    | Центровать торец                   | Штамповка | Сталь 40Х<br>ГОСТ 4543-71 | 0,89                   |
| 16 | Серийный            | Вал    | Подрезать уступ на<br>Ø90 мм       | Отливка   | СЧ 15 ГОСТ<br>1412-85     | 0,62                   |
| 17 | Крупносерийный      | Вал    | Подрезать торец на<br>Ø110 мм      | Прокат    | Сталь 45<br>ГОСТ 1050-88  | 3,5                    |

|    |                |        |                                    |           |                           |      |
|----|----------------|--------|------------------------------------|-----------|---------------------------|------|
| 18 | Массовый       | Вал    | Снять фаску 1×45°                  | Штамповка | Сталь 40Х<br>ГОСТ 4543-71 | 7,3  |
| 19 | Серийный       | Втулка | Снять фаску 1,5×45°<br>в отверстии | Отливка   | СЧ 15 ГОСТ<br>1412-85     | 1,8  |
| 20 | Крупносерийный | Вал    | Точить коническую<br>поверхность   | Прокат    | Сталь 45<br>ГОСТ 1050-88  | 0,95 |
| 21 | Массовый       | Вал    | Точить канавку                     | Штамповка | Сталь 40Х<br>ГОСТ 4543-71 | 2,2  |
| 22 | Серийный       | Вал    | Нарезать резьбу<br>М20×1,5-6g      | Отливка   | СЧ 15 ГОСТ<br>1412-85     | 4,7  |
| 23 | Крупносерийный | Втулка | Расточить<br>внутреннюю<br>канавку | Прокат    | Сталь 45<br>ГОСТ 1050-88  | 5,1  |
| 24 | Массовый       | Втулка | Нарезать резьбу<br>М20×1,5-6Н      | Штамповка | Сталь 40Х<br>ГОСТ 4543-71 | 8,7  |
| 25 | Крупносерийный | Вал    | Точить Ø60 мм                      | Отливка   | СЧ 15 ГОСТ<br>1412-85     | 4,6  |
| 26 | Массовый       | Втулка | Расточить отверстие<br>Ø40 мм      | Прокат    | Сталь 45<br>ГОСТ 1050-88  | 1,1  |
| 27 | Массовый       | Вал    | Центровать торец                   | Штамповка | Сталь 40Х<br>ГОСТ 4543-71 | 2,04 |
| 28 | Серийный       | Вал    | Подрезать уступ на<br>Ø90 мм       | Отливка   | СЧ 15 ГОСТ<br>1412-85     | 1,79 |
| 29 | Массовый       | Вал    | Подрезать торец на<br>Ø110 мм      | Прокат    | Сталь 45<br>ГОСТ 1050-88  | 3,76 |
| 30 | Массовый       | Вал    | Снять фаску 1×45°                  | Штамповка | Сталь 40Х<br>ГОСТ 4543-71 | 0,89 |

Последовательность выполнения задания

Практическое задание выполняется по вариантам. Номер варианта соответствует порядковому номеру в журнале группы.

1 Разработать операционную технологию на токарную операцию:

- 1) выполнить эскиза обработки;
- 2) разработать содержания операции;
- 3) выбрать оборудования;
- 4) выбрать приспособления;

- 5) выбрать режущего инструмента;
- 6) выбрать вспомогательного инструмента;
- 7) выбрать контрольно-измерительного инструмента.
- 2 Результаты разработки операционной технологии занести в таблицу 1.
- 3 Заполнить операционную карту.
- 4 Заполнить карту эскизов.

## **Практическое занятие №22**

### **Составление маршрута обработки на типовую деталь типа: вал, шестерня и др.**

Цель работы: освоить основы разработки типового маршрута изготовления деталей типа вал, шестерня и др..

#### **Порядок выполнения работы.**

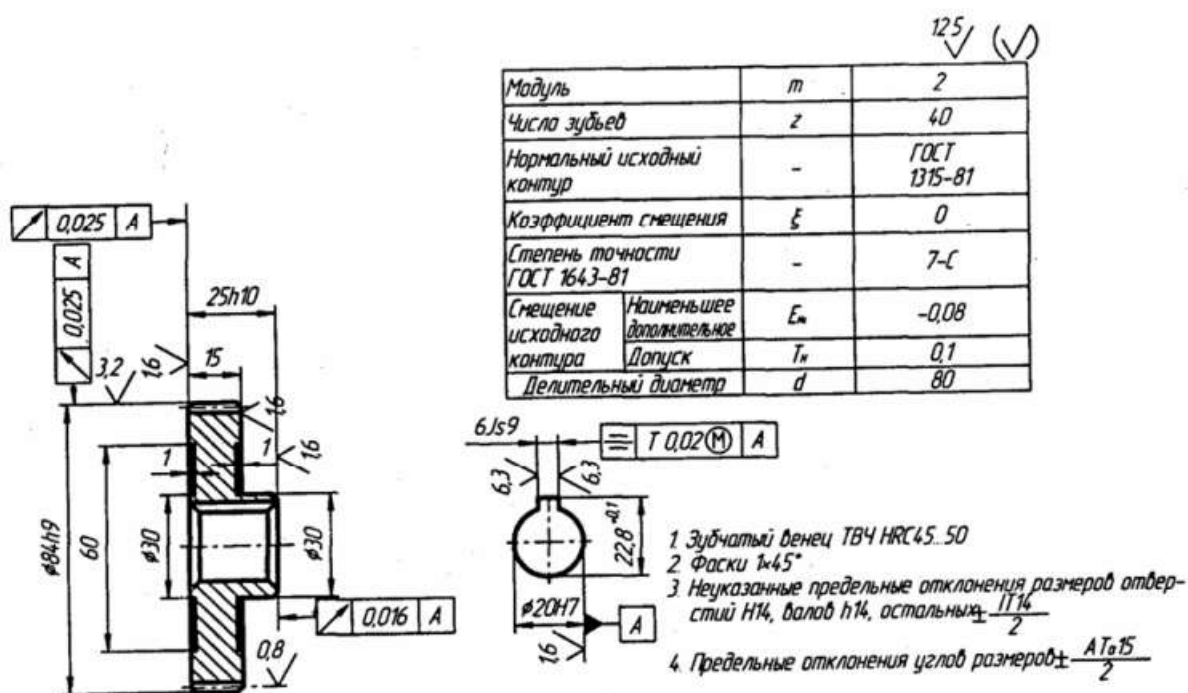
1. Ознакомьтесь с конструкцией предложенной преподавателем детали.
2. Назовите метод получения заготовки для изготовления детали
3. Определите цель выполнения первой операций, схему базирования заготовки на операции, метод обработки полученной поверхности, применяемый инструмент и станочное оборудование.
4. Выявите состав и последовательность технологических переходов, которые выполнялись на второй операции. Определите вид режущего инструмента, который применялся на каждом технологическом переходе, затем установите тип станочного оборудования, на котором выполнялась вторая операция.
5. Аналогично, необходимо определите цель выполнения всех последующих операций, схему базирования заготовки на операции, методы обработки полученных поверхностей, применяемый инструмент и станочное оборудование.

Содержание отчета по работе.

Отчет по работе должен включать технологические эскизы обработки детали на выполняемых операциях. На эскизах следует указать схему базирования, получаемые операционные размеры, применяемое оборудование и режущий инструмент.

## Разработка технологического процесса изготовления детали диск

| №   | Содержание технологической операции | Технологический эскиз с указанием схемы базирования | Оборудование, приспособление и инструмент |
|-----|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1   |                                     |                                                     |                                           |
| ... |                                     |                                                     |                                           |



Типовой маршрут изготовления зубчатых колес

Основные операции механической обработки зубчатого колеса со ступицей 7-й степени точности (рис. 63) следующие.

005 Заготовительная.

Для заготовок из проката – резка проката, для штампованных заготовок – штамповка.

Штампованные заготовки целесообразно выполнять с прошитыми отверстиями, если их диаметр более 30 мм и длина не

более 3-х диаметров.

Заготовки из чугуна и цветных сплавов (иногда из сталей) получают литьем.

010 Токарная.

Точить торец обода и торец ступицы с одной стороны начерно, точить наружную поверхность обода до кулачков патрона начерно, расточить начерно на проход отверстие (или сверлить и расточить при отсутствии отверстия в заготовке),

точить наружную поверхность ступицы начерно, точить фаски.

Технологическая база – наружная поверхность обода и торец, противолежащий ступице (закрепление в кулачках токарного патрона).

Оборудование: единичное производство – токарно-винторезный станок; мелко- и среднесерийное – токарноревольверный, токарный с ЧПУ; крупносерийное и массовое – одношпиндельный или многошпиндельный токарный полуавтомат (для заготовки из прутка – прутковый автомат).

Рис. 63 Цилиндрическое зубчатое колесо с односторонней ступицей

015 Токарная.

Точить базовый торец обода (противолежащий ступице) начерно, точить наружную поверхность обода на оставшейся

части начерно, расточить отверстие под шлифование, точить фаски.

Технологическая база – обработанные поверхности обода и большего торца (со стороны ступицы).

Оборудование – то же (см. операцию 010).

020 Протяжная (долбежная).

Протянуть (долбить в единичном производстве) шпоночный паз или шлицевое отверстие.

Технологическая база – отверстие и базовый торец колеса.

Оборудование – горизонтально-протяжной или долбежный станки.

Применяются варианты чистового протягивания отверстия на данной операции вместо чистового растачивания на предыдущей операции.

025 Токарная.

Точить базовый и противолежащие торцы, наружную поверхность венца начисто.

Технологическая база – поверхность отверстия (реализуется напрессовкой на оправку, осевое положение на оправке

фиксируется путем применения подкладных колец при запрессовке заготовки). Необходимость данной операции вызывается требованием обеспечения соосности поверхностей вращения колеса.

Оборудование – токарно-винторезный (единичное производство), токарный с ЧПУ (серийное) или токарный многорезцовый

полуавтомат.

030 Зубофрезерная.

Фрезеровать зубья начерно (обеспечивается 8-я степень точности).

Технологическая база – отверстие и базовый торец (реализуется оправкой и упором в торец).

Оборудование – зубофрезерный полуавтомат.

035 Зубофрезерная.

Фрезеровать зубья начисто (обеспечивается 7-я степень точности).

040 Шевинговальная.

Шевинговальная операция повышает на единицу степень точности зубчатого колеса. Операции применяют для термообрабатываемых колес с целью уменьшения коробления зубьев, так как снимается поверхностный наклепанный слой после фрезерования.

Технологическая база – отверстие и базовый торец (реализуется оправкой).

Оборудование – зубошевинговальный станок.

045 Термическая.

Калить заготовку или зубья (ТВЧ) или цементировать, калить и отпустить – согласно техническим требованиям. Наличие упрочняющей термообработки, как правило, приводит к снижению точности колеса на одну единицу.

050 Внутришлифовальная.

Шлифовать отверстие и базовый торец за один установ. Обработка отверстия и торца за один установ обеспечивает их

наибольшую перпендикулярность.

Технологическая база – рабочие эвольвентные поверхности зубьев (начальная окружность колеса) и торец, противолежащий базовому. Реализация базирования осуществляется специальным патроном, у которого в качестве установочных элементов используют калибровочные ролики или зубчатые секторы. Необходимость такого базирования вызвана требованием

обеспечения равномерного съема металла и зубьев при их последующей отделке с базированием по отверстию на оправке.

Оборудование – внутришлифовальный станок.

При базировании колеса на данной операции за наружную поверхность венца для обеспечения соосности поверхностей

вращения необходимо ввести перед или после термообработки круглошлифовальную операцию для шлифования наружной

поверхности венца и торца, противолежащего базовому (желательно за один установ на оправке).

Технологическая база – отверстие и базовый торец.

Оборудование – круглошлифовальный или торцекруглошлифовальный станки.

Необходимость отделки наружной поверхности венца колеса часто вызывается также и тем, что контроль основных

точностных параметров зубьев производится с использованием этой поверхности в качестве измерительной базы.

055 Плоскошлифовальная.

Шлифовать торец, противолежащий базовому (если необходимо по чертежу).

Технологическая база – базовый торец.

Оборудование – плоскошлифовальный станок с прямоугольным или круглым столом.

060 Зубошлифовальная.

Шлифовать зубья.

Технологическая база – отверстие и базовый торец.

Оборудование – зубошлифовальный станок (обработка обкаткой двумя тарельчатыми или червячным кругами или копированием фасонным кругом). При малом короблении зубьев при термообработке (например, при азотировании вместо цементации) операция зубошлифования может быть заменена зубохонингованием или вообще отсутствовать.

Наличие зубошлифовальной или зубохонинговальной операции определяется наличием и величиной коробления зубьев

при термообработке. Двукратное зубофрезерование и шевингование зубьев до термообработки может обеспечить 6-ю степень точности. При потере точности во время термообработки на одну степень конечная 7-я степень точности будет достигнута. Введение отделочной операции зубошлифования или зубохонингования необходимо только при уменьшении точности

колеса при термообработке больше, чем на одну степень.

065 Контрольная.

Применяются варианты техпроцесса с однократным зубофрезерованием, но с двукратным зубошлифованием.

Наличие упрочняющей термообработки приводит, как правило, к снижению степени точности колес на одну единицу,

что требует введения дополнительной отделочной операции. Для незакаливаемых зубчатых колес шевингование является

последней операцией; перед термообработкой шевингуют зубья в целях уменьшения деформации колеса в процессе термообработки и повышения степени на одну единицу.

## **Практическое занятие №23**

### **Разработка технологического процесса механической обработки детали на токарных станках с ЧПУ в КОМПАС - Автопроект**

Цель работы: формирование умений использовать программу Компас-Автопроект для разработки технологического процесса механической обработки деталей.

### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БИБЛИОТЕКЕ «МОДУЛЬ ЧПУ. ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА»**

Библиотека предназначен для моделирования 2-координатной токарной обработки и автоматической генерации управляющей программы с возможностью ее визуальной верификации. Библиотека работает непосредственно с трехмерной моделью детали, созданной в системе трехмерного твердотельного проектирования КОМПАС-3D.

В процессе работы с библиотекой необходимо сформировать последовательность обработки детали на токарном станке с ЧПУ. Эта последовательность называется Планом обработки. Отдельный технологический переход в Плане обработки (например, точение по контуру, сверление, нарезание резьбы и т. д.) называется обработкой. При этом предполагается, что все

обработки в пределах одного Плана ведутся с одного станка, используется одна и та же система координат ЧПУ, один и тот же постпроцессор. Если требуется обработать деталь с нескольких установов или на разных станках, то для этого следует создать несколько Планов обработок для разных копий файла трехмерной модели детали.

Все данные, описывающие План обработки и параметры отдельных обработок (стратегия, режимы резания, инструмент) сохраняются непосредственно в файле трехмерной модели детали.

Построение Плана обработки необходимо начинать с выбора системы ЧПУ (постпроцессора) и задания локальной системы координат ЧПУ, которая должна определить положение нулевой точки ( $X=0$ ,  $Z=0$ ) и направление осей  $Z$  и  $X$ . Локальная система координат должна быть предварительно создана пользователем с помощью команды системы КОМПАС «ЛСК». Создавать локальную систему координат следует так, чтобы ось  $Z$  совпадала с направлением токарной оси относительно детали.

Следующим этапом является задание контура заготовки, выбор режущих инструментов, приспособлений, определение координат Исходной точки и зоны безопасности. В процессе выбора режущих инструментов формируется Таблица инструментов. Для этого сначала необходимо задать число позиций revolverной головки (РГ), потом для каждой позиции выбрать файл трехмерной модели инструмента. Исходная точка используется как промежуточная точка между обработками. Одновременно она служит точкой смены инструмента. Зона безопасности предназначена для сокращения холостых путей инструмента при безопасном перемещении между обработками.

После того, как задана ЛСК ЧПУ и определен контур заготовки, можно приступать к созданию технологических обработок. Предусмотрено 7 видов обработок:

- многопроходная обработка;
- обработка «Контур»;
- обработка «Канавка»;
- обработка «Сверление»;
- обработка «Нарезание резьбы резцом»;
- обработка «Нарезание резьбы плашкой / метчиком»;
- отрезка.

**Многопроходная обработка** предназначена для удаления значительных объемов материала при выполнении следующих видов точения:

- многопроходного наружного обтачивания;
- внутреннего растачивания за несколько проходов;
- многопроходного подрезания;
- многопроходного точения канавки.

Удаление припуска осуществляется параллельными проходами инструмента использованием продольной или поперечной подачи или движениями, эквидистантными к контуру обработки, с профильной подачей.

Обработка **Контур** предназначена для точения по контуру с одним рабочим проходом резца. С помощью данной обработки можно также прорезать канавку или выполнить однопроходное подрезание торца.

Обработка «**Канавка**» позволяет протачивать простые канавки с одним рабочим движением резца. С помощью данной обработки можно также прорезать канавку со сложным профилем, если использовать фасонный резец.

Обработка **Сверление** служит для изготовления отверстий с движением инструмента по оси детали. Можно использовать любые осевые инструменты, предназначенные для обработки отверстий.

Обработка **Нарезание резьбы резцом** предназначена для изготовления различных резьб (цилиндрических, конических, торцевых), с одним или несколькими проходами и винтовых поверхностей токарным резцом.

Обработка **Нарезание резьбы плашкой / метчиком** предназначена для образования внутренних резьб или наружных резьб осевыми движениями инструмента.

Подрезание торца не выделено в отдельную обработку, т. к. подрезание является частным случаем других обработок. Подрезание за несколько проходов можно реализовать в Многопроходной обработке с поперечной подачей. Подрезание с одним рабочим движением можно выполнить как обработку по контуру.

Точно так же не выделено в отдельную обработку растачивание. Многопроходное растачивание может быть реализовано как частный случай Многопроходной обработки. Растачивание за один проход можно получить как обработку по контуру.

Центрование может быть реализовано как частный случай Сверления.

В процессе создания Плана обработки, если создана хотя бы одна обработка, можно сгенерировать управляющую программу ЧПУ, а также визуализировать исполнение программы. Программа генерируется в кодах промежуточного языка ЧПУ на базе стандарта ISO и одновременно переводится в язык системы ЧПУ с помощью постпроцессора.

#### **Общий порядок работы с библиотекой**

1) Сначала надо создать ЛСК встроенной командой КОМПАС. При создании ЛСК рекомендуется использовать способ построения «по объекту», указав в качестве объекта торец детали. Тогда ось Z автоматически совпадет с токарной осью.

Ориентировать ось X ЛСК следует так, чтобы в плоскость XOZ не попали какие-либо пазы, отверстия, вырезы, шлицы и т. д. В начале работы Модуль производит анализ геометрии детали и получает кривую пересечения детали плоскостью XOZ. Поэтому все поверхности, которые не пригодны для токарной обработки, попавшие в сечение плоскостью XOZ, будут не распознаны. Для ускорения анализа детали рекомендуется предварительно исключить в дереве построения детали пазы, шлицы, отверстия и другие элементы, которые не участвуют в токарной обработке.

2) Вызвать команду «Система ЧПУ». Указать в дереве построения ЛСК и выбрать систему ЧПУ (постпроцессор).

Особенность Модуля в том, что постпроцессор выбирается до начала создания обработок, а не после генерации программы.

3) Вызвать команду «Заготовка, инструменты». Задать контур заготовки, выбрать инструменты, Исходную точку и Зону безопасности.

Контур заготовки должен быть задан обязательно.

Инструменты выбирать не обязательно. Без инструментов нельзя будет запустить визуализацию, а также не будет учитываться коррекция инструментов.

Зона безопасности нужна для сокращения холостых путей инструмента при безопасном перемещении между обработками.

4) Сформировать набор обработок в соответствии с планом обработки детали.

Особенности:

Подрезание не выделено а отдельную обработку. Подрезание можно сделать или как перемещение по Контуру, или как Многопроходную обработку с поперечной подачей.

Растачивание можно сделать или как по Контуру, или как

Многопроходную. Центрование можно сделать как частный случай

Сверления.

5) Если создана хотя бы одна обработка, то можно сгенерировать программу ЧПУ. Программа на панели свойств отображается в двух вариантах: в кодах промежуточного языка (на основе ISO) и в кодах системы ЧПУ. Постпроцессирование происходит в момент вызова команды.

6) Если создана хотя бы одна обработка, то можно визуализировать программу ЧПУ с целью проверки корректности управляющей программы.

#### **ПРИМЕР ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ВТУЛКА»**

##### **1. Исходные данные**

Чертеж детали представлен на рисунке 1.1, трехмерная модель, созданная в системе КОМПАС, — на рисунке 1.2.

Заготовка представляет собой прокат диаметром 70 мм и длиной 140 мм. Заготовка на чертеже детали показана штриховой линией.

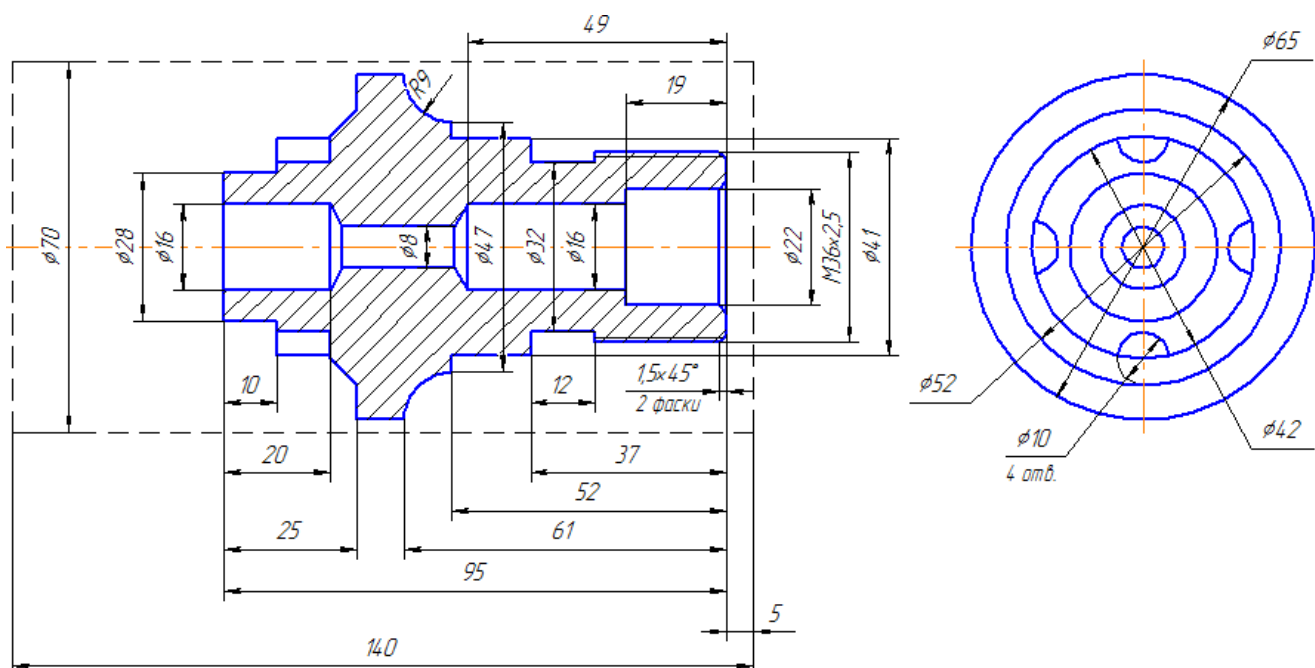


Рис. 1.1. Чертеж детали

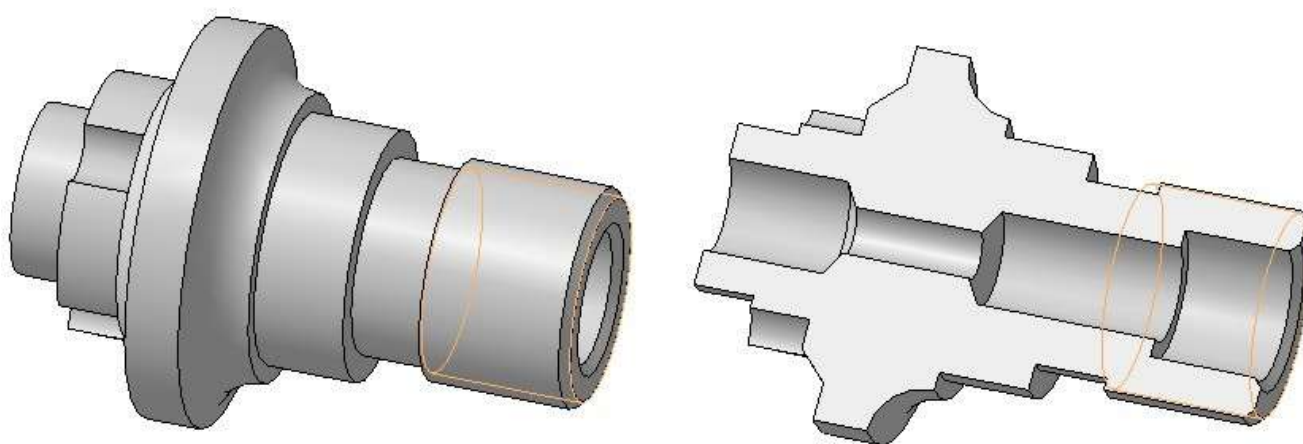


Рис. 1.2. Трехмерная модель

детали Обработка детали предполагается с двух установов.

Составим ориентировочные планы обработок для каждого установа.

Режимы резания в данном примере в расчет не принимаем. Соответственно, чертеж детали не содержит обозначений шероховатостей, технических требований и материала заготовки. Используем режимы резания, которые Модуль ЧПУ предложит по умолчанию. Их можно в любой момент отредактировать после создания плана обработки.

Таблица 1. План обработки на первом установе (с правой стороны на чертеже)

| № | Содержание перехода                                     | Инструмент               | Поз. |
|---|---------------------------------------------------------|--------------------------|------|
| 1 | Черновое точение от $d65$ до $d36$ с припуском $0,5$ мм | Резец проходной черновой | T1   |
| 2 | Подрезание торца с припуском $0,5$ мм                   | Резец проходной черновой | T1   |

|   |                                               |                                    |    |
|---|-----------------------------------------------|------------------------------------|----|
| 3 | Центрование                                   | Сверло центровочное $d4\text{ мм}$ | T2 |
| 4 | Сверление $d16\text{ мм}$                     | Сверло $d16\text{ мм}$             | T3 |
| 5 | Растачивание $d22\text{ мм}$                  | Резец расточной                    | T4 |
| 6 | Чистовое точение по контуру с торца и снаружи | Резец проходной чистовой           | T5 |
| 7 | Точение канавки шириной $12\text{ мм}$        | Резец канавочный                   | T6 |
| 8 | Нарезание резьбы М36                          | Резец резьбовой                    | T7 |
| 9 | Отрезка                                       | Резец отрезной                     | T8 |

Таблица 2. План обработки на втором установе (с левой стороны на чертеже)

| № | Содержание перехода                                            | Инструмент                         | Поз. |
|---|----------------------------------------------------------------|------------------------------------|------|
| 1 | Черновое точение от $d65$ до $d28$ с припуском $0,5\text{ мм}$ | Резец проходной черновой           | T1   |
| 2 | Чистовое точение по контуру снаружи                            | Резец проходной чистовой           | T5   |
| 3 | Центрование                                                    | Сверло центровочное $d4\text{ мм}$ | T2   |
| 4 | Сверление $d16\text{ мм}$                                      | Сверло $d16\text{ мм}$             | T3   |
| 5 | Сверление $d8\text{ мм}$                                       | Сверло $d8\text{ мм}$              | T9   |

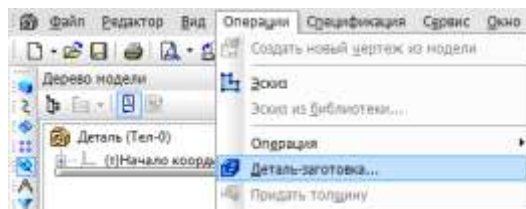
Подготовка 3D-моделей для каждого установа

Поскольку обработка детали будет вестись более чем с одного установа, то нужно создать для каждого установа копии исходной модели детали. Подготовка моделей осуществляется с помощью команд КОМПАС без использования команд библиотеки.

Модель для обработки с первого установа

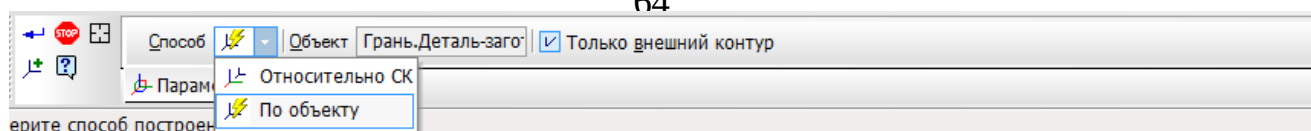
В системе КОМПАС создаем новый документ-деталь. Выбираем команду КОМПАС

«Деталь-заготовка...», открываем файл исходной модели детали *Втулка.m3d*. Появится копия модели детали, которая полностью ассоциативна с моделью-источником.

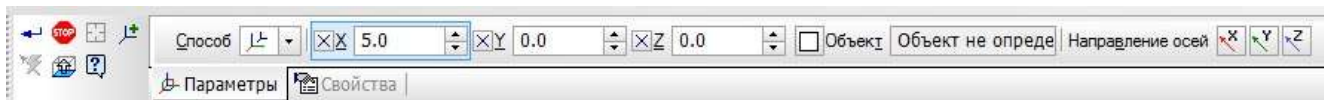


На полученной модели следует поставить локальную систему координат (ЛСК). Для этого вызываем команду КОМПАС ЛСК. Если ЛСК нужно поставить на торец детали, то рекомендуется использовать способ построения ЛСК **По объекту**. После этого следует указать мышкой торец детали, и тогда ось Z ЛСК автоматически совпадет с осью детали.

64

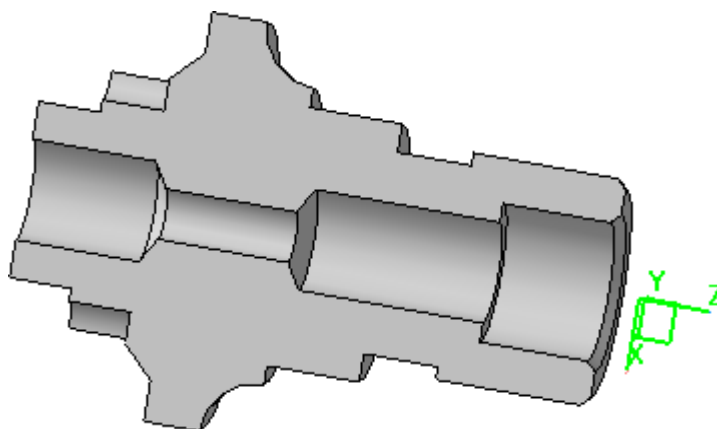


Но на первом установе нам нужно ЛСК разместить не на торце детали, а на торце заготовки. А торец заготовки (см. чертеж на рисунке 1.1) смещен относительно торца детали на 5 мм. Поэтому после появления в окне ЛСК изменяем способ построения на **Относительно СК** и задаем 5 мм в поле X. В результате ЛСК сместиться на 5 мм.



Поскольку предполагается внутренняя обработка, то рекомендуется создать сечение детали токарной плоскостью ZX, чтобы в дальнейшем было удобнее выбирать поверхности для обработок, а также видеть траектории инструментов внутри детали. Вызываем команду КОМПАС **Операции/Сечение/Поверхностью** и указываем в качестве секущей поверхности **Плоскость ZX** ЛСК в дереве построения модели.

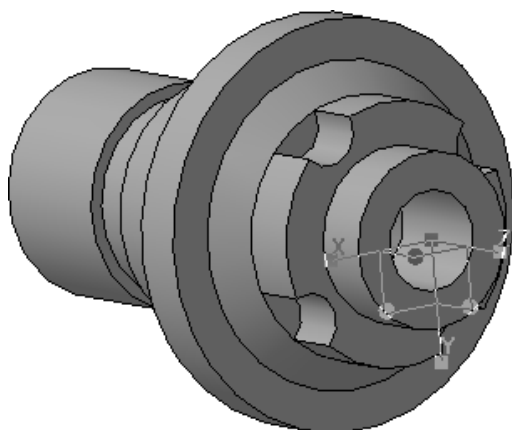
В результате получаем модель для первого установа.



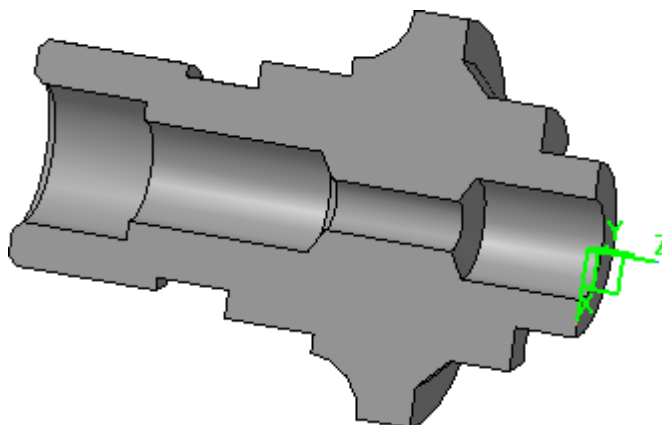
Сохраняем полученную модель под именем *Втулка-установ 1.m3d*.

Модель для обработки со второго установа

Аналогичным образом с помощью команды КОМПАС «Деталь-заготовка...» создаем 3D- модель для обработки со второго установа. После отрезки на первом установе торец детали будет совпадать с торцом заготовки, поэтому ЛСК располагаем точно по торцу модели (это левый торец детали на рисунке 1.1). При создании модели рекомендуется, чтобы в плоскость ZX не попадали какие-либо пазы, выемки, отверстия и т. д. Поэтому в данном случае следует повернуть ось X ЛСК таким образом, чтобы токарная плоскость прошла мимо цилиндрических пазов.



Для удобства доступа к внутренним поверхностям модели создаем сечение модели токарной плоскостью. В результате получим модель для второго установа.



Сохраняем полученную модель под именем *Втулка-установ 2.m3d*.

Выбор ЛСК, задание заготовки, инструментов, приспособлений для первого установа

Открываем файл модели для первого установа *Втулка-установ 1.m3d*.

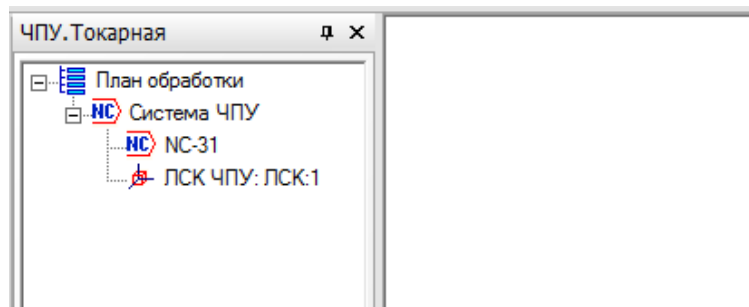
Подключаем библиотеку **Модуль ЧПУ.Токарная обработка** в Менеджере библиотек.

Дальнейшие действия ведутся с помощью команд библиотеки.  
Выбор ЛСК

Сначала необходимо привязаться к ЛСК первого установа, а также выбрать стойку управления. Для этого вызываем команду библиотеки **Система ЧПУ**.



В дереве построения модели указываем ЛСК:1. Выбираем систему ЧПУ НЦ-31. После выполнения команды в Плане обработки появится узел дерева **Система ЧПУ**.

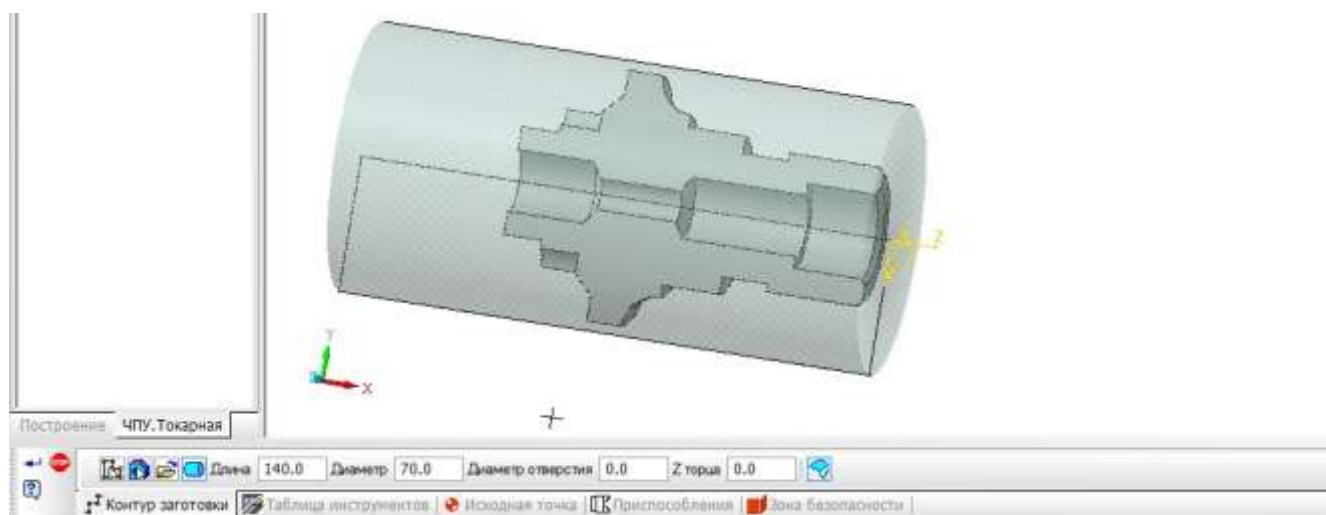


Заготовка, Инструменты, Приспособления, Исходная точка и Зона безопасности

Следует вызвать команду библиотеки **Заготовка, инструменты**.

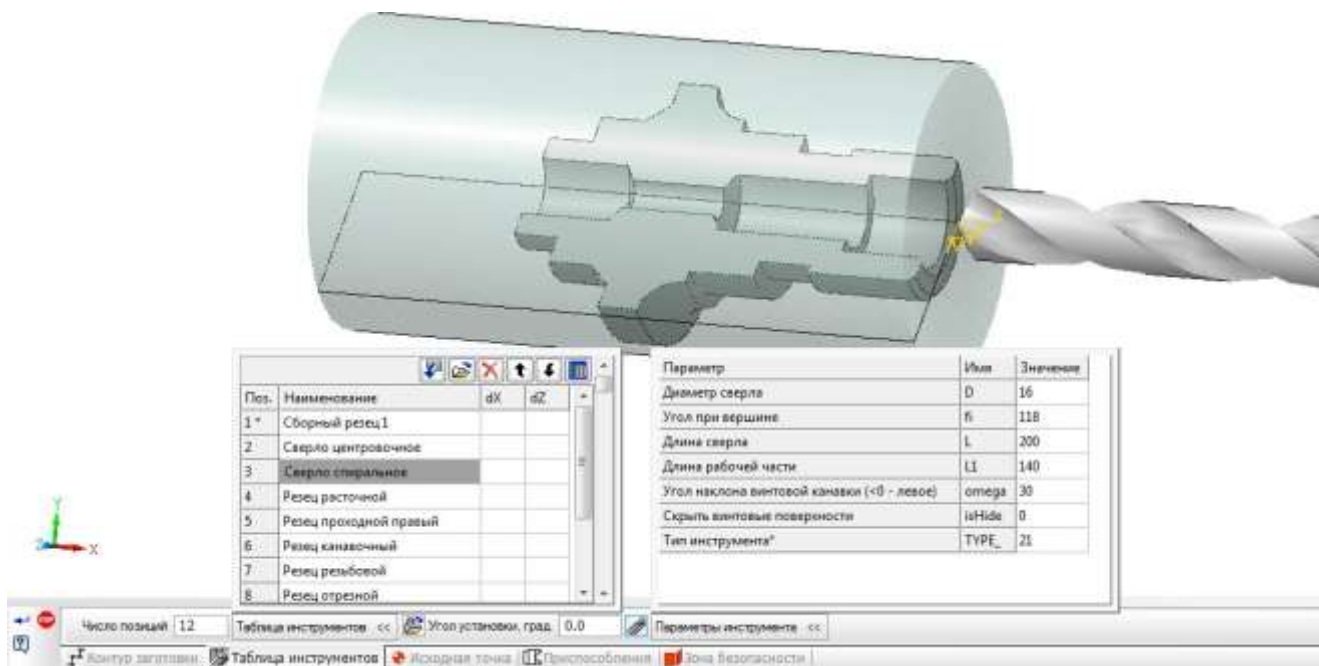
На появившейся панели свойств на вкладке **Контур заготовки** выбираем кнопку **Прокат**.

Задаем длину и диаметр заготовки.



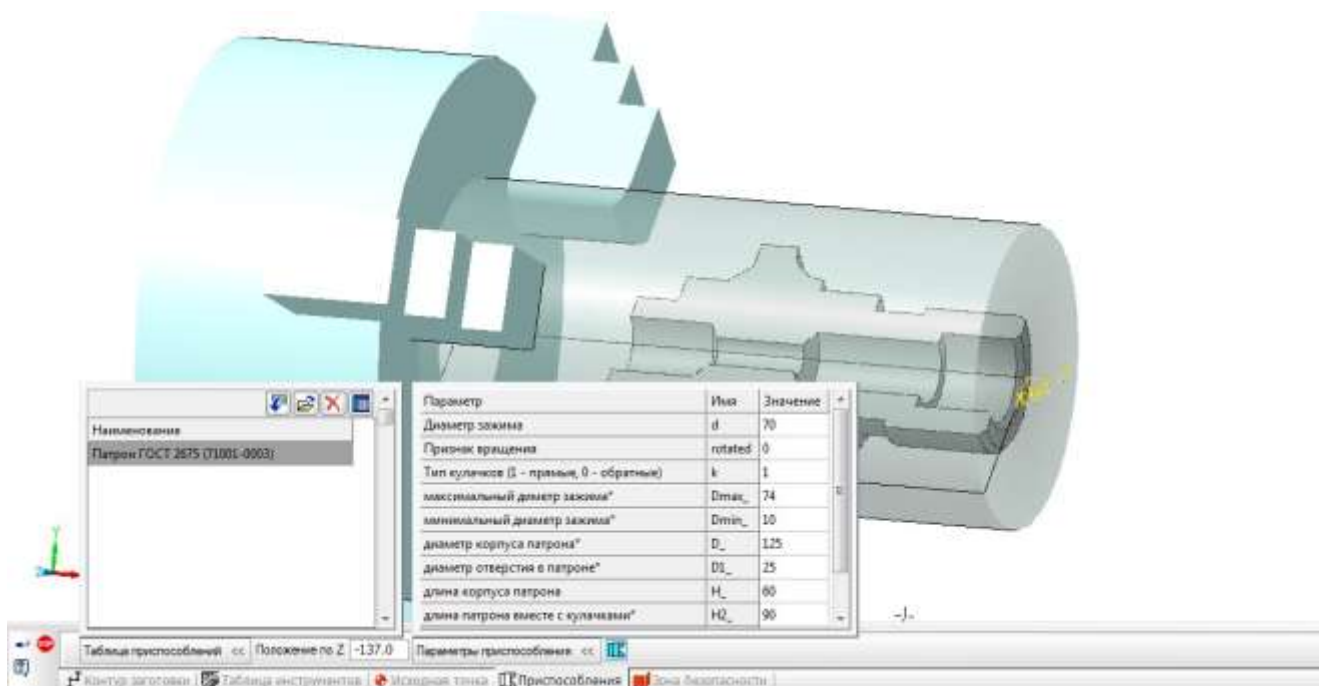
Далее переходим на вкладку **Таблица инструментов**.

Задаем 12 позиций для револьверной головки (РГ). В списке **Таблица инструментов** появится пустая таблица с 12 строками. Каждая строка таблицы соответствует одной позиции РГ. В соответствии с таблицей 1 исходя из предполагаемого плана обработки устанавливаем инструменты в позиции РГ. Чтобы добавить инструмент в позицию, нужно выделить соответствующую строку таблицы и нажать одну из кнопок: **Добавить инструмент из каталога** или **Добавить инструмент из файла**. В первой позиции будем использовать сборный резец с пластиной из твердого сплава. Для его установки нажимаем кнопку **Добавить инструмент из файла**, находим и открываем файл *Сборный резец.azd*. Остальные инструменты выбираем из Каталога инструментов. Одновременно в таблице **Параметры инструмента** <sup>67</sup> настраиваем параметрические переменные инструментов.



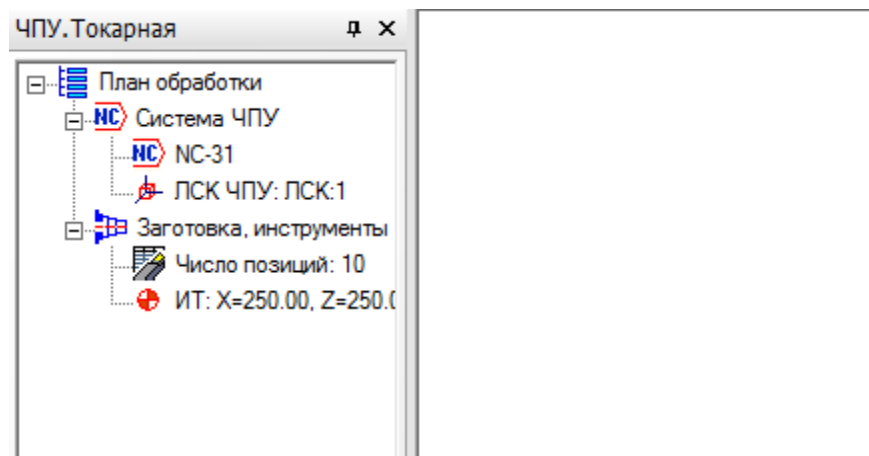
Далее переходим на вкладку **Исходная точка** и задаем координаты точки смены инструмента  $X=250, Z=250$ .

После этого переходим на вкладку **Приспособления**. Из Каталога приспособлений выбираем Патрон трехкулачковый ГОСТ 2675. Диаметр зажима кулачков задаем равным диаметру заготовки 70 мм. Корректируем положение патрона по оси Z.



На вкладке **Зона безопасности** задаем положение плоскостей безопасности относительно детали в координатах ЛСК.

После выполнения данной команды в Плане обработки появится узел дерева **Заготовка, инструменты**.



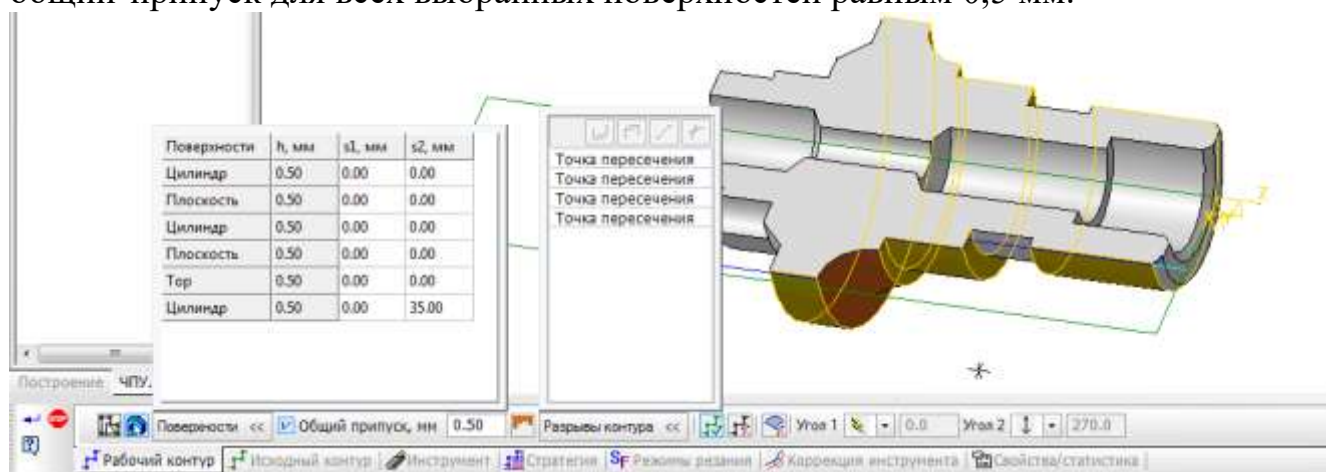
Создание Плана обработки для первого установка

План обработки представляет собой последовательность обработок (технологических переходов). Эту последовательность нужно задать вручную. Обработки в Плане можно менять местами, удалять или вставлять новые обработки между существующими. Для первого установка все обработки создадим в элементарных движениях.

#### Черновое точение

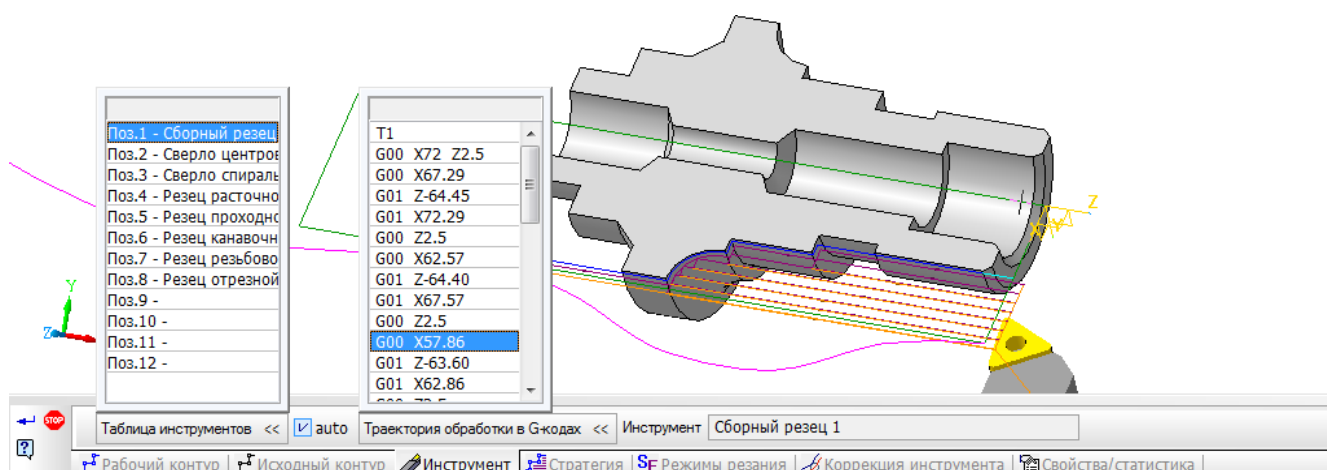
Выбираем команду библиотеки **Многопроходная**.

На вкладке **Рабочий контур** указываем поверхности обработки, задаем общий припуск для всех выбранных поверхностей равным 0,5 мм.

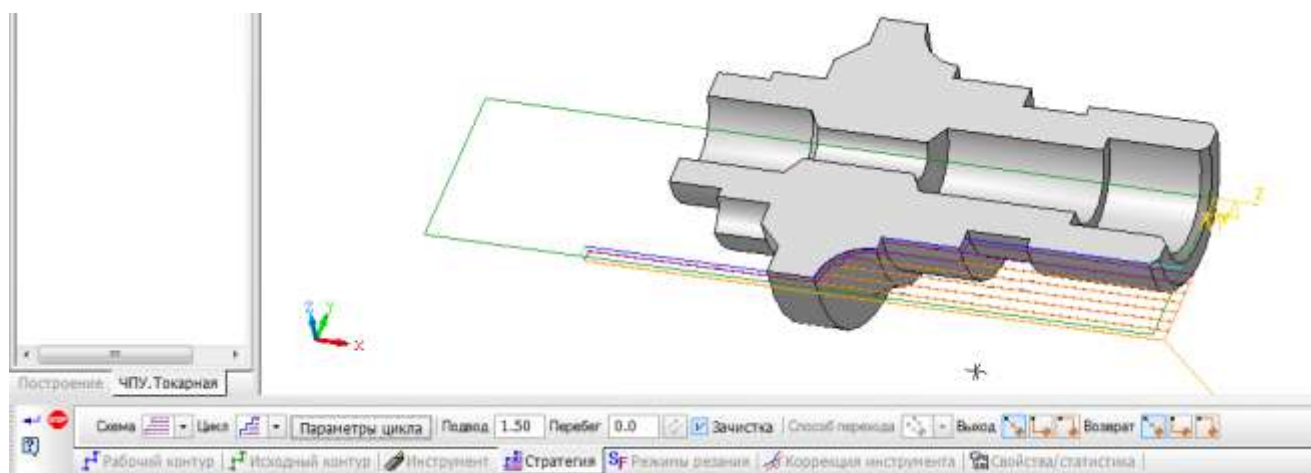


Исходный контур по умолчанию определяется автоматически как результат предыдущей обработки, либо как контур заготовки для первой обработки в Плане.

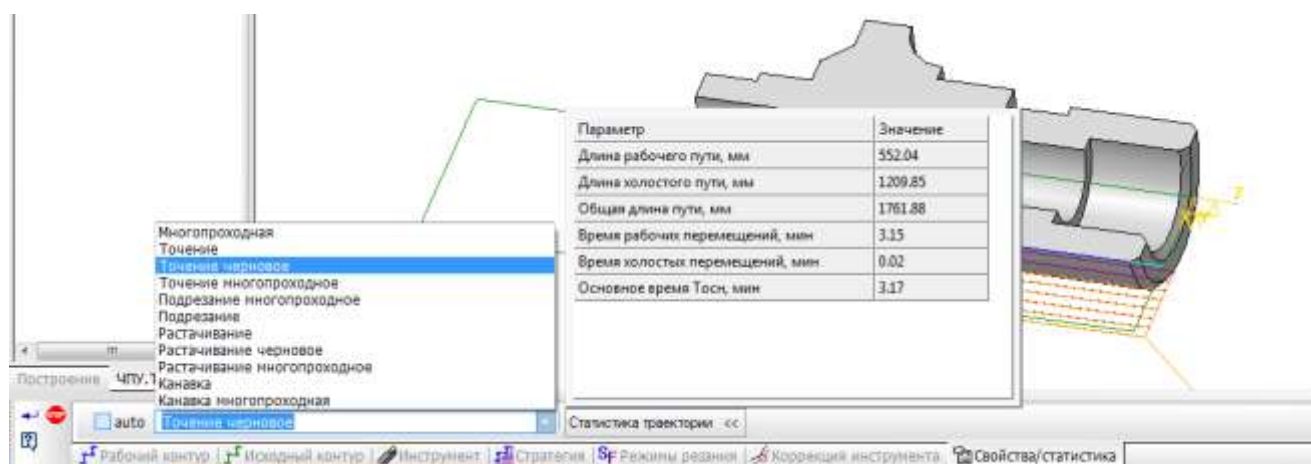
Поэтому переходим сразу на вкладку **Инструменты** и выбираем инструмент в первой позиции (*Сборный резец*).



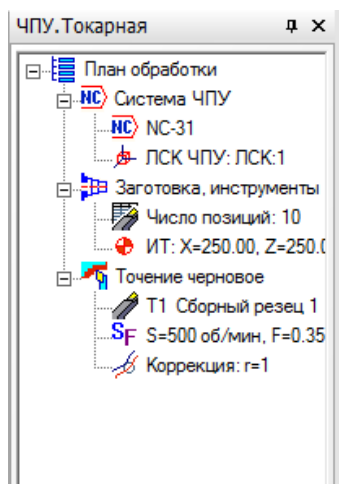
На вкладке **Стратегия** используем схему обработки в элементарных движениях (по умолчанию). В **Параметрах цикла** на диалоге задаем глубину резания 2,5 мм. Включаем опцию **Зачистка**.



Вкладку **Режимы резания** пока пропускаем. Используем режимы по умолчанию. Коррекция инструмента определяется автоматически из параметров инструмента. Поэтому сразу переходим на вкладку **Свойства/статистика**, на которой изменяем умолчательное имя обработки на *Точение черновое*.



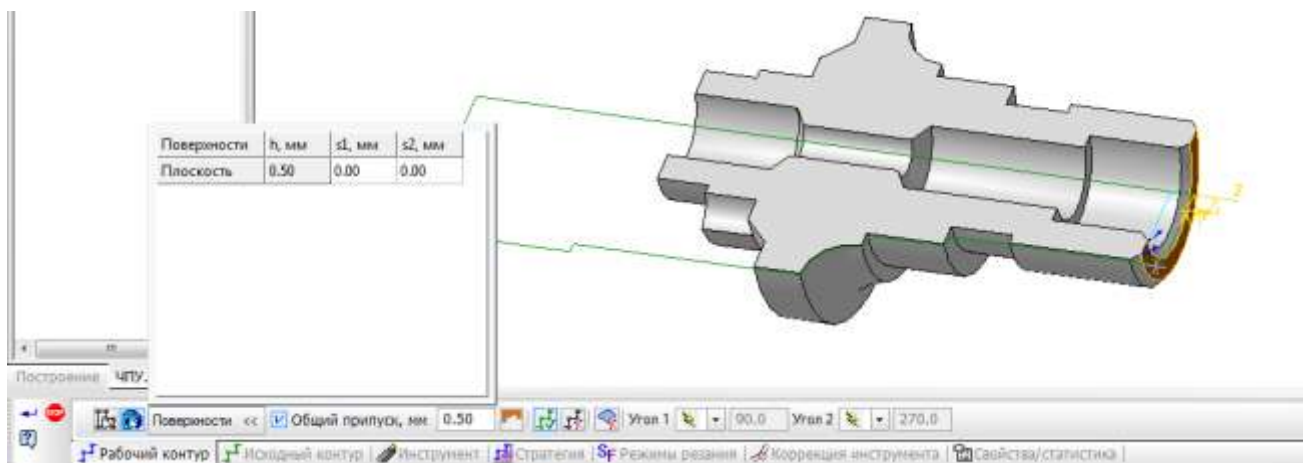
После выполнения данной команды в Плане обработки появится узел дерева с названием  
Точение черновое.



Подрезание торца

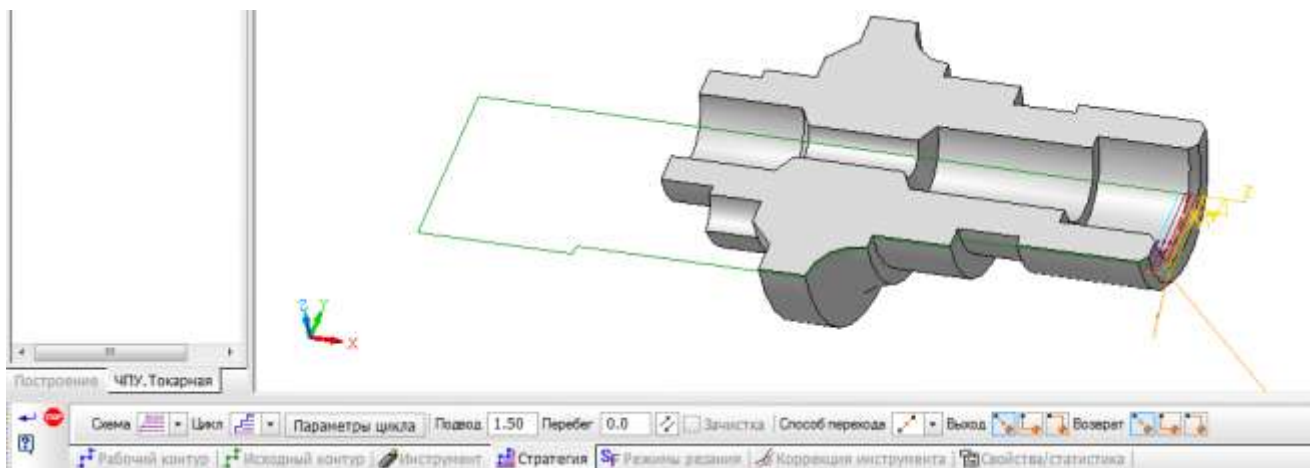
Вызываем команду библиотеки **Многопроходная**.

На вкладке **Рабочий контур** указываем торец детали и задаем припуск 0,5 мм.



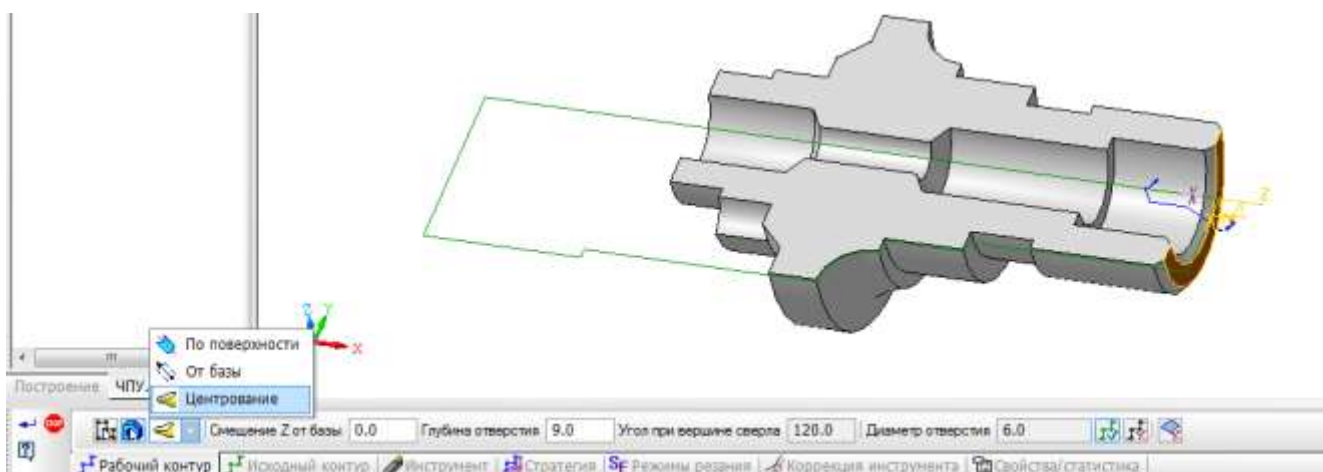
Исходный контур по умолчанию определяется автоматически как результат предыдущей обработки. На вкладке **Инструмент** выбираем инструмент в первой позиции (*Сборный резец*).

Переходим на вкладку **Стратегия**. В **Параметрах цикла** на диалоге задаем поперечную подачу. Так как инструмент на текущей обработке совпадает с инструментом на предыдущей обработке, то устанавливаем способ перехода между обработками **Напрямую**, чтобы минимизировать холостые перемещения инструмента.



Коррекция инструмента определяется автоматически из параметров инструмента. Поэтому сразу переходим на вкладку **Свойства/статистика**, на которой назначаем имя обработки *Подрезание многопроходное*.

## Центрование



Вызываем команду библиотеки **Сверление**.

На вкладке **Рабочий контур** выбираем **Центрование** и указываем на модели торец детали.

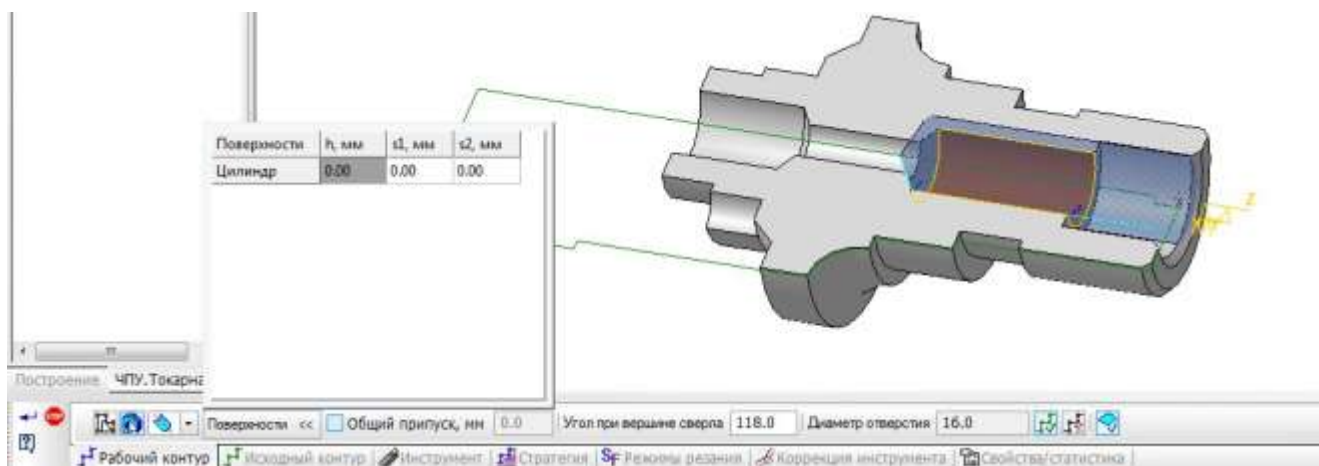
Исходный контур по умолчанию определяется автоматически как результат предыдущей обработки. Инструмент (Сверло центровочное) библиотека в данном случае подбирает автоматически. Это видно по тому, что у нас центровочное сверло одно, и рабочий контур в форме центрального отверстия сформировался автоматически.

После задания рабочего контура завершаем команду через ОК.

Сверление  $d16\text{ мм}$

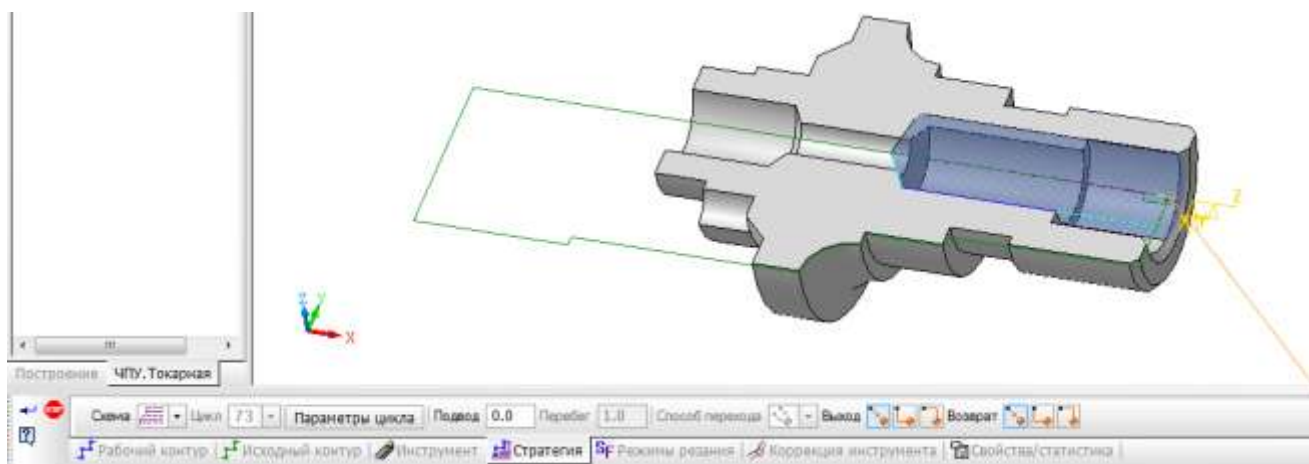
Вызываем команду библиотеки **Сверление**.

На вкладке **Рабочий контур** указываем поверхность сверления.



Переходим на вкладку **Инструмент**: *Сверло спиральное* библиотека в данном случае подобрала автоматически.

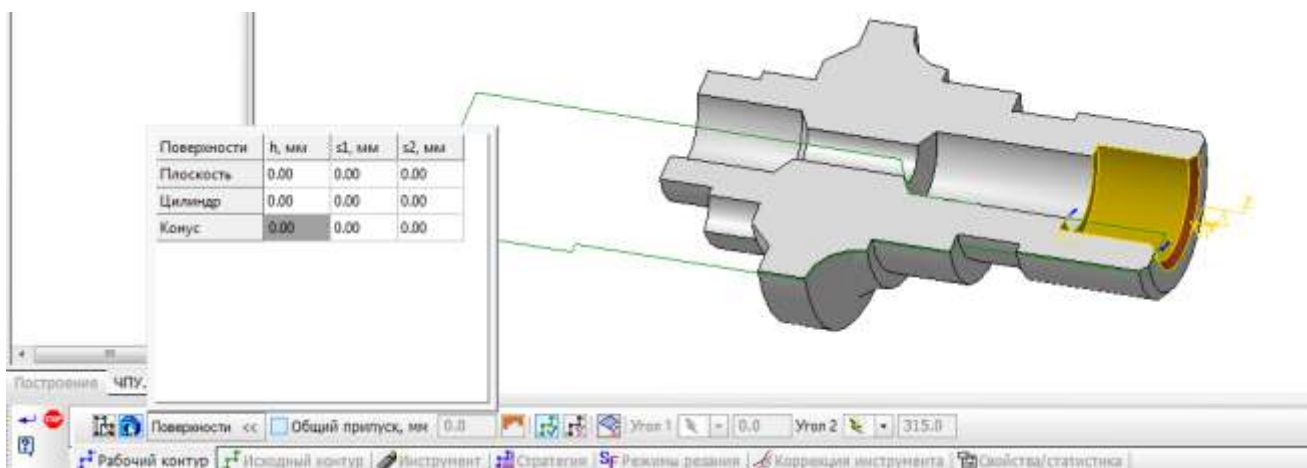
На вкладке **Стратегия** в **Параметрах цикла** задаем 4 прохода, выбираем цикл с удалением стружки, задаем паузу в 1 секунду между проходами и на дне отверстия. Подвод сверла задаем равным нулю для сокращения длины холостого пути (так как перед сверлением уже есть центровое отверстие, то сверло при подводе не ударится о торец заготовки).



Завершаем команду нажатием ОК на панели свойств.

## Растачивание

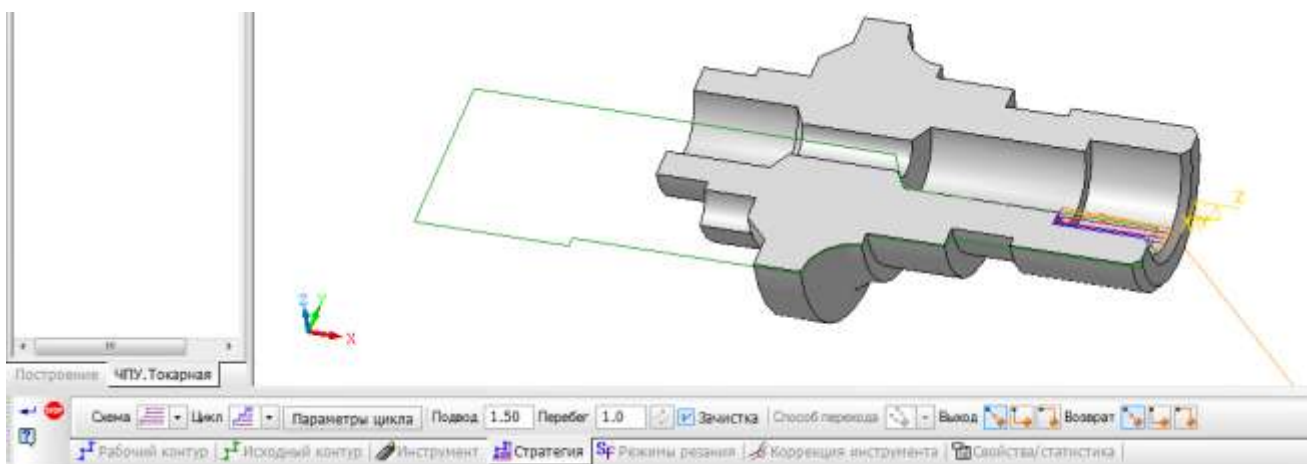
Вызываем команду библиотеки **Многопроходная**.



На вкладке **Рабочий контур** указываем поверхности обработки.

Переходим на вкладку **Инструмент** и выбираем расточной резец в позиции 4.

На вкладке **Стратегия** задаем перебег равным 1 мм и включаем зачистку после цикла.

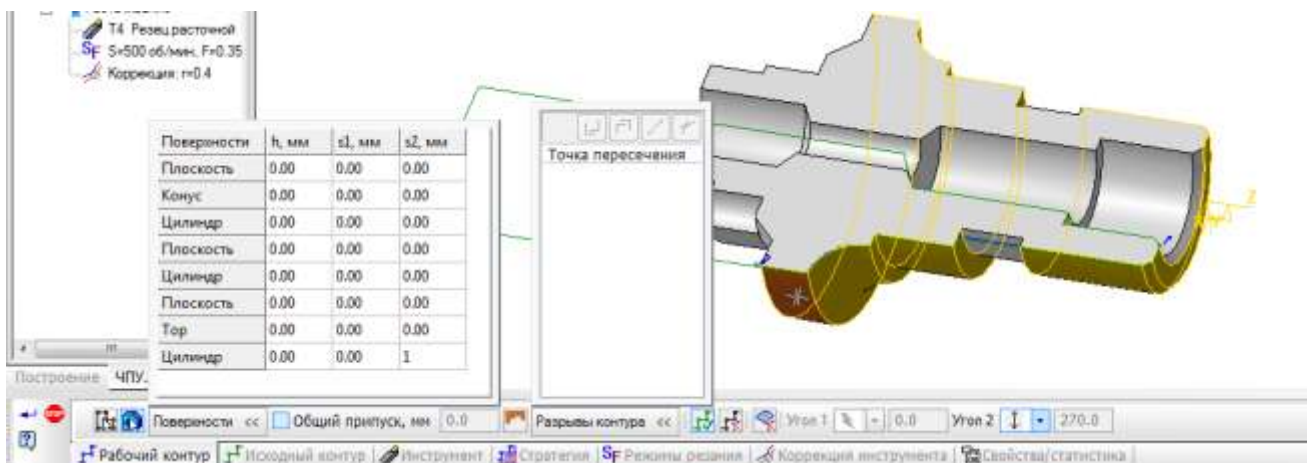


На вкладке **Свойства/статистика** назначаем имя обработки *Растачивание*.

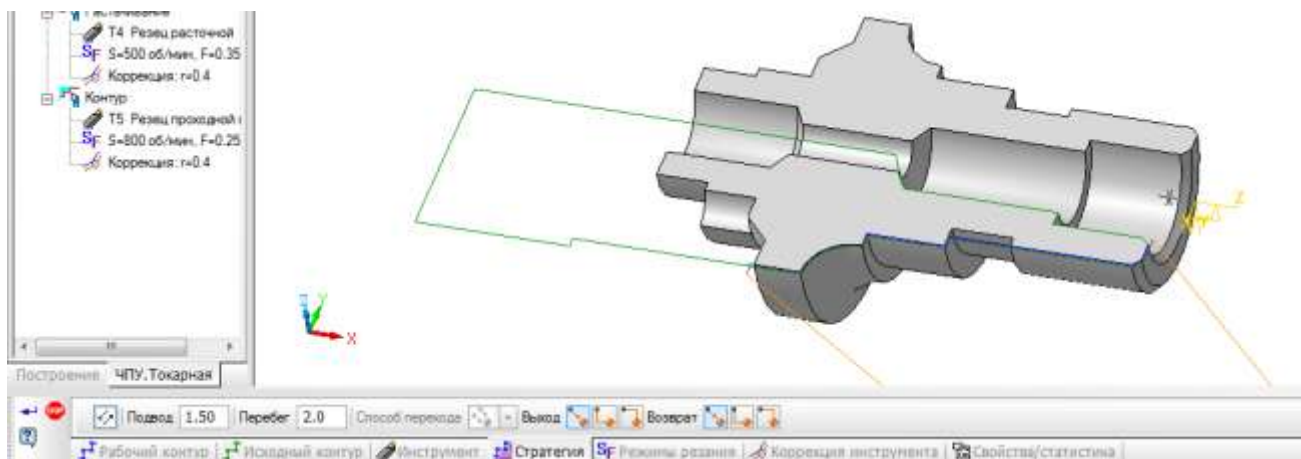
Чистовая обработка по контуру

Вызываем команду библиотеки **Контур**.

На вкладке **Рабочий контур** указываем поверхности обработки.



Переходим на вкладку **Инструмент** и выбираем *Резец проходной* в позиции 5.



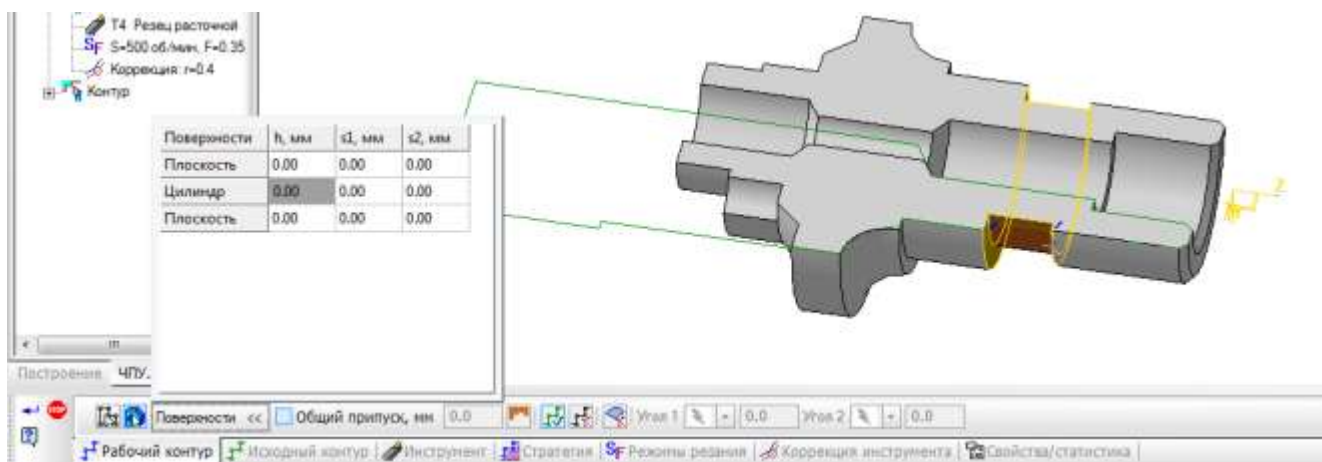
На вкладке **Стратегия** задаем перебег равным 2 мм, чтобы избежать столкновения резца при подводе на ускоренной подаче. Наличие столкновений можно проверить, если визуализировать обработку командой **Визуализация**.

Завершаем команду нажатием ОК на панели свойств.

Точение канавки шириной 12 мм

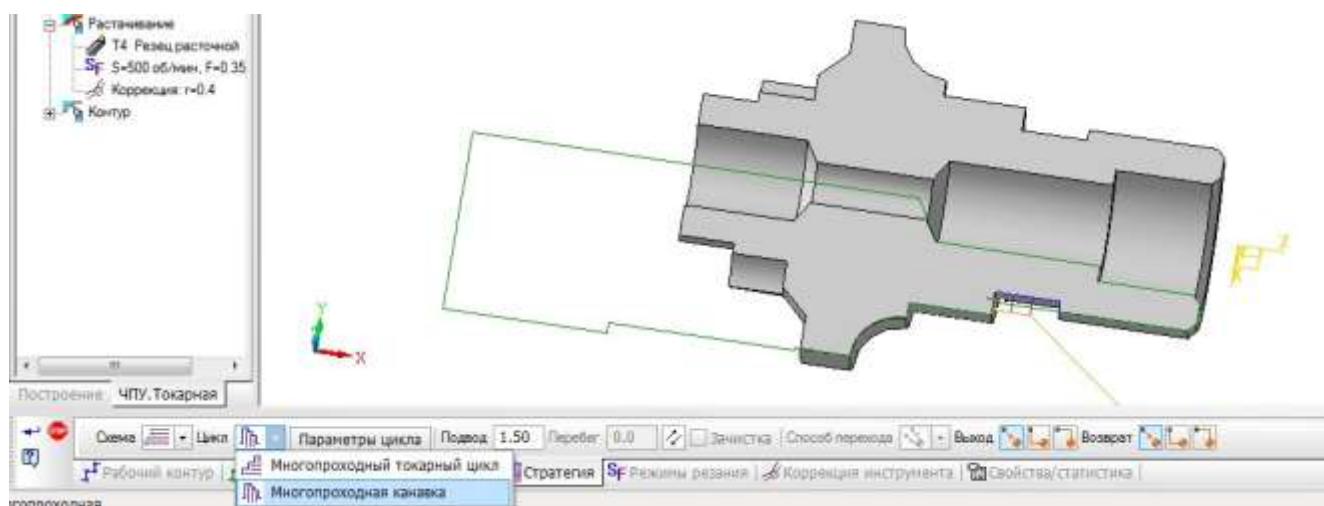
Вызываем команду библиотеки **Многопроходная**.

На вкладке **Рабочий контур** указываем поверхности канавки.



Переходим на вкладку **Инструмент** и выбираем *Резец канавочный* в позиции 6.

На вкладке **Стратегия** выбираем цикл **Многопроходная канавка**.



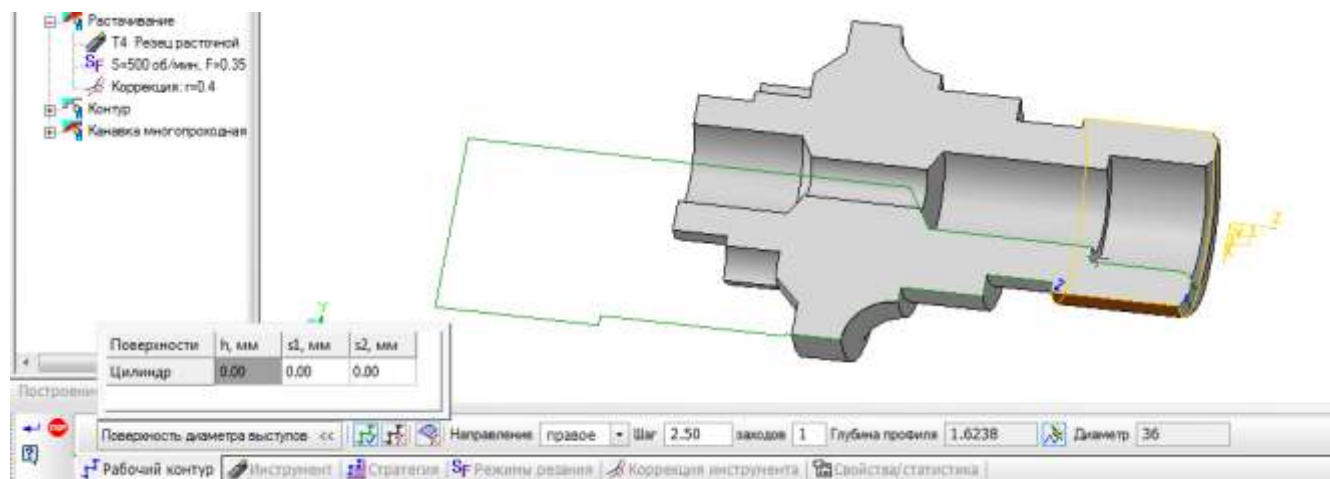
Завершаем команду нажатием ОК на панели свойств. Название обработки *Канавка многопроходная* формируется автоматически.

### Нарезание резьбы M36

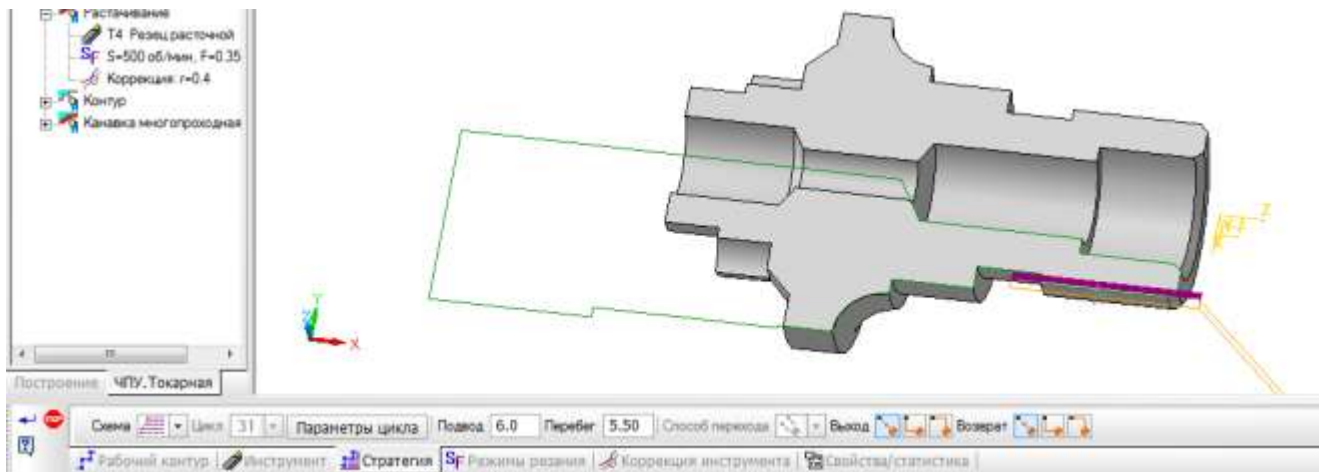
Вызываем команду библиотеки **Нарезание резьбы резцом**.

На вкладке **Рабочий контур** указываем поверхность наружного диаметра резьбы. Шаг резьбы задаем равным 2,5 мм. Так как резьба метрическая, то глубина профиля резьбы рассчитывается автоматически.

Переходим на вкладку **Инструмент**: *Резец резьбовой* библиотека в данном случае подобрала автоматически.



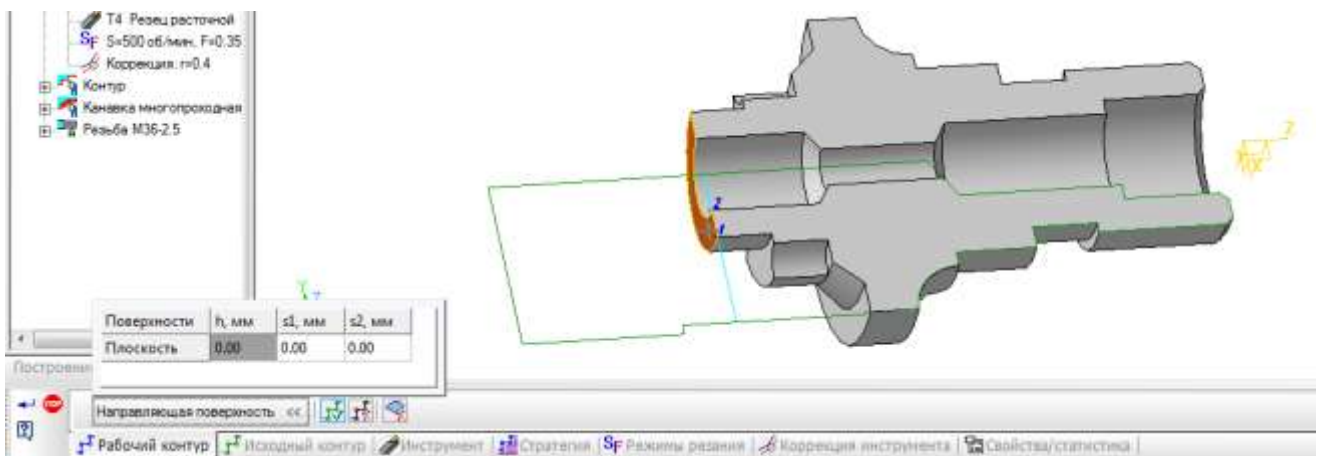
На вкладке **Стратегия** в Параметрах цикла задаем глубину первого прохода 0,5 мм. Перебег задаем 6 мм, при этом перебег автоматически пересчитывается так, чтобы на полной длине резьбы (вместе с врезанием и перебегом) умещалось полное число витков, и принимает значение 5,5 мм.



Завершаем команду нажатием ОК на панели свойств. Название обработки формируется автоматически с учетом диаметра и шага резьбы.

Отрезка

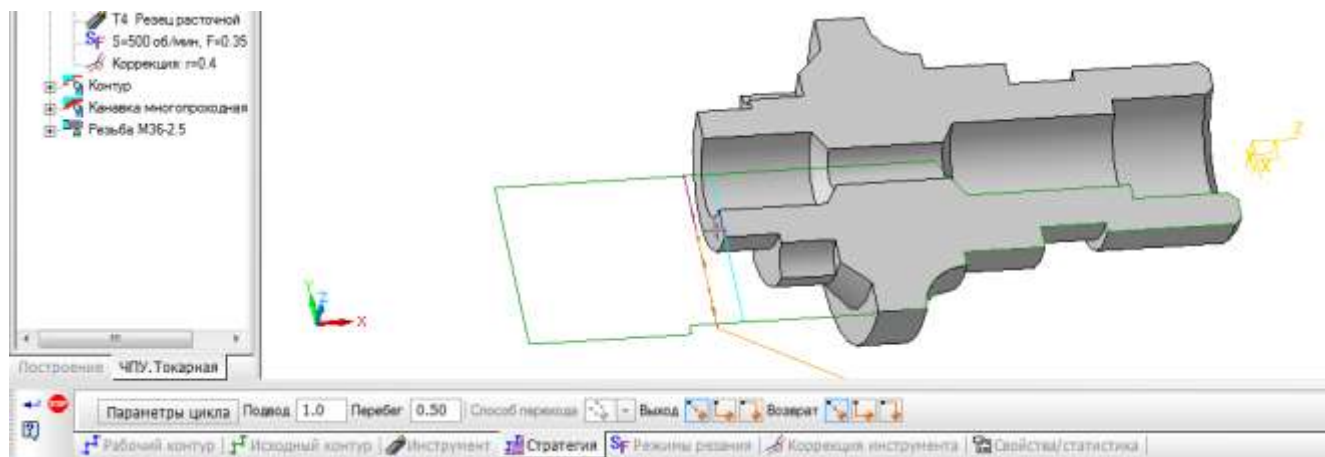
Вызываем команду библиотеки **Нарезание резьбы резцом**.



На вкладке **Рабочий контур** указываем поверхность левого торца детали.

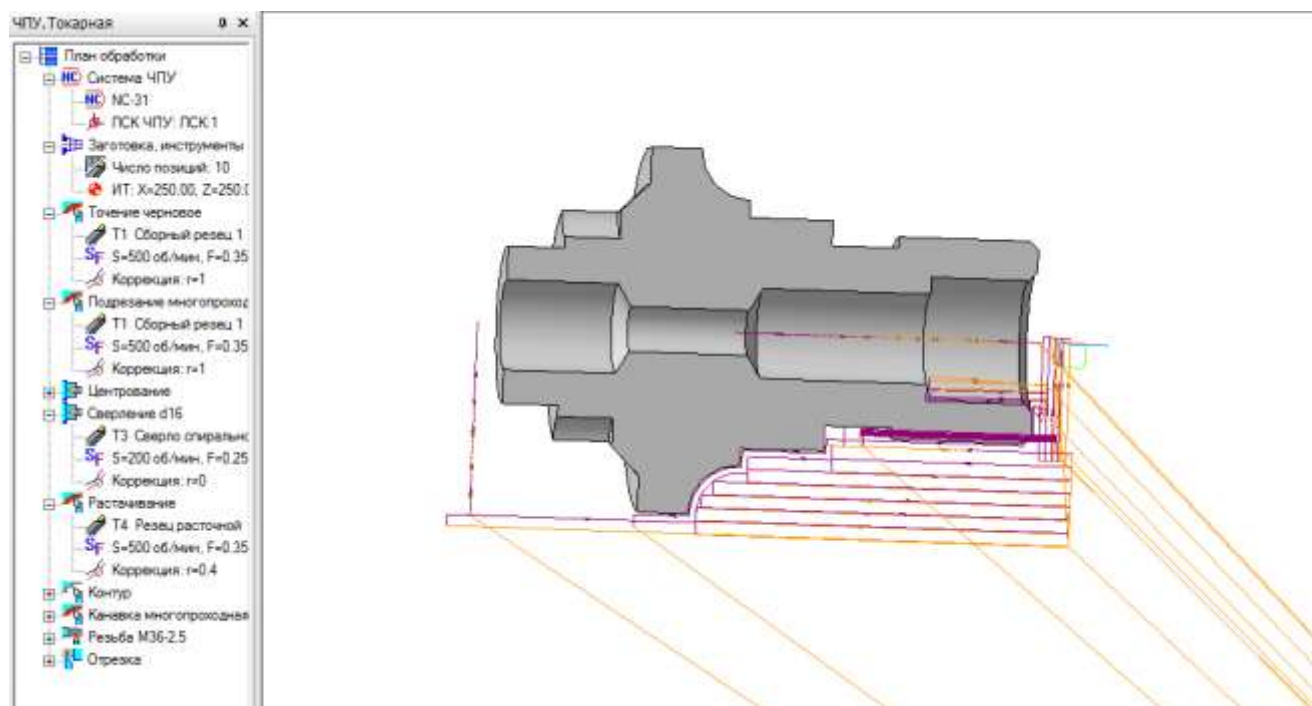
Переходим на вкладку **Инструмент**: *Резец отрезной* библиотека в данном случае подобрала автоматически.

На вкладке **Стратегия** в **Параметрах цикла** задаем 3 прохода.



Завершаем команду нажатием ОК на панели свойств.

Сформированный Планг обработки и траектории всех обработок для первого установа показаны ниже на рисунке.

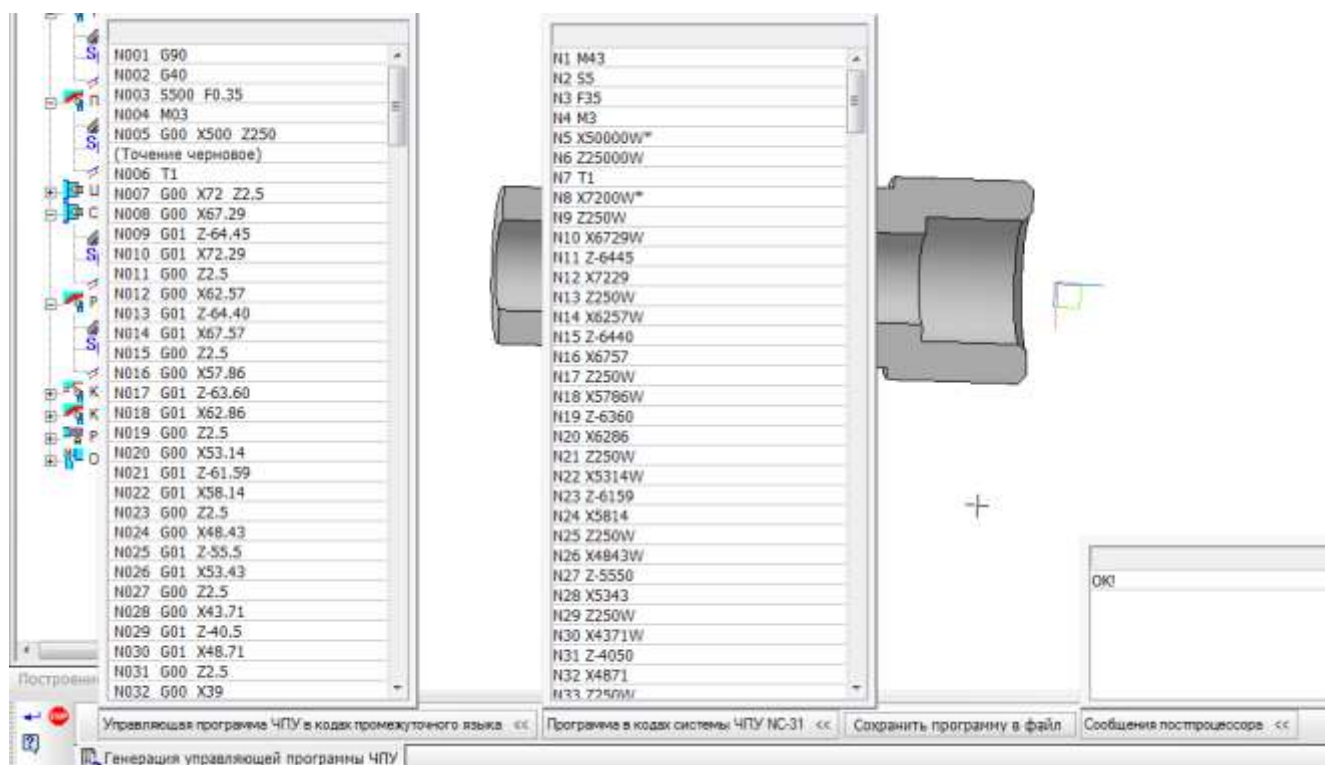


Генерация управляющей программы для первого установа

Вызываем команду библиотеки **Программа ЧПУ**. В момент вызова команды запускается процесс конвертации управляющей программы из кодов промежуточного языка в коды системы ЧПУ с помощью постпроцессора. Постпроцессор представляет собой скрипт с открытым кодом на языке Python. Конвертация в зависимости от сложности и длины программы может произойти или практически мгновенно, или занять несколько секунд.

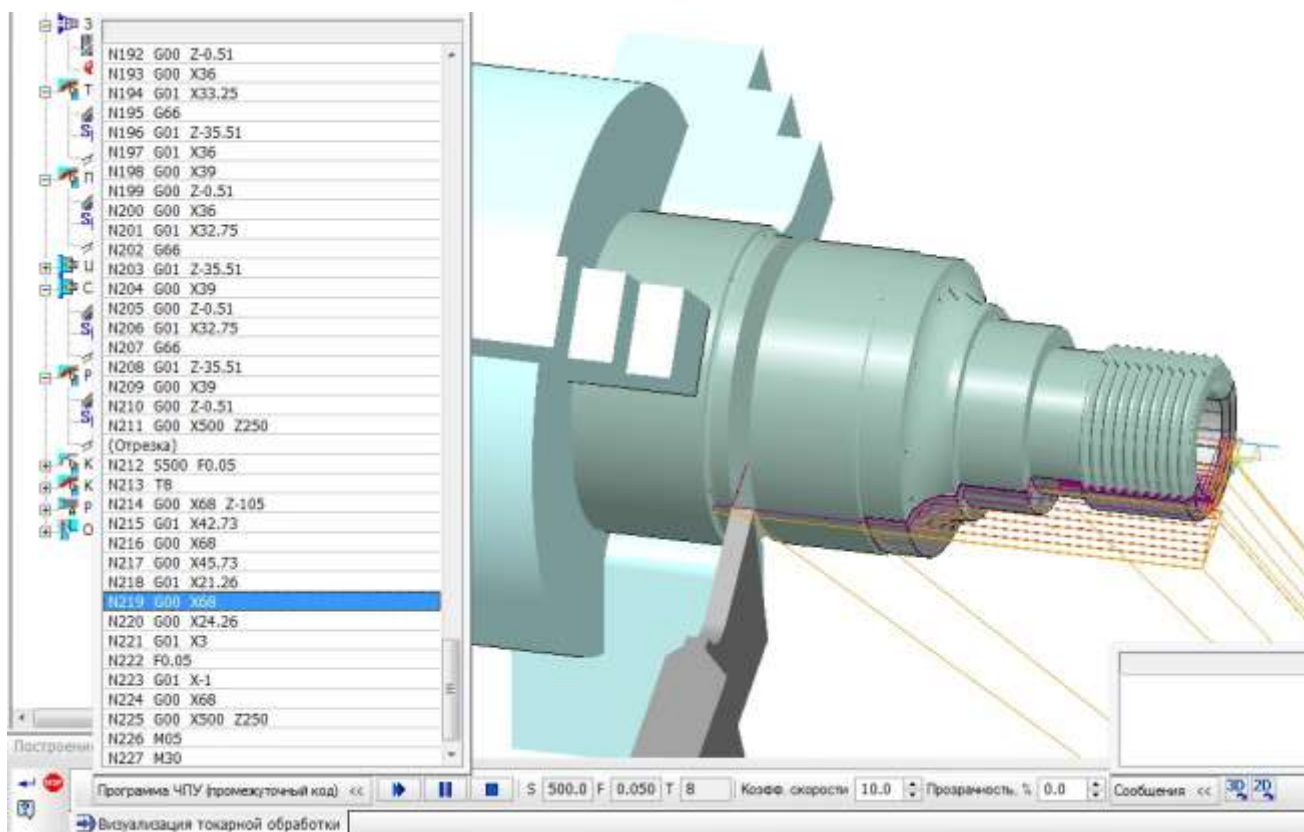
После конвертации программы на экране отображается панель свойств с тремя списками:

- список кадров программы на промежуточном языке;
- программа ЧПУ в кодах системы ЧПУ;
- сообщения постпроцессора.



Визуализация управляющей программы для первого установа

Вызываем команду библиотеки **Визуализация**.



В момент вызова данной команды происходит создание управляющей программы, ее конвертация в коды системы ЧПУ посредством постпроцессора, подготовка данных для визуализации. Процесс запуска команды может занять несколько секунд.

Визуализация обработки выполняется для промежуточного кода управляющей программы. Нарезание резьбы резцом визуализируется прерывистыми движениями, соответствующими оборотам шпинделя. При этом отображается не винтовая поверхность резьбы, а совокупность цилиндрических канавок. Визуализация нарезания резьбы плашкой или метчиком осуществляется без снятия

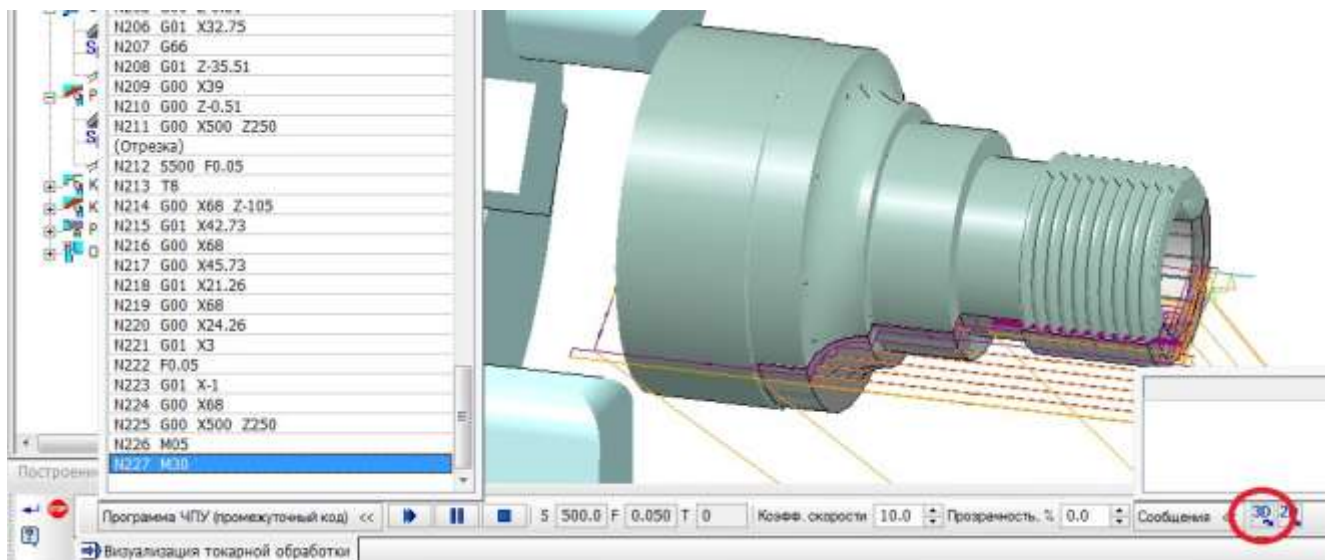
материала. В процессе визуализации можно проверить:

- корректность управляющей программы в целом (правильность назначения инструментов, приспособлений, визуальный контроль за движениями инструмента);
- столкновения инструмента с приспособлениями;
- врезания инструмента в заготовку на ускоренной подаче.

Кнопки с надписями 3D и 2D предназначены для создания 3D-модели или фрагмента с результатом обработки для определенного кадра управляющей программы. Полученные с помощью данных команд 3D-модель или 2D-фрагмент можно использовать для анализа точности обработки детали, проверки наличия «зарезов» или остаточного материала.

Вызываем команду библиотеки **Визуализация**.

На панели свойств в списке **Программа ЧПУ (промежуточный код)** переходим на последний кадр программы. Нажимаем кнопку **3D**. В появившемся диалоге задаем имя файла для 3D-модели заготовки *Заготовка для установа2.m3d* и сохраняем файл заготовки на диск.



Выбор ЛСК, задание заготовки, инструментов, приспособлений для **второго установа**

Открываем файл модели для второго установа *Втулка-установ 2.m3d*. Выполняем действия аналогичные для первого установа (см. раздел 3).

Выбор ЛСК

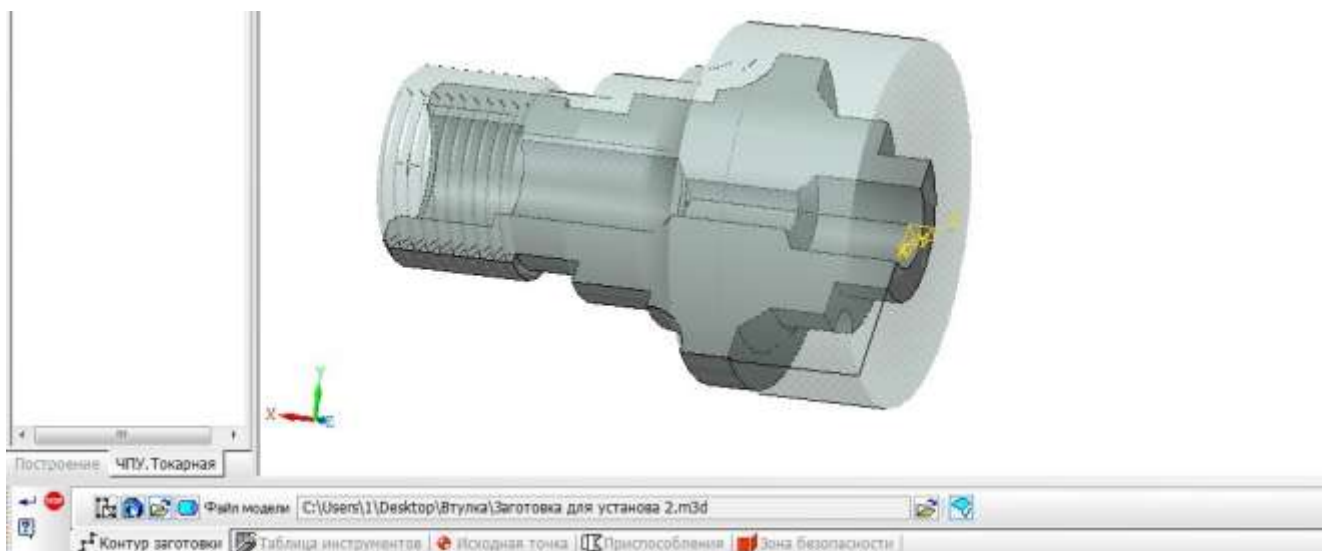
Вызываем команду библиотеки **Система ЧПУ**. В дереве построения модели указываем ЛСК:1. Выбираем систему ЧПУ НЦ-31.

Заготовка, Инструменты, Приспособления, Исходная точка и Зона безопасности

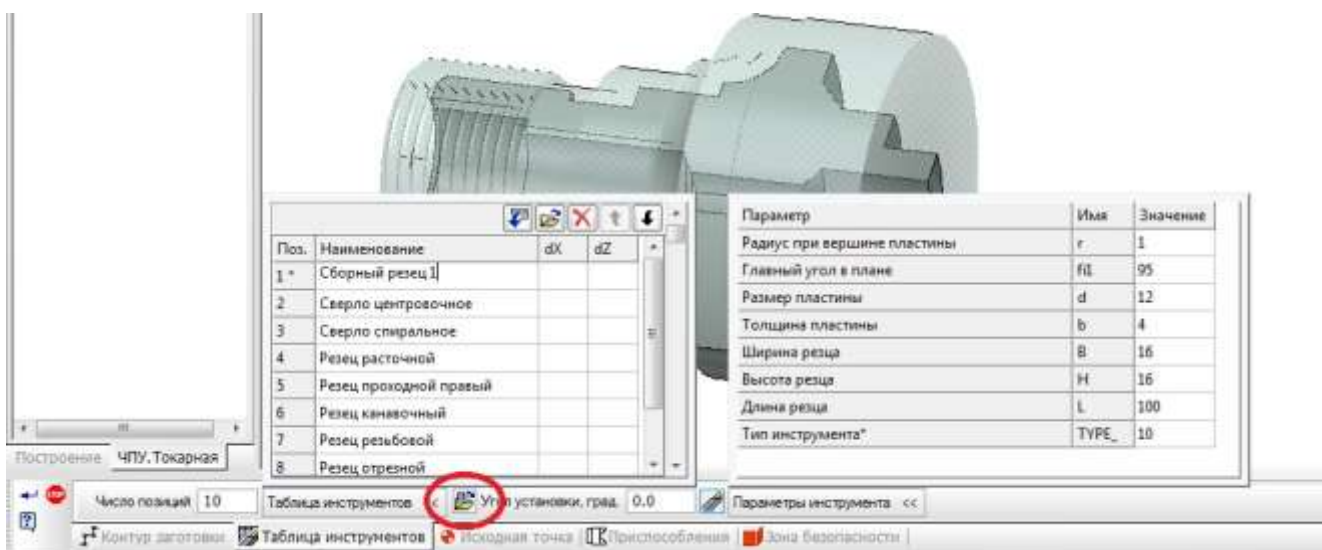
Вызываем команду библиотеки **Заготовка, инструменты**.

Все действия аналогичны тем, которые были выполнены для первого установа, за исключением задания заготовки и заполнения Таблицы инструментов.

Для задания заготовки на панели свойств на вкладке **Контур заготовки** нажимаем кнопку **Открыть модель заготовки**, далее — **Открыть файл заготовки**. В появившемся диалоге выбираем файл *Заготовка для установа2.m3d*.

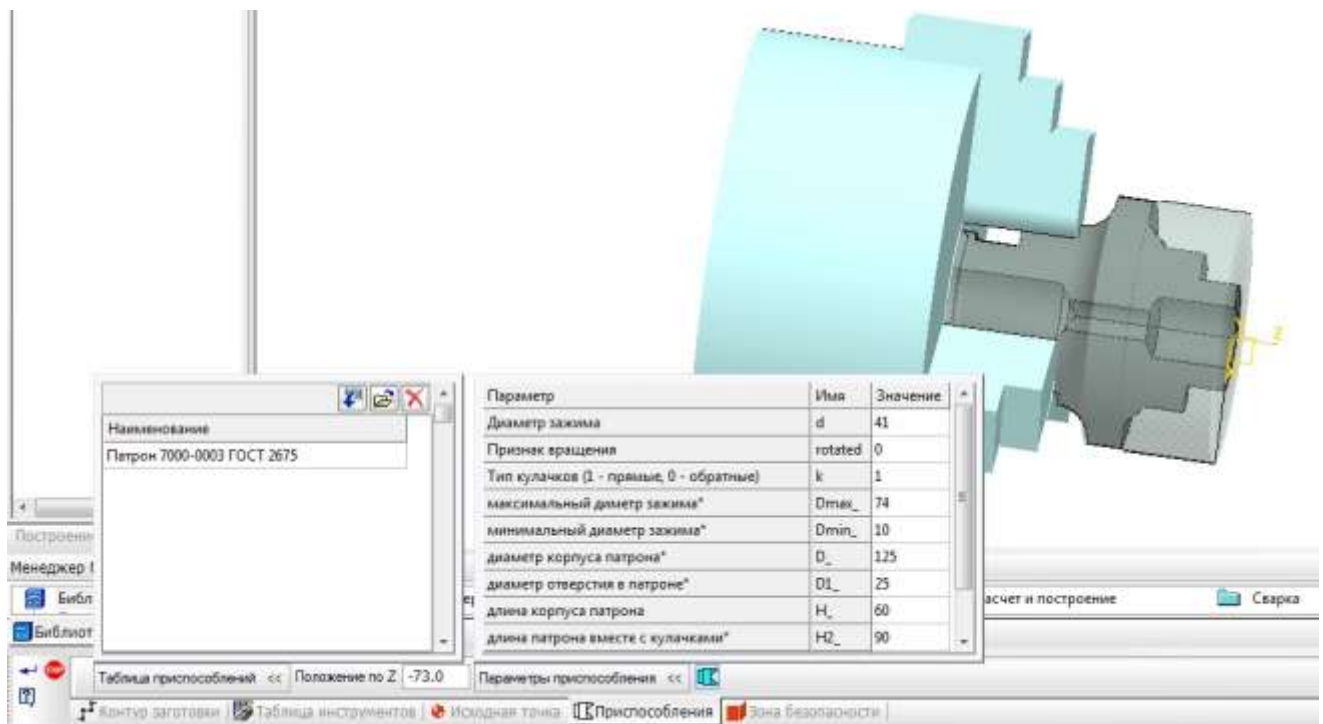


Для задания инструментов переходим на вкладку **Таблица инструментов**. Нажимаем кнопку **Копировать таблицу инструментов**. В появившемся диалоге открываем файл *Втулка- установка1.m3d*. В результате Таблица инструментов копируется с первого установка.



Переходим на вкладку **Приспособления**.

В список Таблица приспособлений выбираем из каталога Патрон трехкулачковый ГОСТ 2675. Диаметр зажима кулачков задаем равным диаметру детали 41 мм. Корректируем положение патрона по оси Z.



Исходную точку и Зону безопасности задаем также, как и для первого установа.

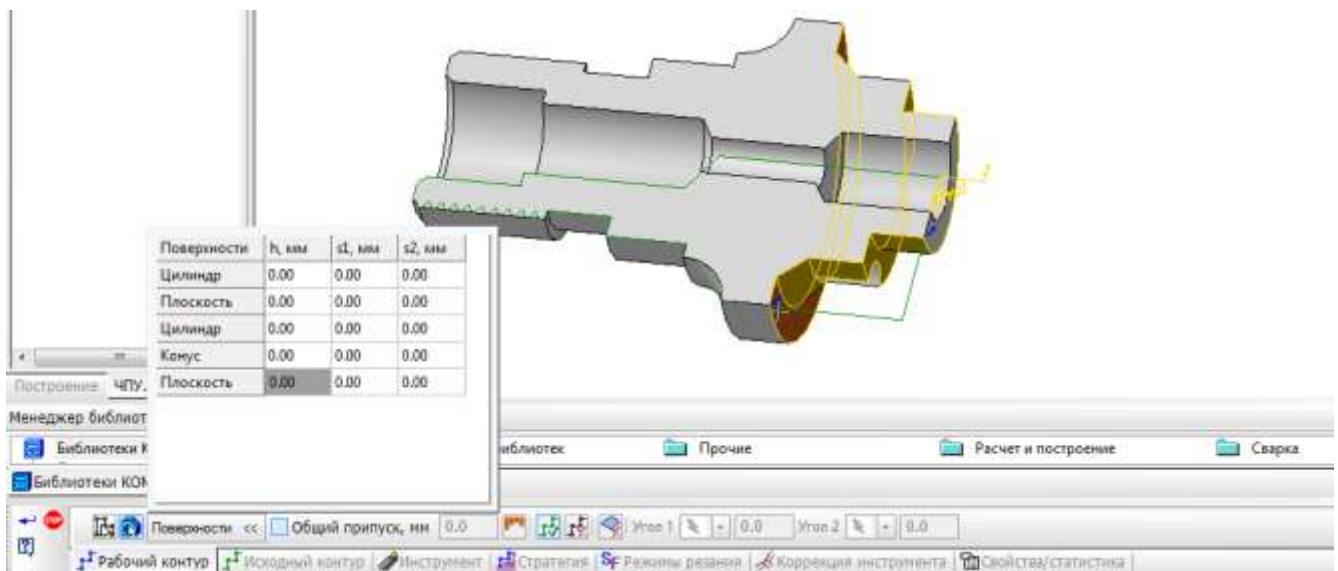
Создание Плана обработки для второго установа

План обработки для второго установа создадим в станочных циклах.

Черновое точение

Выбираем команду библиотеки **Многопроходная**.

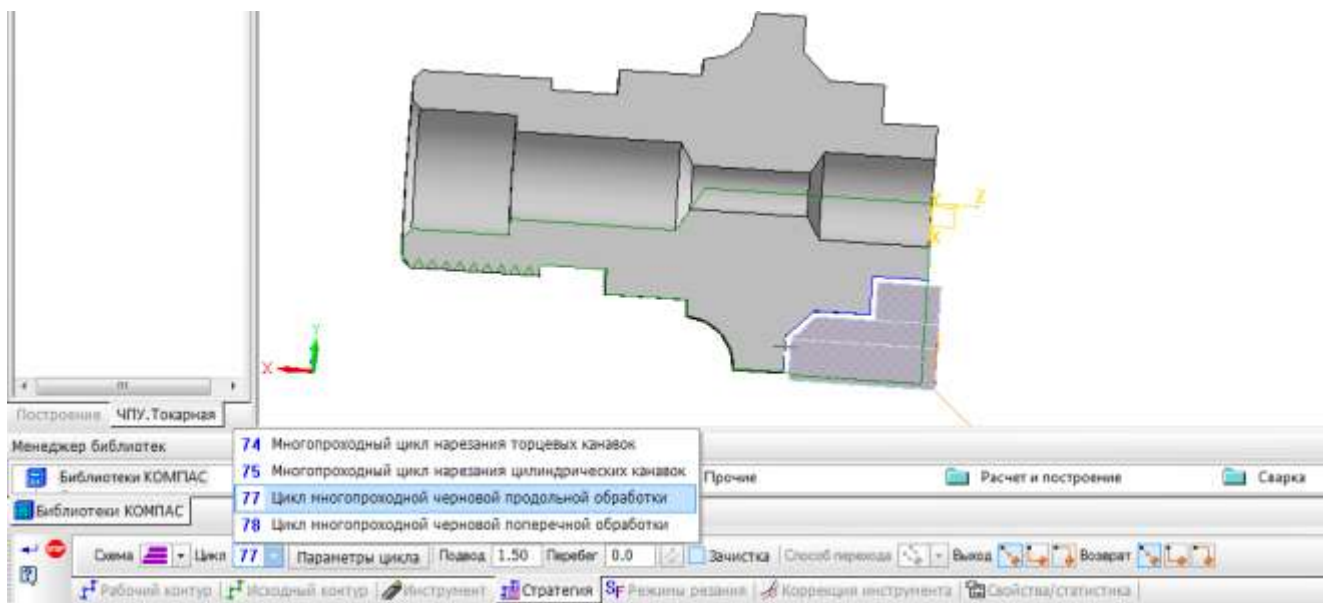
На вкладке **Рабочий контур** указываем поверхности обработки, задаем общий припуск для всех выбранных поверхностей равным 0,5 мм.



Исходный контур по умолчанию определяется автоматически как результат предыдущей обработки, либо как контур заготовки для первой обработки в Плане.

Поэтому переходим сразу на вкладку **Инструменты** и выбираем инструмент в первой позиции (*Сборный резец*).

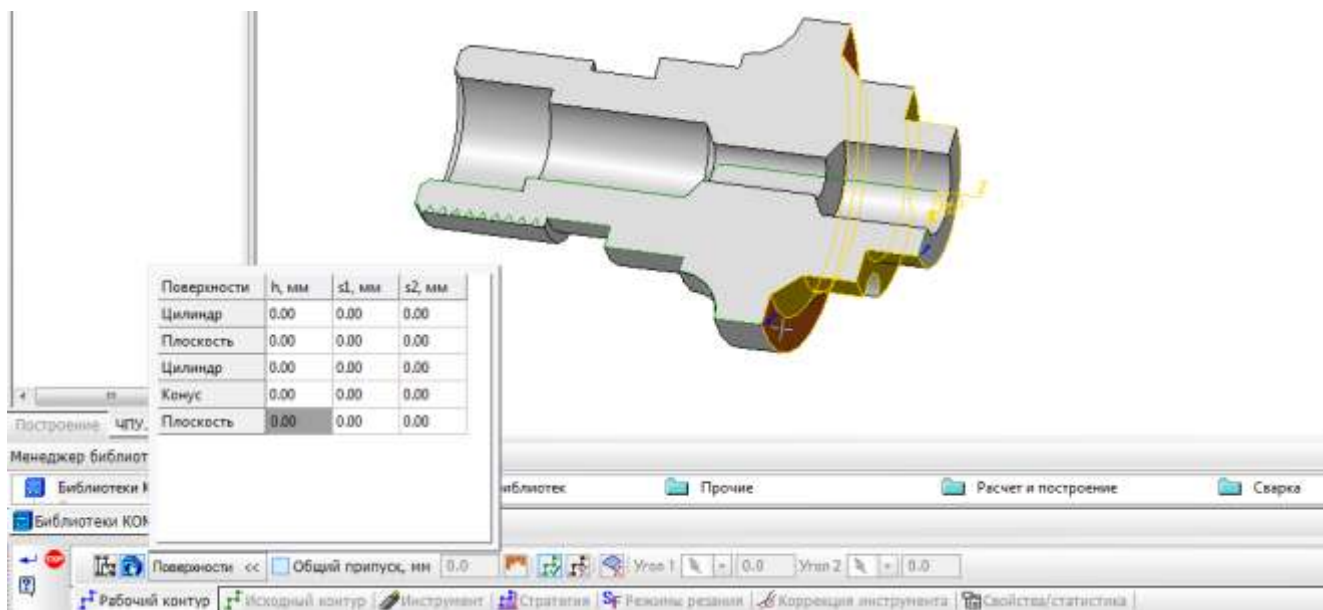
На вкладке **Стратегия** используем схему обработки в станочных циклах. В списке циклов выбираем цикл многопроходного продольного точения G77. В **Параметрах цикла** задаем глубину резания 2,5 мм.



Чистовая обработка по контуру

Вызываем команду библиотеки **Контур**.

На вкладке **Рабочий контур** указываем поверхности обработки.



На вкладке **Инструмент** выбираем *Резец проходной* в позиции 5.

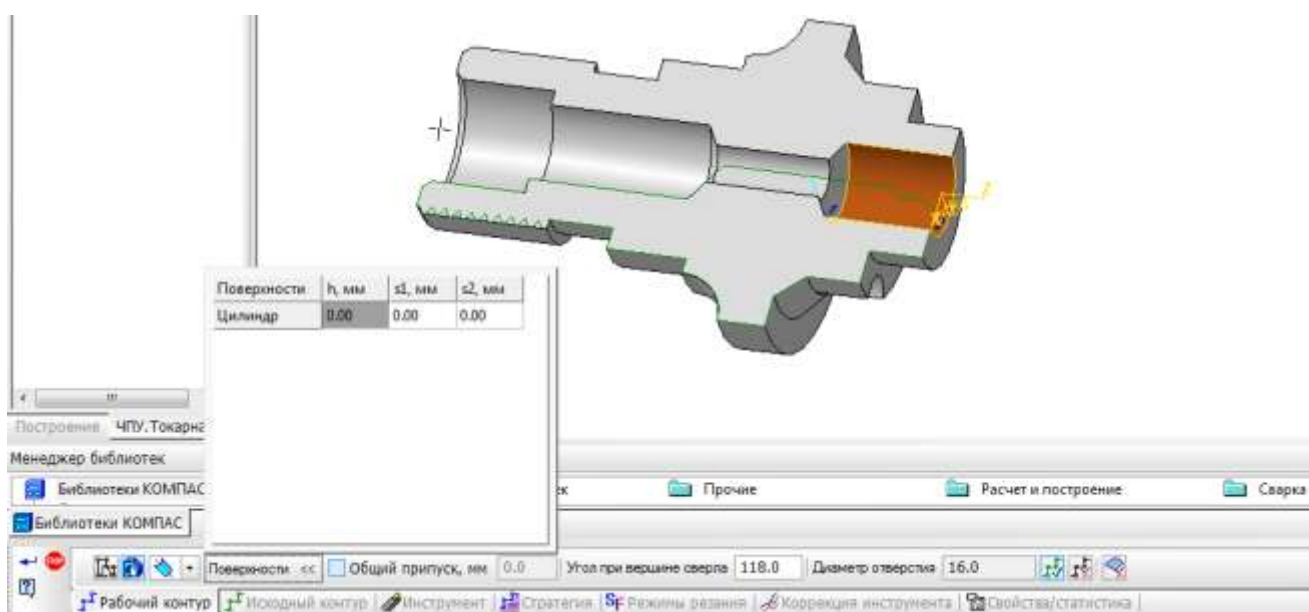
## Центрование

Центрование выполняем аналогично первому установу (см. раздел 4.3).

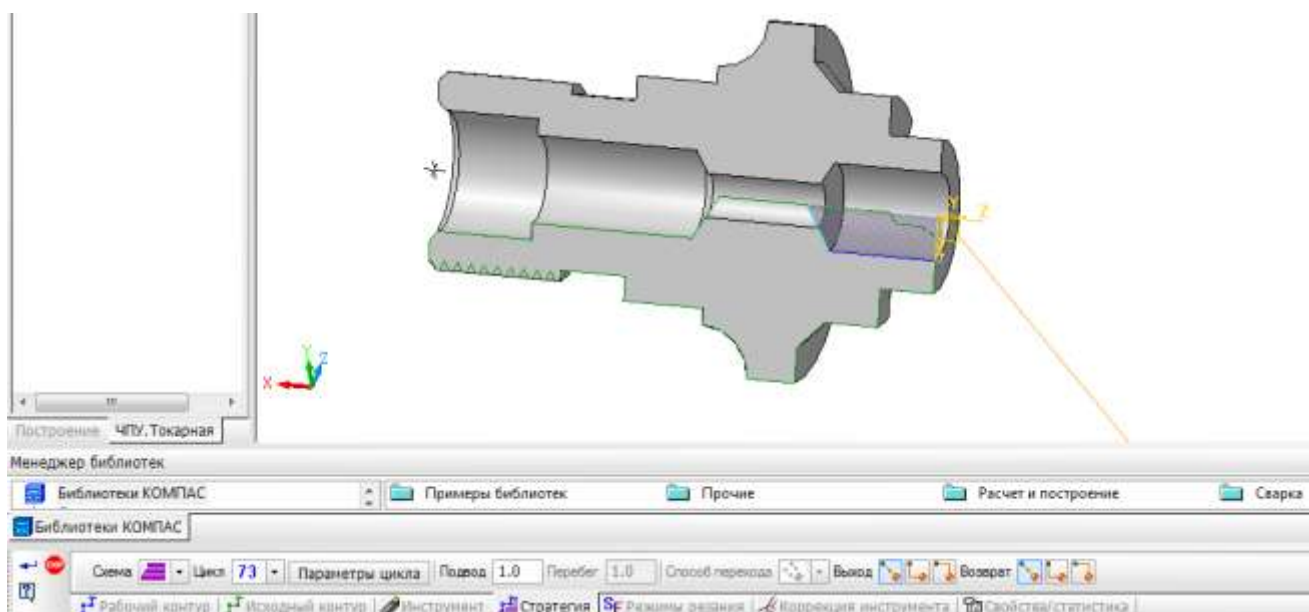
### 1.1. Сверление $d16\text{ мм}$

Вызываем команду библиотеки Сверление.

На вкладке **Рабочий контур** указываем поверхность сверления диаметром 16 мм.



На вкладке **Стратегия** используем схему обработки в станочных циклах. В списке циклов выбираем цикл глубокого сверления G73. В **Параметрах** цикла задаем глубину сверления за проход 16 мм. Сверление будет выполняться за 2 прохода.



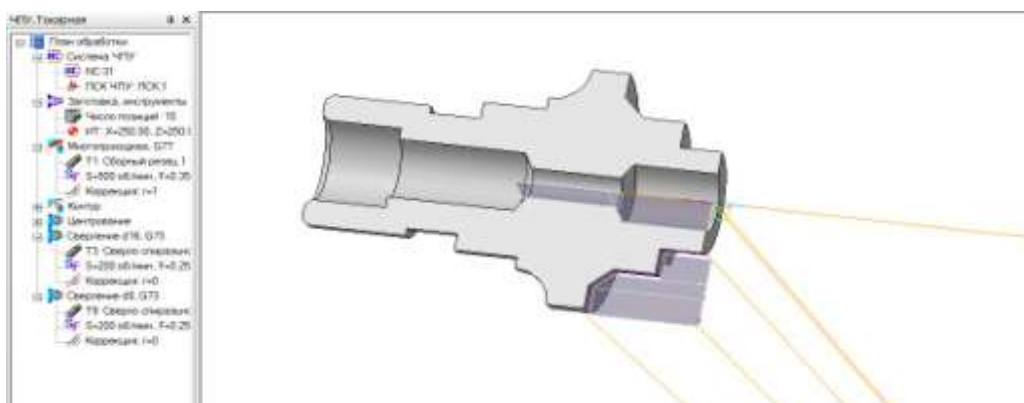
## Сверление $d8$ мм

Аналогичным образом выполняем сверление отверстия диаметром 8 мм с помощью станочного цикла G73.

На вкладке **Стратегия** используем схему обработки в станочных циклах. В списке циклов выбираем цикл глубокого сверления G73. В **Параметрах** цикла задаем глубину сверления за проход 10 мм. Сверление будет выполняться за 3 прохода. Способ выхода сверла из Исходной точки и возврата в Исходную точку устанавливаем под прямым углом.

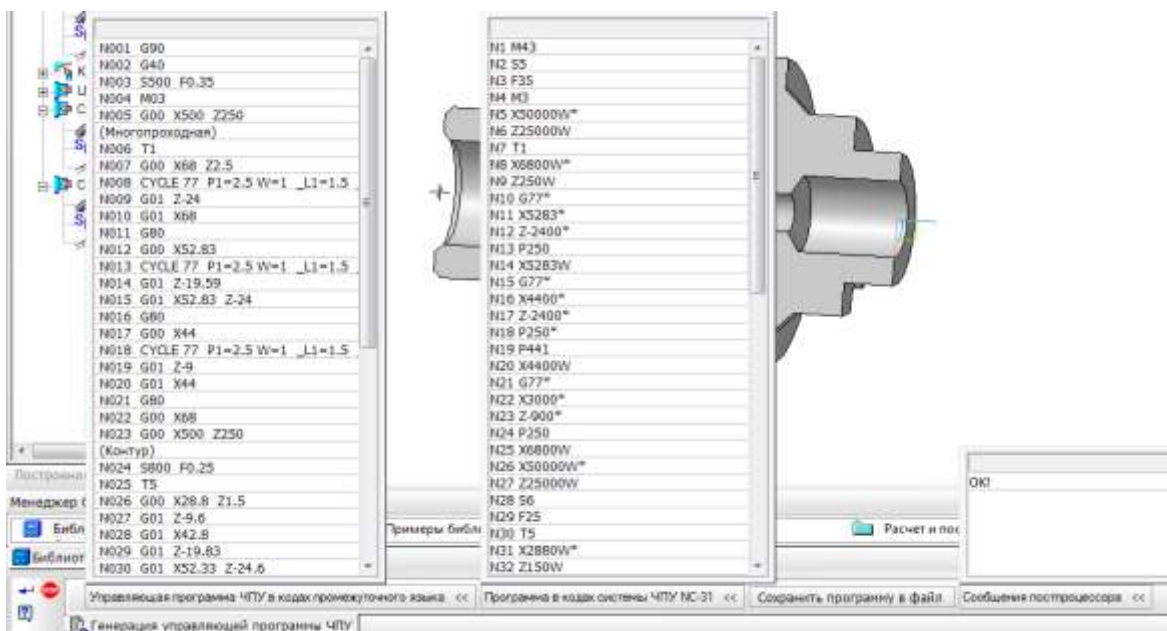
Сформированный Планг обработки и траектории обработок для второго установа показаны ниже на рисунке.

Генерация управляющей программы для второго установа



С помощью команды библиотеки **Программа ЧПУ** генерируем управляющую программу.

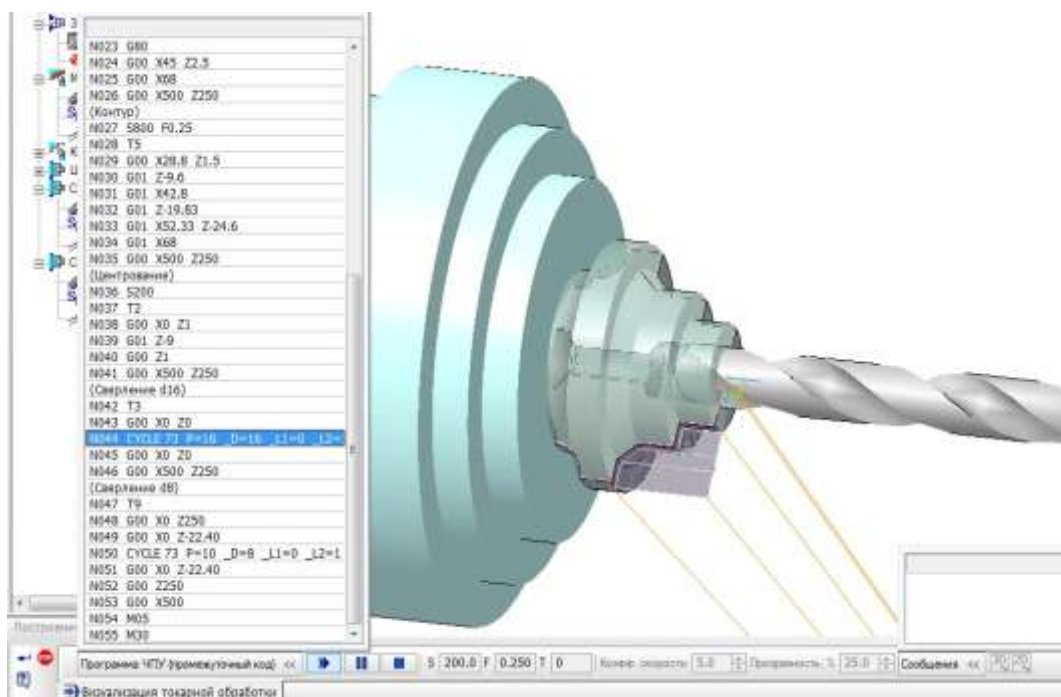
Визуализация управляющей программы для второго установа



Вызываем команду библиотеки **Визуализация**.

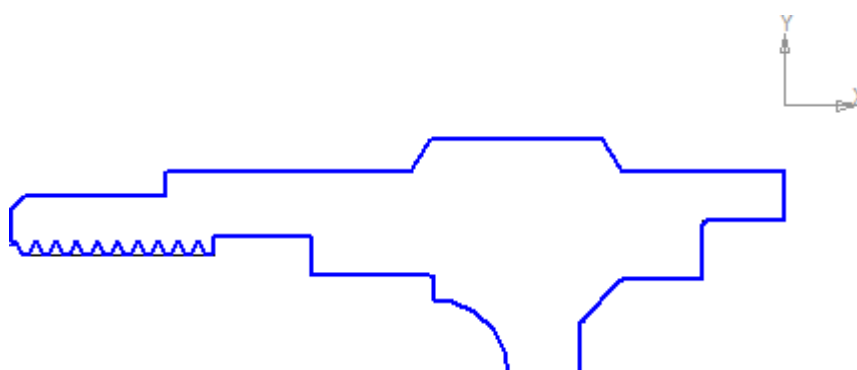
Визуализация перемещений инструмента внутри станочного цикла возможна только в том случае, если постпроцессор генерирует траекторию внутри цикла на основе алгоритма стойки управления. Если постпроцессор траекторию цикла не создает, то визуализация станочного цикла пропускается. В этом случае показывается только перемещение инструмента в начальную точку цикла и удаление материала внутри фигуры цикла без движений инструмента внутри цикла.

Постпроцессор для системы ЧПУ НЦ-31 рассчитывает траектории внутри циклов G77 и G73, поэтому перемещения инструментов внутри этих циклов визуализируются.



Для проверки соответствия полученного геометрического "образа" детали требуемому, выделяем последний кадр программы и нажимаем кнопку **2D**. В результате создается документ-фрагмент, содержащий контур детали и контур, полученный в результате обработки.

При увеличении масштаба фрагмента можно увидеть, что в углах контура детали остался не удаленный металл. Остаточный материал в данном случае обусловлен радиусами при вершине резцов.



## Практическое занятие №24

### Разработка технологического процесса механической обработки детали на фрезерных станках с ЧПУ в КОМПАС - Автопроект

Цель работы: формирование умений использовать программу Компас-Автопроект для разработки технологического процесса механической обработки деталей.

Проектирование нового ТП осуществляется при отсутствии в подсистеме КОМПАС-АВТОПРОЕКТ Спецификации ТП-аналога, т. е. ТП проектируется впервые. Тогда необходимо использовать спецификационные записи, зафиксированные в подсистеме КОМПАС-АВТОПРОЕКТ Спецификации, а затем перейти к проектированию ТП в подсистеме КОМПАС-АВТОПРОЕКТ Технология. Данная подсистема может работать в следующих режимах: ввод информации в диалоговом режиме с помощью процедур доступа к справочным БД; объединение отдельных технологических операций, записанных в архив для ранее спроектированных ТП в подсистеме КОМПАС-АВТОПРОЕКТ Спецификации; проектирование ТП – на основе аналога, записанного ранее также в архиве; проектирование нового ТП.

В любом случае сначала следует войти в подсистему КОМПАС-АВТОПРОЕКТ Спецификации по командам, описанным в лабораторной работе № 1, и на схеме навигации перейти на уровень **Спецификация** (рис. 4), затем в дереве сборки указать **Блок натяжной** (занесенный ранее), а в таблице деталей сделать текущей строку записи детали **Ось** и нажать клавишу **Файлы** на схеме навигации. В появившейся таблице документов детали **Ось** нужно нажать кнопку **Вставка пустой записи** на **Панели управления**. В результате система перейдет в режим редактирования этой записи, а на экране появится таблица **Данные**, которые нужно либо ввести с клавиатуры, либо выбрать из справочников. Например, дата, фамилия и др. вводятся пользователем, а наименование документа – по справочнику (выполняется двойным щелчком команда **Механообработка**). В появившейся таблице наименований документов нужно выделить строку **Технология механообработки** и выполнить на ней двойной щелчок клавишей мыши. В появившейся на экране схеме навигации необходимо на уровне **Порядковый номер** указать пустую запись, а на уровне **Имя файла** система сформирует имя документа (обозначение детали и метод обработки), после чего вам нужно выполнить двойной щелчок на имени документа. Система вернется в режим редактирования и появится таблица для ввода исходных данных, которая заполняется пользователем либо с клавиатуры, либо с помощью справочников.

В режиме **Редактирование** необходимо с помощью справочника заполнить строку **Состояние** и нажать кнопку **Выход** на **Панели управления**. В таблице документов детали **Ось** появится новый раздел **Архивные технологии**, в котором с помощью двойного щелчка или клавиши **F12** на записи **Технология мехобработки** нужно подтвердить запуск приложения **arch tex.exe** нажа-

тием кнопки **Yes**. В появившемся окне **Архиватор техпроцессов** можно вызвать новую технологию, нажав на кнопку **Новая технология**, и подтвердить изменение текущей технологии кнопкой **ОК**. Наконец, следует перейти в подсистему КОМПАС-АВТОПРОЕКТ Технология, так как в рабочее поле системы уже загружена технология детали **Ось**, и она будет текущей.

**Проектирование нового ТП в диалоговом режиме.** Этот режим используется чаще всего на начальном этапе при отсутствии в архиве типовых ТП.

**Формирование операций.** Вначале на схеме навигации следует выбрать уровень **Операции** и нажать на клавишу мыши. На экране появится таблица со списком операций текущего ТП, содержащая единственную пустую запись, так как ТП еще не создан. После нажатия на кнопку **Редактировать запись** на **Панели управления** или на клавишу **F4** система перейдет в режим редактирования. В поле **Операция** при нажатии кнопки вызова справочника справа от поля появится таблица операций (Шлифовальная, Фрезерная, Токарная и т. д.) и схема навигации (рис. 8).

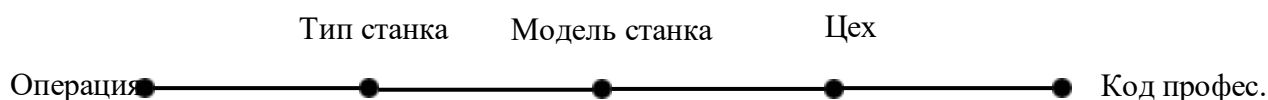


Рис. 8. Схема навигации для формирования операций

Пользуясь схемой навигации, можно выбрать последовательно требуемые операции и модели станков цеха, коды профессии, используя вершины схемы и клавишу мыши по таблицам операций, типов станков, моделей станков, номеров цехов, кодов профессий. После выбора кода профессии необходимо нажать кнопку **Переход на следующую таблицу** на **Панели управления** или клавишу **F12**, тогда система вернется в режим ввода данных об операции. В появившейся таблице будут уже заполнены данные, упомянутые выше. Остальные данные заполняются из справочников.

**Подключение к операции файла эскиза.** В предыдущей таблице с помощью кнопки **Прокрутки** (пролистав файл) необходимо нажать кнопку вызова справочника справа от поля **Файл эскиза** и выбрать режим подключения документа в появившемся окне **Новый документ** и нажать клавишу **ОК**. В диалоге выбора файлов необходимо открыть список **Тип файлов** и вызвать тип документа **КОМПАС – Фрагменты чертежа**, а в списке файлов найти и сделать текущим эскиз детали **Ось** и нажать кнопку **Открыть**. В результате подключения файла эскиза система вернется в режим редактирования. На **Панели управления** можно нажать кнопку **Выход**. Система вновь вернется в таблицу операций текущей технологии, в которой дополнительно отобразится поле **Файл эскиза**. Путем нажатия клавиш **Ctrl** и **W** в поле **Файл эскиза** и вызова из меню строки **Редактор Компас** система вызовет эскиз детали **Ось** (в данной

операции выполняется, например, фрезерование торцов и сверление центровых отверстий). После просмотра эскиза с помощью команды **Файл – Выход** закрывается окно системы КОМПАС-ГРАФИК. Для формирования следующей операции нужно нажать в таблице операций кнопку  $\langle \downarrow \rangle$ , тогда система сформирует новую пустую запись, в которую будет записана следующая операция, например токарная, по командам, описанным выше.

**Нумерация операций.** Нумерацию операций можно выполнить автоматически с помощью специальной процедуры, для чего следует вернуться на уровень операций на схеме навигации основного меню (рис. 3) и нажать дважды кнопку **Нумерация операций и переходов** в группе **Процедуры**, а затем, не изменяя параметров процедур, нажать кнопку **Старт**. Тогда система автоматически выполнит нумерацию, начиная с заданного номера (например, 005) с шагом 5 эти цифры вводятся в окне **Нумерация**.

**Формирование переходов.** В таблице операций текущего ТП в основном меню необходимо сделать текущей первую операцию **Фрезерно-центровальная** и указать уровень **Переходы** на схеме навигации. При нажатии кнопки вызова справочника в правой части поля **Тип перехода** появится таблица переходов, в которой можно выбрать основные и вспомогательные переходы, режущие инструменты, оборудование и т. д. Например, после выделения записи **Основной переход** (выбор) и нажатия кнопки **Переход на следующую таблицу** на **Панели управления** система перейдет в режим формирования текста перехода и появится схема навигации (рис. 9), содержащая четыре вершины для вызова четырех таблиц.

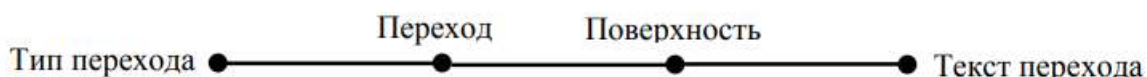


Рис. 9. Схема навигации для формирования переходов

Выбирая последовательно вершины переходов, в таблице можно выделить любые поля и сформировать текст перехода полностью или отредактировать его. После нажатия кнопки **Переход на следующую таблицу** на **Панели управления** система вернется в таблицу переходов **Фрезерно-центровальной** операции, в которой будет зафиксирована запись нового перехода. Аналогичным образом формируются остальные переходы. Здесь рассмотрен основной переход. Следует помнить, что первым и последним будут вспомогательные переходы, тексты которых также представлены в таблице переходов.

**Ввод данных об оснастке.** В тексты основных переходов необходимо дополнительно вводить данные об оснастке, для чего в меню **Фрезерно-центровальной операции** следует в поле записи текста перехода нажать кнопку  $\langle \downarrow \rangle$ , тогда система сформирует новую пустую строку. Щелкнув в поле **Тип перехода** и нажав кнопку справочника в правой части поля, появится таблица приспособлений, в которой нужно выделить запись **Приспособления станоч-**

ные и нажать кнопку **Переход на следующую таблицу** на **Панели управления**. На экране появится таблица видов операций со схемой навигации (рис. 10).

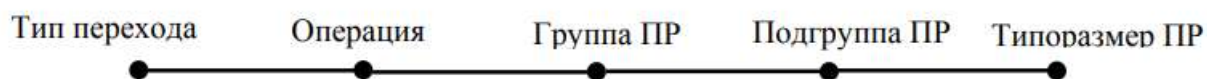


Рис. 10. Схема навигации для выбора приспособлений

В таблице видов операций нужно указать запись **Фрезерная** и вершину **Группа ПР** на схеме навигации и нажать кнопку вершины. В появившейся таблице приспособлений необходимо выделить запись, например, **Призмы**, а в таблице подгрупп приспособлений, вызванной с помощью клавиши мыши вершины **Подгруппы ПР**, на схеме навигации указать запись **Призмы подвижные**. Далее щелчком клавиши мыши по вершине **Типоразмер ПР** вызывается следующая таблица с типоразмерами приспособления, в которой можно выделить строку с записью, например, **Призмы подвижные ГОСТ 12.1.93–66**. При нажатии кнопки **Переход на следующую таблицу (Панель управления)** на экране появится окно для выбора следующего приспособления (если это необходимо) с зафиксированным первым приспособлением. После выбора требуемых приспособлений следует нажать кнопку **Выход на Панели управления**. Система автоматически введет в основной переход оснастку и вновь появится основное меню **Фрезерно-центральной операции**.

**Ввод данных о средствах защиты.** Вызвав таблицу переходов на схеме навигации основного меню для проектируемой операции, создав в ней новую запись, можно с помощью кнопки **Тип перехода** указать запись **Средства индивидуальной защиты (СИЗ)**. После нажатия кнопки **Переход на следующую таблицу (Панель управления)** появится таблица со средствами защиты, в которой можно выделить запись, например, **Одежда специальная** и перейти на уровень **Назначение** в схеме навигации (рис. 11).



Рис. 11. Схема навигации для выбора средств защиты

В таблице **Назначений** нужно выделить запись, например, **Для защиты от механических воздействий** и перейти на уровень **Наименование**. В появившейся таблице выбирается запись, например, **Костюм мужской ГОСТ 12.4.038–78**. После нажатия кнопки **Переход на следующую таблицу на Панели управления** в появившемся меню **Фрезерно-центральной операции** отобразится запись на следующей<sup>91</sup> строке после поля **Приспособления**

**Средство индивидуальной защиты – Костюм мужской ГОСТ 12.4.038–78.** Здесь можно в такой же последовательности записать и другие средства защиты са- мостоятельно на следующей строке, например, **Средства защиты – Средства защиты глаз и лица – Очки для защиты глаз от воздействия твердых час- тиц – Очки защитные открытые ГОСТ 12.4.013–85.** Аналогично можно за- писать и дополнительные средства защиты. После нажатия кнопки **Переход на следующую таблицу на Панели управления** на экране вновь появится меню **Операции**.

**Ввод данных о смазочно-охлаждающих жидкостях.** В таблице переходов меню **Операции** нужно создать новую запись и вызвать справочник **Тип перехода**. Далее в таблице **Типов переходов** необходимо выбрать запись **СОЖ** и нажать кнопку **Переход на следующую таблицу на Панели управления**. В появившейся таблице видов **СОЖ** нужно указать запись **Эмульсия из эмуль- сола**, а в схеме навигации – вершину **СОЖ** (рис. 12). В таблице **СОЖ** нужно нажать кнопку **Найти запись на Панели управления**, а в диалоговом окне **Поиск данных** в поле **Значение** необходимо ввести текст 3–5 % НГЛ и нажать кнопку **ОК**, затем – на кнопку **Отмена** и, наконец, на кнопку **Перейти на сле- дующую таблицу на Панели управления**.



Рис. 12. Схема навигации для выбора СОЖ

**Ввод данных о режущем инструменте.** На следующем этапе, помимо выбора приспособлений, средств защиты (желательно, чтобы они были общими для всех переходов), целесообразно ввести данные о режущем, измерительном, вспомогательном инструментах. Для чего необходимо добавить в таблицу опе- рации новую запись и вызвать справочник поля **Тип переходов**, в котором нужно указать запись **Режущие инструменты**. Появится таблица инструментов и схема навигации. В таблице видов инструментов следует выделить запись **Фреза**, а в схеме навигации (рис. 13) перейти на вершину **Группа РИ**, затем в таблице РИ указать запись **Фреза Торцовая** и перейти к вершине **Подгруппа РИ** по рис. 13.



Рис. 13. Схема навигации для выбора режущего инструмента

Далее в подгруппе РИ следует выбрать торцовую насадную фрезу из **Твердого сплава Т15К10** и перейти к вершине **Типоразмер**. На экране появит- ся новая таблица типоразмеров, в которой можно выделить запись фрезы с обо-

значением 2214-0005 с требуемыми для пользователя данными. Завершить выбор РИ можно путём нажатия кнопки **Переход на следующую таблицу** на **Панели управления** и в появившейся на экране таблице с текстом перехода выполнить два щелчка в поле **Переход** последней записи. Система переходит в режим редактирования, в котором в последней строке можно к записи **Фреза T15K10 ГОСТ 24359–80** добавить текст «торцевая правая» ( $D = 160$ ,  $Z = 10$ ) и нажать на клавишу **Enter** на клавиатуре. Система сохранит всю запись. Аналогичным образом можно осуществить выбор вспомогательного и измерительного инструментов.

Если требуется добавить другую фрезу, например с левым исполнением, то можно воспользоваться кнопкой **Копировать в накопитель** на **Панели управления**, а далее работать по схеме, описанной выше.

**Ввод записей в ручном режиме.** Ввод записей можно осуществлять и не прибегая к справочникам БД КОМПАС-АВТОПРОЕКТ. Для чего в таблицу переходов текущей технологии следует добавить, например, две новые записи и сделать их поля текущими и ввести тексты, а затем нажать на клавишу **Enter**.

Допустим, что нужно сформировать другой переход в дополнение к предыдущему. Для этого пользователю нужно открыть таблицы БД и выбрать из них следующие записи (табл. 1).

Например, в текущем пустом поле можно записать текст «Снять деталь и уложить в тару».

**Нумерация и структуризация переходов.** В группе **Процедуры** в таблице переходов текущей технологии нужно двойным щелчком нажать кнопку.

Таблица 1

Записи для формирования дополнительного перехода

| Таблица                          | Запись                        |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Тип перехода                     | Вспомогательный переход       |
| Тип вспомогательного перехода    | Перемещение                   |
| Группа вспомогательного перехода | Снять                         |
| Вспомогательный переход          | Снять деталь и уложить в тару |

**Нумерация переходов** осуществляется на схеме навигации (рис. 1, 3). Появится окно сообщения на экране монитора (рис. 14).

|           |          |   |
|-----------|----------|---|
| Нумерация |          | ✕ |
| Переходы  | Операции |   |

☒ нумерация переходов Начать  
 с   
 Нумерация с шагом   
☐ Структуризация

Рис. 14. Окно нумерации и структуризации переходов

На закладке **Переходы** нужно записать требуемые значения счетчиков **Начинать с** и **Нумерация с шагом** и нажать кнопку **Старт**. Система запишет эти данные в таблицу текущей технологии.

**Сохранение технологического процесса.** Новый спроектированный или незаконченный технологический процесс зачастую нужно сохранить либо для дальнейшего использования, либо для редактирования. Для этого в группе **Архивы** на схеме навигации текущей технологии (рис. 1) следует нажать дважды клавишей мыши на пиктограмму **Сохранить технологию локально**. Тогда все таблицы текущей технологии и подключенные к операциям эскизы упаковываются в один файл, который по умолчанию находится в каталоге **D:\autowin\arx tex\xxx\temp**. Если требуется доработать или скорректировать существующий ТП, то необходимо в группе **Архивы** на схеме навигации текущей технологии двойным щелчком мыши нажать на пиктограмме **Загрузить локальную технологию**. В рабочее поле системы будет загружена таблица с оглавлением локальных ТП, в которой с помощью курсора можно выделить запись, например, **БН 01.02.01.03 Ось**, затем нажать на клавишу **F12**. В появившемся окне запроса нужно подтвердить изменение текущей технологии, нажав кнопку **Загрузить** (рис. 15). Затем на схеме навигации следует указать вершину **Операции** и выбранный ТП станет текущим. Далее можно либо редактировать существующий ТП, либо добавлять операции, переходы.

Загрузка локальной технологии ✕  
 Загрузка   
☒ текущую технологию В  
☐ дублирующую технологию сведения

Рис. 15. Окно запроса загрузки ТП

Проектирование нового технологического процесса изготовления вашей детали заключается в следующем.

1. Прежде всего пользователь (студент) должен убедиться, что в архиве предыдущей подсистемы КОМПАС-АВТОПРОЕКТ Спецификации будет отсутствовать спецификация на аналогичный или близкий к выданному вам преподавателем сборочный узел и его детали, а также разработанные ранее технологические процессы изготовления подобные вашей детали. В этом случае студенту следует спроектировать новый технологический процесс изготовления «своей» детали.

2. Найти в подсистеме КОМПАС-АВТОПРОЕКТ Спецификации информацию о сборочном узле и деталях, выданных ранее преподавателем и записанных при выполнении лабораторных работ № 1 и № 2.

3. Используя информацию по п. 2, перейти к проектированию нового ТП в диалоговом режиме в подсистеме КОМПАС-АВТОПРОЕКТ Технология.

4. Осуществить формирование каждой технологической операции, используя схему навигации (рис. 8), по которой следует выбрать требуемую операцию, тип, модель станка, номер цеха, код профессии, по схеме навигации по (рис. 11) – средства защиты и, наконец, по схеме навигации (рис. 12) – выбрать СОЖ.

5. Для формируемой операции необходимо последовательно выбрать для каждой обрабатываемой поверхности требуемые переходы, используя схему навигации (рис. 9).

6. В свою очередь, для каждого перехода по схеме навигации по рис. 13 нужно выбрать и записать режущий, вспомогательный, измерительный инструмент, а по схеме навигации (рис. 10) – требуемое приспособление.

7. Осуществить нумерацию и структурирование переходов с помощью окна (рис. 14).

8. Сохранить технологический процесс после формирования операций и переходов.

Работа рассчитана на четыре часа. Результатом является маршрутная (МК) и операционная (ОК) карты, выведенные на печать.

#### Контрольные вопросы

1. Как осуществить вызов режима работы с новыми технологиями?
2. Описать схему навигации для формирования технологических операций.
3. Как подключить к технологической операции файлы эскизов?
4. Для чего нужна нумерация и структуризация операций?
5. Описать порядок формирования технологических переходов.
6. Описать порядок ввода данных об оснастке.
7. Описать порядок ввода данных о средствах защиты.
8. Привести схему навигации для выбора СОЖ.
9. Описать порядок ввода данных о РИ, ВИ, ИИ.

10. Как сохранить технологический процесс изготовления деталей?
11. Описать команды для вывода на печать технологической документации.
12. Для чего нужна нумерация и структуризация технологических переходов?