

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра подъёмно-транспортных, строительных, дорожных машин и  
оборудования**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ СРЕДСТВ И ОБОРУДОВАНИЯ**

Б1.Б.19.25 (годы набора 2015)

Б1.Б.20.25 (годы набора 2016, 2017, 2018)

## **СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**

**23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства**

## **СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ**

**Подъемно-транспортные, строительные,  
дорожные средства и оборудование**

## **Программа специалитета**

Квалификация выпускника: инженер

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b> | <b>3</b>  |
| <b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>  | <b>5</b>  |
| 3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....  | 5         |
| 3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....  | 6         |
| <b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>  | <b>6</b>  |
| 4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....   | 6         |
| 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....   | 8         |
| 4.3 Лабораторные работы.....   | 9         |
| 4.4 Практические занятия.....  | 9         |
| 4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект.....  | 10        |
| <b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>            | <b>12</b> |
| <b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>   | <b>13</b> |
| <b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>                           | <b>14</b> |
| <b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>  | <b>14</b> |
| 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ, практических занятий.....   | 15        |
| 9.2. Методические указания для обучающихся по выполнению курсового проекта.....  | 75        |
| <b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>                          | <b>76</b> |
| <b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>                        | <b>76</b> |
| <b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>                                   | <b>77</b> |
| <b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>  | <b>83</b> |
| <b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>   | <b>84</b> |

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

- подготовка технологической документации для обеспечения процессов производства подъёмно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования;
- осуществление информационного поиска по выбору оборудования, приспособлений и инструментов для обеспечения процессов производства подъёмно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования;
- участие в разработке технологических процессов производства подъёмно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования;
- осуществление выбора средств контроля качества для обеспечения процессов производства подъёмно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования.

## Задачи дисциплины

- изучить вопросы состояния технологии производства подъёмно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования и перспективах ее развития;
- дать практические навыки по выбору и обоснованию исходных данных для проектирования технологических процессов производства подъёмно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования;
- освоить общую методологию и принципы проектирования процессов изготовления и восстановления деталей подъёмно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования;
- научить решать практические задачи технологии и организации производства подъёмно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования.

| Код компетенции | Содержание компетенций  | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине  |
|-----------------|---|--|
| 1               | 2   | 3  |
| ОК-1            | способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу   | <b>знать:</b> основные направления повышения технологичности наземных транспортно-технологических средств и их технологического и оборудования<br><b>уметь:</b> осуществлять синтез решений направленных на повышение технологичности наземных транспортно-технологических средств и их технологического и оборудования<br><b>владеть:</b> методами анализа степени конструктивного совершенства наземных транспортно-технологических средств  |
| ПК-10           | способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического | <b>знать:</b> форму технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования<br><b>уметь:</b> оформлять технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования<br><b>владеть:</b> навыками разработки технологической документации для производства, модернизации, |

|         |   |   |
|---------|---|---|
|         | оборудования  | эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования   |
| ПК-11   | способность осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования  | <b>знать:</b> методы и средства контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования<br><b>уметь:</b> осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования<br><b>владеть:</b> навыками использования средств контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования   |
| ПСК-2.7 | способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ   | <b>знать:</b> основную технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ;<br><b>уметь:</b> осуществлять разработку технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ;<br><b>владеть:</b> навыками разработки технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ.             |
| ПСК-2.8 | способностью осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ и их технологического оборудования | <b>знать:</b> средства и методы контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ и их технологического оборудования<br><b>уметь:</b> осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ и их технологического оборудования<br><b>владеть:</b> навыками использования средств контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ и их технологического оборудования |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.20.25 (Б1.Б.19.25) Технология производства подъемно-транспортных, строительных дорожных средств и оборудования относится к базовой части.

Дисциплина Технология производства подъемно-транспортных, строительных дорожных средств и оборудования базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: Конструкции подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования, Системы автоматизированного проектирования подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин Технология производства подъемно-транспортных, строительных дорожных средств и оборудования представляет основу для изучения дисциплин: Ремонт и утилизация подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования, Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации специалист.

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

| Форма обучения                       | Курс | Семестр | Трудоемкость дисциплины в часах |                  |        |                     |                      |                        | Курсовой проект | Вид промежуточной аттестации |
|--------------------------------------|------|---------|---------------------------------|------------------|--------|---------------------|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------------|
|                                      |      |         | Всего часов (с экз.)            | Аудиторных часов | Лекции | Лабораторные работы | Практические занятия | Самостоятельная работа |                 |                              |
| 1                                    | 2    | 3       | 4                               | 5                | 6      | 7                   | 8                    | 9                      | 10              | 11                           |
| <b>Очная</b>                         | 4    | 7       | 252                             | 85               | 51     | 17                  | 17                   | 131                    | КП              | экзамен                      |
| <b>Заочная</b>                       | 4,5  | –       | 252                             | 26               | 12     | 4                   | 10                   | 217                    | 4КП             | 5экзамен                     |
| <b>Заочная (ускоренное обучение)</b> | –    | –       | –                               | –                | –      | –                   | –                    | –                      | –               | –                            |
| <b>Очно-заочная</b>                  | –    | –       | –                               | –                | –      | –                   | –                    | –                      | –               | –                            |

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

| Вид учебных занятий  | Трудо-<br>емкость<br>(час.) | в т.ч. в<br>интерактивной,<br>активной,<br>иннова-<br>ционной<br>формах,<br>(час.) | Распределение<br>по семестрам,<br>час |
|--|-----------------------------|--|---------------------------------------|
|  |                             |  | 7                                     |
| 1  | 2                           | 3  | 4                                     |
| <b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b> | 85                          | 20   | 85                                    |
| Лекции (Лк)  | 51                          | 10   | 51                                    |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 17                          | 6  | 17                                    |
| Практические занятия (ПЗ)  | 17                          | 4  | 17                                    |
| Курсовой проект  | +                           | -  | +                                     |
| Групповые (индивидуальные) консультации                          | +                           | -  | +                                     |
| <b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>               | 131                         | -  | 131                                   |
| Подготовка к лабораторным работам                                | 34                          | -  | 34                                    |
| Подготовка к практическим занятиям                               | 34                          | -  | 34                                    |
| Подготовка к экзамену в течение семестра                         | 22                          | -  | 22                                    |
| Выполнение курсового проекта                                     | 41                          | -  | 41                                    |
| <b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>                     | 36                          | -  | 36                                    |
| Общая трудоемкость дисциплины ..... час.<br>зач. ед.             | 252<br>7                    | -<br>-   | 252<br>7                              |

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

| №<br>раз-<br>дела<br>и<br>темы | Наименование<br>раздела и<br>тема дисциплины             | Трудоемкость,<br>(час.) | Виды учебных занятий, включая самостоятельную<br>работу обучающихся и трудоемкость; (час.) |                        |                         |  |
|--------------------------------|--|-------------------------|--|------------------------|-------------------------|--|
|                                |  |                         | учебные занятия  |                        |                         | Самостоятельная<br>работа<br>обучающихся |
|                                |  |                         | лекции   | лабораторные<br>работы | практические<br>занятия |  |
| 1                              | 2  | 3                       | 4  | 5                      | 6                       | 6  |
| 1.                             | Изделие и технологический процесс в машиностроении.      | 18                      | 4  | -                      | -                       | 14                                       |
| 2.                             | Точность механической обработки и методы её обеспечения. | 29                      | 6  | 4                      | 4                       | 15                                       |
| 3.                             | Качество поверхности деталей машин и заготовок.          | 24                      | 6  | 2                      | 2                       | 14                                       |

|    |  |            |           |           |           |            |
|----|--|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 4. | Технологичность и ремонтпригодность конструкции.                       | 28         | 5         | 4         | 4         | 15         |
| 5. | Заготовки для деталей машин.   | 26         | 6         | 3         | 3         | 14         |
| 6. | Основы проектирования технологических процессов механической обработки | 29         | 6         | 4         | 4         | 15         |
| 7. | Основы конструирования приспособлений                                  | 20         | 6         | -         | -         | 14         |
| 8. | Технология производства типовых деталей ПТ СДМ.                        | 21         | 6         | -         | -         | 15         |
| 9. | Основы технологии сборочных процессов.                                 | 21         | 6         | -         | -         | 15         |
|    | <b>ИТОГО</b>   | <b>216</b> | <b>51</b> | <b>17</b> | <b>17</b> | <b>131</b> |

- для заочной формы обучения:

| № раздела и темы | Наименование раздела и тема дисциплины                                 | Трудоемкость, (час.) | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.) |                     |                      |                                    |
|------------------|--|----------------------|---|---------------------|----------------------|------------------------------------|
|                  |  |                      | учебные занятия   |                     |                      | Самостоятельная работа обучающихся |
|                  |  |                      | лекции  | лабораторные работы | практические занятия |                                    |
| 1                | 2  | 3                    | 4   | 5                   | 6                    |                                    |
| 1.               | Изделие и технологический процесс в машиностроении.                    | 26                   | 1   | -                   | -                    | 25                                 |
| 2.               | Точность механической обработки и методы её обеспечения.               | 28                   | 1   | 1                   | 2                    | 24                                 |
| 3.               | Качество поверхности деталей машин и заготовок.                        | 28                   | 1   | 1                   | 2                    | 24                                 |
| 4.               | Технологичность и ремонтпригодность конструкции.                       | 27,5                 | 1   | 0,5                 | 2                    | 24                                 |
| 5.               | Заготовки для деталей машин.   | 27,5                 | 1   | 0,5                 | 2                    | 24                                 |
| 6.               | Основы проектирования технологических процессов механической обработки | 29                   | 2   | 1                   | 2                    | 24                                 |

|    |   |            |           |          |           |            |
|----|---|------------|-----------|----------|-----------|------------|
| 7. | Основы конструирования приспособлений           | 26         | 2         | -        | -         | 24         |
| 8. | Технология производства типовых деталей ПТ СДМ. | 26         | 2         | -        | -         | 24         |
| 9. | Основы технологии сборочных процессов.          | 25         | 1         | -        | -         | 24         |
|    | <b>ИТОГО</b>                                    | <b>243</b> | <b>12</b> | <b>4</b> | <b>10</b> | <b>217</b> |

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам.

| <i>№ раздела и темы</i> | <i>Наименование раздела и темы дисциплины</i>            | <i>Содержание лекционных занятий</i>  | <i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i> |
|-------------------------|--|---|--|
| 1                       | 2  | 3   | 4  |
| 1.                      | Изделие и технологический процесс в машиностроении.      | Качество продукции. Изделие и его элементы. Производственный и технологический процессы. Техническая норма времени. Типы производства и методы работы.  | Лекция-диспут (1 час.)   |
| 2.                      | Точность механической обработки и методы её обеспечения. | Анализ понятий точности механической обработки методами математической статистики. Базы и погрешность установки заготовок. Выбор баз. Пересчет размеров и допусков при смене баз. Факторы, влияющие на точность механической обработки. Определение суммарной погрешности механической обработки. Пути повышения точности механической обработки. | Лекция-диспут (1 час.)   |
| 3.                      | Качество поверхности деталей машин и заготовок.          | Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей. Факторы, влияющие на качество поверхности. Методы измерения и оценки качества поверхности. Технологические методы, повышающие качество поверхностного слоя деталей машин.  | Лекция-диспут (1 час.)   |
| 4.                      | Технологичность и ремонтпригодность конструкции.         | Технологические требования к конструкции сборочных единиц. Технологические требования к конструкции деталей машин. Ремонтпригодность машин.   | Лекция-диспут (1 час.)   |
| 5.                      | Заготовки для деталей машин.                             | Методы получения заготовок. Предварительная обработка заготовок   | -  |
| 6.                      | Основы проектирования                                    | Основные этапы проектирования технологических процессов механической  | -  |

|    |  |  |                                     |
|----|--|--|-------------------------------------|
|    | технологических процессов механической обработки | обработки. Техничко-экономические показатели. Документирование технологического процесса. Типизация технологических процессов. Специфика построения групповых технологических процессов.                               |                                     |
| 7. | Основы конструирования приспособлений            | Установочные элементы приспособлений. Зажимные устройства приспособлений. Детали для направлений и установки инструмента, вспомогательные устройства и корпуса приспособлений. Разновидности станочных приспособлений. | Разбор конкретных ситуаций (2 час.) |
| 8. | Технология производства типовых деталей ПТ СДМ.  | Технология производства валов и осей, корпусных деталей, втулок, цилиндров гидросистем, зубчатых колес.  | Разбор конкретных ситуаций (2 час.) |
| 9. | Основы технологии сборочных процессов.           | Технологические методы, обеспечивающие точность сборки. Техническое нормирование сборочных операций. Основы проектирования технологических процессов сборки.   | Разбор конкретных ситуаций (2 час.) |

#### 4.3. Лабораторные работы

| <i>№<br/>n/n</i> | <i>Номер<br/>раздела<br/>дисциплины</i> | <i>Наименование<br/>лабораторных работ</i>                             | <i>Объем<br/>(час.)</i> | <i>Вид<br/>занятия в<br/>интерактивной,<br/>активной,<br/>инновационной<br/>формах,<br/>(час.)</i> |
|------------------|---|--|-------------------------|--|
| 1                | 2.                                      | Изделие и технологический процесс в машиностроении.                    | 4                       | работа в малой группе (2 час.)   |
| 2                | 3.                                      | Точность механической обработки и методы ее обеспечения.               | 2                       | -  |
| 3                | 4.                                      | Качество поверхности деталей машин.                                    | 4                       | -  |
| 4                | 5.                                      | Заготовки для деталей машин.   | 3                       | работа в малой группе (2 час.)   |
| 5                | 6.                                      | Технология производства типовых деталей строительных и дорожных машин. | 4                       | работа в малой группе (2 час.)   |
| <b>ИТОГО</b>     |   |  | <b>17</b>               | <b>6</b>   |

#### 4.4. Практические занятия

| <i>№<br/>n/n</i> | <i>Номер<br/>раздела<br/>дисциплины</i> | <i>Наименование тем<br/>практических занятий</i>             | <i>Объем<br/>(час.)</i> | <i>Вид<br/>занятия в<br/>интерактивной,<br/>активной,<br/>инновационной<br/>формах,<br/>(час.)</i> |
|------------------|---|--|-------------------------|--|
| 1                | 2.                                      | Расчет припусков на обработку.                               | 2                       | -  |
| 2                |   | Расчёт технологического процесса наплавки поверхности детали | 2                       | -  |
| 3                | 3.                                      | Расчет технологического процесса токарной операции.          | 2                       | исследовательская деятельность   |

|              |    |  |           |   |
|--------------|----|--|-----------|---|
|              |    |  |           | (1 час.)                                |
| 4            | 4. | Расчет технологического процесса фрезерной операции.                               | 4         | исследовательская деятельность (2 час.) |
| 5            | 5. | Расчет технологического процесса операций сверления, протягивания и зубонарезания. | 3         | исследовательская деятельность (1 час.) |
| 6            | 6. | Расчет технологического процесса операции шлифования.                              | 4         | -                                       |
| <b>ИТОГО</b> |    |  | <b>17</b> | <b>4</b>                                |

#### 4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект

Цель: закрепление теоретических знаний студентов и выработка навыков расчета технологических процессов производства деталей наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования, а также научить пользоваться соответствующей научно-технической литературой, подготовить студента к выполнению выпускной квалификационной работы.

Структура.

Пояснительная записка должна иметь следующую структуру:

- титульный лист;
- задание на отдельном листе;
- содержание;
- список использованных сокращений и обозначений;
- введение [1-2 стр.];
- основная часть;
- заключение [1 стр.];
- список использованных источников.

Основная тематика курсовых проектов:

Расчет технологических процессов производства деталей наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования (по вариантам). Обучающийся может предложить свою тему курсового проекта, но обосновав при этом целесообразность ее разработки.

Рекомендуемый объем. 30-45 страниц печатного текста маршрутная карта и эскизы на технологические операции с указанием инструментов, оборудования и режимов выполнения операций – до 8 страниц формата А4, операционные карты процесса восстановления детали – 1 страница.

Выдача задания и защита курсового проекта согласно учебного графика.

| Оценка            | Критерии оценки курсового проекта   |
|-------------------|---|
| отлично           | Обучающийся продемонстрировал усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость используемых при ответе умений и навыков: умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их при выполнении практического задания; отвечал самостоятельно без наводящих вопросов преподавателя. Структура оформления курсового проекта соблюдена. |
| хорошо            | При защите курсового проекта обучающийся допустил небольшие пробелы, не искавшие логического и информационного содержания ответа: один-два недочета при освещении основного содержания, исправленные по замечанию преподавателя; при ответе на дополнительные вопросы допущено не более 2-3 ошибок. Структура оформления курсового проекта соблюдена.   |
| удовлетворительно | Содержание материала раскрыто не полностью, но показано общее   |

|                     |  |
|---------------------|--|
|                     | <p>понимание темы курсового проекта, продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения программного материала, обучающийся продемонстрировал затруднения или допустил ошибки в определении понятий, использовании терминологии, блок-схем и выкладках, исправленные после нескольких наводящих вопросов преподавателя; при проверке знаний теоретического материала выявлена недостаточная сформированность основных умений и навыков. При оформлении курсового проекта допущены ошибки.</p> |
| неудовлетворительно | <p>Не раскрыто основное содержание курсового проекта, обнаружено незнание или непонимание обучающимся большей или наиболее важной части учебного материала. При дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения курсового проекта.</p>   |

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

| <i>№, наименование разделов дисциплины</i>                                       | <i>Компетенции</i> | <i>Кол-во часов</i> | <i>Компетенции</i> |           |           |            |            | <i>Σ комп.</i> | <i>t<sub>ср</sub> час</i> | <i>Вид учебных занятий</i> | <i>Оценка результатов</i> |
|--|--------------------|---------------------|--------------------|-----------|-----------|------------|------------|----------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
|  |                    |                     | <i>ОК</i>          | <i>ПК</i> |           | <i>ПСК</i> |            |                |                           |                            |                           |
|  |                    |                     | <i>1</i>           | <i>10</i> | <i>11</i> | <i>2.7</i> | <i>2.8</i> |                |                           |                            |                           |
| <b>1</b>   | <b>2</b>           | <b>3</b>            | <b>4</b>           | <b>5</b>  | <b>6</b>  | <b>7</b>   | <b>8</b>   | <b>9</b>       | <b>10</b>                 | <b>11</b>                  |                           |
| <b>1.</b> Изделие и технологический процесс в машиностроении.                    |                    | 18                  | –                  | –         | +         | +          | +          | 3              | 6                         | ЛК, СР                     | экзамен, КП               |
| <b>2.</b> Точность механической обработки и методы её обеспечения.               |                    | 29                  | +                  | –         | –         | –          | –          | 1              | 29                        | ЛК, ЛР, ПЗ, СР             | экзамен, КП               |
| <b>3.</b> Качество поверхности деталей машин и заготовок.                        |                    | 24                  | –                  | +         | +         | +          | +          | 4              | 6                         | ЛК, ЛР, ПЗ, СР             | экзамен, КП               |
| <b>4.</b> Технологичность и ремонтпригодность конструкции.                       |                    | 28                  | –                  | +         | +         | +          | +          | 4              | 7                         | ЛК, ЛР, ПЗ, СР             | экзамен, КП               |
| <b>5.</b> Заготовки для деталей машин.   |                    | 26                  | –                  | +         | –         | +          | –          | 2              | 13                        | ЛК, ЛР, ПЗ, СР             | экзамен, КП               |
| <b>6.</b> Основы проектирования технологических процессов механической обработки |                    | 29                  | –                  | +         | –         | –          | –          | 1              | 29                        | ЛК, ЛР, ПЗ, СР             | экзамен, КП               |
| <b>7.</b> Основы конструирования приспособлений                                  |                    | 20                  | +                  | –         | +         | +          | +          | 4              | 5                         | ЛК, СР                     | экзамен, КП               |
| <b>8.</b> Технология производства типовых деталей ПТ СДМ.                        |                    | 21                  | –                  | +         | +         | –          | +          | 3              | 7                         | ЛК, СР                     | экзамен, КП               |
| <b>9.</b> Основы технологии сборочных процессов.                                 |                    | 21                  | +                  | –         | +         | –          | +          | 3              | 7                         | ЛК, СР                     | экзамен, КП               |
| <b>всего часов</b>   |                    | <b>216</b>          | <b>41</b>          | <b>62</b> | <b>38</b> | <b>37</b>  | <b>38</b>  | <b>5</b>       | <b>53,2</b>               |                            |                           |

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Протягивание: методические указания для практических занятий, курсового и дипломного проектирования / Плеханов Г.Н., Архипов П.В., Герасимов С.Н. – Братск : БрГУ, 2012. – 60 с.
2. Основы проектирования технологического процесса токарной операции: учебное пособие / Плеханов Г.Н. [и др.] – Братск: БрГУ, 2010. - 166с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| №                                | Наименование издания  | Вид занятия                    | Количество экземпляров в библиотеке, шт. | Обеспеченность, (экз./ чел.) |
|----------------------------------|---|--------------------------------|--|------------------------------|
| <b>Основная литература</b>       |   |                                |  |                              |
| 1.                               | Маталин, А.А. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 512 с. – Режим доступа : <a href="http://e.lanbook.com/book/71755">http://e.lanbook.com/book/71755</a>  | Лк,<br>ПЗ,<br>ЛР,<br>КП,<br>СР | ЭР                                       | 1                            |
| 2.                               | Борисов, В.М. Основы технологии машиностроения : учебное пособие / В.М. Борисов. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». – Казань : КГТУ, 2011. – 137 с.: – Библиогр.: с. 132-133. – ISBN 978-5-7882-1159-6 ; То же [Электронный ресурс].<br>URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=258356">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=258356</a> | Лк,<br>ЛР,<br>ПЗ,<br>СР        | ЭР                                       | 1                            |
| <b>Дополнительная литература</b> |   |                                |  |                              |
| 3.                               | Худобин, Л.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / Л.В. Худобин, В.Ф. Гурьянихин, В.Р. Берзин. – Москва : Машиностроение, 1989. – 287 с.  | КП,<br>СР                      | 28                                       | 1                            |
| 4.                               | Кулыгин, В.Л. Технология машиностроения: учебное пособие / В.Л. Кулыгин, В.И. Гузеев, И.А. Кулыгина. – Москва: Бастет, 2011. – 184 с.   | ПЗ,<br>ЛР<br>СР                | 25                                       | 1                            |

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=)
2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog>
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru>
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»  
<http://e.lanbook.com>
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
<http://window.edu.ru>
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)  
<https://uisrussia.msu.ru/>
8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search>  
/договор №101/НЭБ/2318 от 03.07.2017

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Приступая к изучению новой учебной дисциплины, обучающиеся должны ознакомиться с учебной программой, учебной, научной и методической литературой, имеющейся в библиотеке ФГБОУ ВО «БрГУ», получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

В ходе практических занятий принимать активное участие в обсуждении учебных вопросов: выступать с докладами, рефератами, обзорами научных статей, отдельных публикаций периодической печати, касающихся содержания темы практического занятия. В ходе своего выступления использовать технические средства обучения, доску и мел.

С целью более глубокого усвоения изучаемого материала задавать вопросы преподавателю. После подведения итогов практического занятия устранить недостатки, отмеченные преподавателем.

Отчеты по практическим занятиям должны содержать:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Поэтапное выполнение задания.
4. Заключение.

В ходе подготовки к лабораторным работам изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.

Лабораторные работы выполняются группами из 2-3 человек.

Отчеты по лабораторным работам должны содержать:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Принципиальная схема работы лабораторной установки.
4. Поэтапное выполнение задания.
5. Заключение.

При подготовке к экзамену (в конце семестра) повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, примерным перечнем учебных вопросов, выносящихся на экзамен и содержащихся в данной программе. Использовать конспект

лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. Обратит особое внимание на темы учебных занятий, пропущенных студентом по разным причинам. При необходимости обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется обучающимся по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Содержание внеаудиторной самостоятельной определяется в соответствии с рекомендуемыми видами заданий согласно примерной и рабочей программ учебной дисциплины.

Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы являются:

- *для овладения знаниями*: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета и др.

- *для закрепления и систематизации знаний*: работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др), подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- *для формирования умений*: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, опытно экспериментальная работа, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа осуществляется индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления.

### **9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ и практических занятий.**

Отчеты по лабораторным работам оформляется на листах формата А4.

Отчеты должны содержать:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Принципиальная схема работы лабораторной установки.
4. Поэтапное выполнение задания.
5. Заключение.

Отчеты по практическим оформляется на листах формата А4.

Отчеты должны содержать:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Поэтапное выполнение задания.
4. Заключение.

## Лабораторная работа № 1

### Изделие и технологический процесс в машиностроении

Цель работы: Изучить показатели качества продукции.

Задание: По заданным характеристикам вычислить технические нормы времени.

Порядок выполнения:

#### **Общие сведения**

Качество продукции

На современном этапе машиностроительного и машиноремонтного производств дальнейшее повышение качества изготовления и ремонта строительных и дорожных машин имеет большое значение. От этого в значительной степени зависит экономическая эффективность использования техники в строительстве.

Под качеством продукции понимается совокупность ее свойств, определяющих пригодность продукции удовлетворять определенным потребностям в соответствии с ее назначением. Качество машин характеризуется рядом показателей, которые можно разделить на следующие три группы:

1) технический уровень (мощность, КПД, производительность, экономичность и др.), определяющий степень совершенства машины;

2) производственно-технологические показатели (или показатели технологичности конструкций), характеризующие эффективность конструктивных решений с точки зрения обеспечения оптимальных затрат труда и средств на изготовление изделия, его техническое обслуживание и ремонт;

3) эксплуатационные показатели, включающие:

а) показатели надежности изделия;

б) эргономическую характеристику, т. е. степень учета комплекса гигиенических, физиологических и других потребностей человека в системе «человек — машина — среда»;

в) эстетическую характеристику, т. е. совершенство художественной композиции, внешнее оформление изделия и др.

При оценке качества изделия следует также учитывать степень патентной защиты в России и за рубежом.

Качество продукции оценивают системой показателей, которые позволяют дать количественную характеристику ее свойств, входящих в состав качества. Различают единичные и комплексные показатели. Единичный показатель (например, экономичность изделия, производительность машины) относится только к одному из свойств изделия. Комплексный показатель характеризует качество по двум или нескольким оцениваемым свойствам изделия. Применяют также интегральный (комплексный) показатель, оценивающий эффективность машины. Он, в частности, может выражаться отношением общего полезного эффекта от эксплуатации машины к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию за весь период срока службы машины.

Показатели качества изменяются в зависимости от служебного назначения изделия.

Важнейшей характеристикой качества машин является их надежность — свойство машины выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемой наработки. Надежность — комплексное свойство, которое характеризуется безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью, т. е. способностью сохранять эксплуатационные показатели в течение

срока хранения и транспортировки. Надежность зависит от совершенства не только конструкции изделия, но и технологии его изготовления.

Уровень качества — это относительная характеристика, основанная на сравнении показателей качества данного изделия с соответствующими показателями лучших отечественных и зарубежных образцов. Систематическое повышение уровня качества — ответственная задача и конструктора изделия, и технолога.

Одним из важных факторов в области управления качеством продукции является ее аттестация, которая проводится систематически. При этом предприятия разрабатывают и осуществляют комплекс мероприятий с целью планомерного повышения качества продукции, обновления выпускаемой номенклатуры изделий. Опыт проведения аттестации строительных и дорожных машин подтвердил значительную ее эффективность.

#### Изделие и его элементы

Изделием называется предмет производства, подлежащий изготовлению на предприятии. Различают следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты.

В зависимости от конечной стадии данного производства изделиями могут быть не только изготовленные (отремонтированные) машины, но и элементы машин в сборе, и отдельные детали. Например, для экскаваторного завода изделием является экскаватор, для моторостроительного завода — двигатель, для завода поршней — поршень.

Изделия в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей делят на две группы:

- а) неспецифицированные — не имеющие составных частей (детали);
- б) специфицированные — состоящие из двух и более составных частей (сборочные единицы, комплексы, комплекты).

Деталь — это изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций.

Сборочная единица — это изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сваркой и т. п.).

Комплекс — это два и более специфицированных изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например цех-автомат, бурильная установка.

Комплект — это набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например комплект инструмента, комплект запасных частей.

#### Производственный и технологический процессы

На машиностроительном (машиноремонтном) предприятии выполняют разнообразные процессы, связанные с изготовлением (ремонтом) изделий. Совокупность взаимосвязанных действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления (ремонта) изделия, называют, производственным процессом.

В производственный процесс входят не только основные процессы, связанные с преобразованием исходных материалов для получения готовых изделий, но и вспомогательные, например производство инструмента, приспособлений, ремонт оборудования, а также обслуживающие процессы (внутризаводское транспортирование материалов и деталей, складские операции, контроль и др.), обеспечивающие возможность изготовления изделий.

Технологическим процессом называют часть производственного процесса, содержащую действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства. Следовательно, при выполнении технологического процесса достигается изменение формы, размеров, свойств материала или полуфабриката \* в целях получения изделия в соответствии с заданными техническими требованиями. Различают технологические процессы механической обработки, термической обработки, сборки и др.

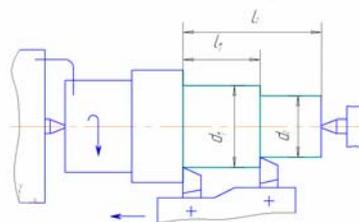
Законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте \*, называется технологической операцией.

Рабочее место — часть производственной площади цеха, на которой размещены один или несколько исполнителей работы и обслуживаемая ими единица технологического оборудования или часть конвейера и предметы производства.

Технологическая операция является основой для производственного планирования технологического процесса, т. е. для расчета трудоемкости процесса, необходимого числа рабочих по квалификациям и др. Технологическая операция содержит следующие элементы.

Установ — часть операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемого узла (сборочной единицы). Например, при выполнении операции центровки торцов заготовки вала на токарном станке потребуются два установка, так как центрируют сначала один торец, а затем другой. Эту же операцию можно выполнить за один установ на двустороннем центральном станке, позволяющем проводить одновременную центровку обоих торцов. Операция разделяется на технологические и вспомогательные переходы.

Технологический переход — законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке, и постоянством режима работы. Например, последовательное точение резцом сначала одной ступени вала, а затем другой будет состоять из двух технологических переходов; если же выполнять обточку этих ступеней одновременно двумя резцами (рис. 1.1), то это будет обтачивание в один переход. Обработка одной и той же поверхности заготовки на черновом, а затем чистовом режиме будет состоять из двух технологических переходов, так как изменяется режим резания.



Вспомогательный переход — законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей, но необходимы для выполнения. Переход состоит из рабочих и вспомогательных ходов.

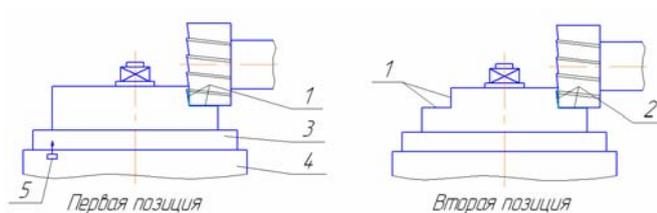
Рабочий ход — законченная часть технологического перехода в виде однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки. За каждый рабочий ход снимается один слой материала заданной толщины при неизменном режиме обработки.

Вспомогательный ход — законченная часть технологического перехода в виде однократного перемещения инструмента относительно заготовки, не сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки, но необходимого для выполнения рабочего хода. Например, вспомогательным ходом является перемещение суппорта токарного станка в исходное положение после выполнения обточки.

При выполнении некоторых технологических операций установленная и закрепленная заготовка или собираемый узел должны занимать ряд последовательных положений относительно рабочих органов оборудования с помощью поворотных или перемещающих устройств, т. е. занимать различные позиции.

Позиция — фиксированное положение, занимаемое закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемым узлом совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции. Например, на рис. 1.2 показано фрезерование поверхностей 1 и 2 в две позиции; заготовка закреплена на поворотной части 3 приспособления 4. Обработав поверхность 1 (первая позиция), заготовку, не раскрепляя, поворачивают с помощью поворотной части

приспособления на  $180^\circ$ , фиксируют фиксатором 5 и фрезеруют поверхность 2 (вторая позиция).



Техническая норма времени

Трудоемкость и себестоимость выполнения технологических операций являются критериями эффективности спроектированного технологического процесса. Трудоемкости выполнения операций определяются расчетом на основе технических норм.

Нормой времени называют время, необходимое для выполнения работы (операции) в определенных организационно-технических условиях исходя из рационального использования производственных возможностей оборудования и рабочего места и с учетом передового производственного опыта. Норма времени выражается в часах или в минутах и устанавливается для каждой технологической операции.

Технической нормой выработки называют величину, обратную норме времени. Норма выработки выражает количество изделий (деталей), выпускаемых в единицу времени.

Различают три метода установления норм: 1) на основе изучения затрат рабочего времени наблюдением; 2) по нормативам; 3) сравнением и расчетом по типовым нормам. При первом методе норму времени устанавливают путем изучения затрат времени непосредственно в производственных условиях на рабочих местах. Этот метод используют для обобщения передового опыта и для разработки нормативов. При втором методе производят расчет длительности операции, используя нормативы длительности выполнения отдельных элементов работы (операции). При третьем методе нормирование операции осуществляется приближенно с использованием типовых норм. Первые два метода нормирования применяют в серийном и массовом производстве, третий метод — в единичном и мелкосерийном.

Норма времени на выполнение операции по обработке одной заготовки или по сборке одной сборочной единицы называется штучным временем.

Штучное время  $t_{ш}$  для неавтоматизированного производства состоит из нескольких элементов:

$$t_{ш} = t_o + t_e + t_m + t_{опз} + t_n,$$

где  $t_o$  — основное (технологическое) время;  $t_e$  — вспомогательное время;  $t_m$  — время технического обслуживания места;  $t_{опз}$  — время организационного обслуживания рабочего места;  $t_n$  — время перерывов.

Основное время  $t_o$  — время, затрачиваемое на непосредственное изменение размеров, формы, физико-механических свойств или внешнего вида обрабатываемой заготовки (станочная, кузнечная, слесарная и другая обработка), или время, затрачиваемое на соединения деталей при сборочных работах. При обработке на станках основное время определяют расчетным методом по формуле

$$t_o = \frac{l_p \cdot i}{S_M},$$

где  $l_p$  — расчетная длина обработки, мм (длина хода инструмента в направлении подачи);  $i$  — число рабочих ходов инструмента,  $S$  — минутная подача инструмента, мм/мин.

При ручном подводе инструмента расчетная длина обработки представляет собой сумму собственно длины обработки  $l$ , размера врезания инструмента  $l$  и размера схода (сбега) инструмента.

$$l_p = l + l_g + l_{cx}.$$

На рис. 1.3, а показана схема определения расчетной длины обработки для случая продольного точения.

При автоматическом цикле обработки следует учитывать путь холостого подхода  $l_n$  инструмента в начале резания. В этом случае расчетная длина

$$l_p = l + l_n + l_g + l_{cx}.$$

Значения величин  $l_n$ ,  $l_g$  и  $l_{cx}$  берут по нормативным таблицам. Значение  $l_g$  можно определить и расчетным путем. Например, при продольном точении по схеме, показанной на рис. 1.3, а,

$$l_g = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi,$$

где  $t$  - глубина резания.

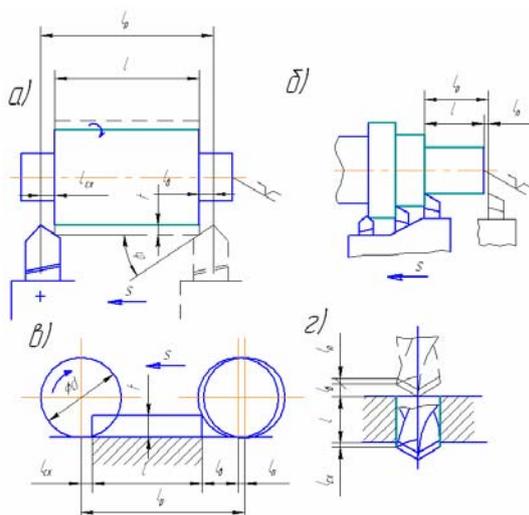


Рис. 1.3 – Схема определения расчетной длины обработки: а – продольного точения; б – точения на многорезцовом токарном полуавтомате; в – при продольном фрезеровании; г – при сверлении.

При фрезеровании паза (рис. 1.3, в)

$$l_g = \sqrt{t \cdot (d - t)},$$

где  $t$  - глубина паза;  $d$  — диаметр фрезы.

При сверлении отверстия стандартным сверлом (рис. 1.3, г)  $l_g = 0,3 \cdot d$ , где  $d$  — диаметр сверла.

Вспомогательное время  $t_g$  — время, затрачиваемое на различные действия, обеспечивающие выполнение элементов работы, относящихся к основному времени, например на установку и снятие заготовки или собираемого узла, на пуск и останов станка или подъемника, на переключение режимов обработки в процессе выполнения операции, на промеры заготовок или контроль качества сборки узла и др. Вспомогательное время может быть неперекрываемым и перекрываемым. Если вспомогательные работы выполняют не в процессе обработки (например, снятие обработанной заготовки и установка другой для обработки), то такое вспомогательное время называют неперекрываемым. Если же часть вспомогательных работ производят в процессе выполнения основной работы, то эта часть

вспомогательного времени называется перекрываемой. При расчете нормы времени учитывают лишь ту часть вспомогательного времени, которая не может быть перекрыта машинным временем. Вспомогательное время рассчитывают в соответствии с действующими на данном предприятии нормативами по эмпирическим формулам или на основании хронометражных наблюдений.

Сумма основного времени  $t_o$  и вспомогательного неперекрываемого времени  $t'_e$  называется оперативным временем.

$$t_{on} = t_o + t'_e$$

Оперативное время затрачивается на выполнение каждой операции и представляет собой основную часть технической нормы.

Время технического обслуживания  $t_m$  затрачивается рабочим на смену инструмента, на правку инструмента (например, шлифовальных кругов), на регулировку и подналадку станка и другие действия, связанные с уходом за рабочим местом при выполнении заданной работы.

Время организационного обслуживания  $t_{опз}$  включает затраты времени рабочего на уход за рабочим местом в течение смены (смазка и чистка механизмов, раскладка и уборка инструмента в начале и в конце смены, уборка рабочего места).

Время технического и организационного обслуживания рабочего места устанавливают на основании нормативов и во многих случаях определяют в процентах (до 4 - 8 %) к оперативному времени.

Время перерывов  $t_n$  на отдых, производственную гимнастику и личные надобности регламентируют законодательством и исчисляют в процентах к оперативному времени. Для механических цехов  $t_n \approx 2,5\%$  от оперативного времени.

Штучное время рассчитывают по формуле

$$t_{ш} = t_{on} \cdot (1 + \alpha + \beta + \gamma),$$

где  $\alpha, \beta, \gamma$  - коэффициенты, характеризующие соответственно время технического обслуживания, время организационного обслуживания и время на отдых и личные надобности.

В серийном производстве при расчете норм времени на партию необходимо учитывать подготовительно-заключительное время.

Подготовительно-заключительное время  $t_{н.з.}$  затрачивается рабочим перед началом обработки партии заготовок или партии сборочных единиц и после окончания задания.

К подготовительной работе относится: получение задания, ознакомление с работой, наладка оборудования, в том числе установка специального приспособления; к заключительной работе относится: сдача выполненной работы, снятие специального приспособления и режущего инструмента, приведение в порядок оборудования и т. д. Подготовительно-заключительное время зависит от сложности задания, в частности от сложности наладки оборудования, и не зависит от размера партии.

В массовом производстве в силу повторяемости одной и той же операции необходимость в работах, выполняемых в подготовительно-заключительное время, отпадает.

В единичном производстве подготовительно-заключительное время включается в штучное время.

В серийном производстве норму времени на обработку партии заготовок или сборку партии сборочных единиц рассчитывают по формуле

$$T_{II} = t_{ш} \cdot n + t_{н.з.}$$

где  $n$  - размер партии.

Штучное время и подготовительно-заключительное время на выполнение операции над одной деталью образуют норму штучно-калькуляционного времени

$$t_{ш.к.} = t_{ш} + \frac{t_{н.з.}}{n}.$$

На основе норм времени определяют расценки выполняемых операций, рассчитывают потребное количество оборудования для выполнения программы, осуществляют планирование производственного процесса.

Типы производства и методы работы

Под типом производства понимается организационно-технологическая характеристика производственного процесса. Различают три типа производства: массовое, серийное и единичное.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени. В массовом производстве на каждом рабочем месте выполняется одна неизменно повторяющаяся операция. Масштаб производства в сочетании с трудоемкостью операции должен обеспечить полную загрузку рабочего места только одной операцией. Массовому производству свойственны следующие особенности: расположение оборудования в последовательности выполнения операций; применение высокопроизводительного оборудования, специальных приспособлений и инструмента; широкое использование транспортных устройств для передачи заготовок вдоль, поточной линии; механизация и автоматизация технического контроля; короткие грузопотоки на линии обработки; наименьшая длительность производственного цикла, т. е. наименьший интервал календарного времени от начала до окончания процесса изготовления или ремонта изделия (части изделия).

Наиболее совершенной формой организации массового производства является прохождение заготовок по всем операциям без задержек, т. е. непрерывным потоком. Для организации непрерывно-поточного производства требуется одинаковая или кратная производительность на всех операциях. На линии непрерывно-поточного производства обработанные заготовки или собранные узлы выпускаются через строго определенный промежуток времени, называемый тактом выпуска. Такт выпуска (в мин/шт) определяется по формуле

$$\tau = 60 \frac{\Phi_d}{N},$$

где  $\Phi_d$  - располагаемый (действительный) фонд времени в планируемом периоде (месяц, сутки, смена), ч;  $N$  - производственная программа на этот же период, шт.

Действительный фонд времени работы оборудования  $\Phi_d$  меньше номинального или календарного  $\Phi_n$  на размер потерь времени на ремонт оборудования, т. е.

$$\Phi_d = \Phi_n \cdot \eta.$$

Номинальный годовой фонд времени работы оборудования при односменной работе равен 2070 ч, при двухсменной - 4140 ч, при трехсменной - 6210 ч. Коэффициент  $\eta$  для металлорежущих станков составляет 0,98 - 0,96.

Непрерывно-поточное производство является наиболее прогрессивным и экономичным. По этому принципу строятся автоматические линии обработки (сборки). Особенность автоматического производства - выполнение операций без непосредственного участия рабочего либо под его наблюдением и контролем. Непрерывно-поточное производство может быть и неавтоматическим, если установку заготовок и их снятие после обработки выполняет рабочий.

Кроме линий непрерывно-поточного производства применяют и другую форму организации массового производства — прямоточную, при которой оборудование тоже располагают в последовательности технологических операций, но время на выполнение отдельных операций не равно и не кратно темпу выпуска деталей. В этом случае имеются межоперационные перерывы, вызванные несогласованностью выполнения отдельных операций во времени, и заготовки лежат в ожидании последующей операции. Длительность производственного цикла при использовании прямоточной формы организации производства возрастает.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися производственными партиями (сериями) при заданном объеме выпуска.

Производственной партией называют группу заготовок одного наименования и типоразмера, запускаемых в обработку одновременно или непрерывно в течение определенного интервала времени. Понятие «серия» относится к числу машин, запускаемых в производство одновременно. Число деталей в партии и число машин в серии могут быть различными.

Серийное производство условно разделяют на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное. Серийность производства характеризуется коэффициентом  $K$  закрепления операций за одним рабочим местом. Если за одним рабочим местом закреплено от 2 до 5 операций, т. е. коэффициент  $K = 2 - 5$ , то такое производство считают крупносерийным; при  $K = 6 - 10$  — среднесерийным, при  $K > 10$  — мелкосерийным.

Серийному производству свойственны следующие особенности: необходимость переналадки станков с операции на операцию, поскольку за одним рабочим местом закреплено несколько операций; расположение оборудования по потоку (в крупносерийном производстве) или по групповому признаку — группы токарных, фрезерных и других станков (в мелкосерийном производстве); наличие межоперационного складирования заготовок; более длинный грузопоток по сравнению с массовым производством; более длительный цикл изготовления изделий.

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых или ремонтируемых изделий и малым объемом их выпуска. Участку единичного производства свойственны следующие особенности: применение универсального оборудования, универсальных приспособлений и инструмента; размещение оборудования группами по видам станков (токарные, фрезерные и т. д.); наиболее длительный цикл изготовления деталей. По принципу единичного производства организованы цехи опытных производств.

Форма отчетности:

Отчет.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[4] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Показатели качества продукции.
2. Понятие: техническая норма времени.
3. Типы производства и методы работы

## Лабораторная работа № 2

### Точность механической обработки и методы ее обеспечения

Цель работы: Изучить критерии оценки точности деталей.

Задание: По заданным характеристикам составить рабочий чертеж детали.

Порядок выполнения:

#### Общие сведения

При изготовлении деталей невозможно достичь абсолютно точных номинальных размеров. В связи с этим при составлении рабочих чертежей деталей назначаются допустимые отклонения от номинальных размеров, которые отвечают требованиям точности их изготовления.

Точность детали характеризуется: допускаемыми отклонениями ее действительных размеров от номинальных; допускаемыми отклонениями от геометрической формы детали или ее отдельных элементов (овальность, огранка, некруглость, нецилиндричность, изогнутость, конусообразность, неплоскостность, непрямолинейность и др.); допускаемыми отклонениями поверхностей и осей детали от их взаимного расположения или расположения относительно базы (например, отклонение межцентрового расстояния двух отверстий, непараллельность плоскостей, осей, несоосность, отклонение базового торца относительно оси отверстия и др.).

Самостоятельным критерием является оценка точности детали по шероховатости поверхности.

При изготовлении деталей необходимо также соблюдать требования к физико-механическим свойствам их материала, а в отдельных случаях и такие требования, как точность массы детали, дисбаланс и др.

Под точностью изготовления детали понимается степень соответствия ее всем требованиям рабочего чертежа, технических условий и стандартов. Чем больше это соответствие, тем выше точность изготовления. Действительные отклонения параметров реальной детали от заданных номинальных их значений называют погрешностью изготовления.

Как известно, разность предельных отклонений рассматриваемого параметра называется допуском. Допуски, проставляемые на рабочем чертеже, носят название конструкторских.

В процессе разработки технологического процесса технолог проставляет допуски на размеры заготовок, которые необходимо выдержать при выполнении промежуточных технологических операций, например допуски на длину при отрезке заготовки, на размеры после черновой обработки и т. д. Эти допуски называют технологическими или операционными.

Методы обеспечения заданной точности. Необходимая точность обработки может быть достигнута следующими методами.

Метод пробных рабочих ходов. Этот метод заключается в индивидуальной выверке устанавливаемой на станок заготовки, последовательном снятии стружки путем пробных рабочих ходов, измерении получаемых размеров. Скорректировав по результатам замеров положение режущего инструмента, производят окончательную обработку заданной поверхности. Метод пробных ходов трудоемкий, так как требует много времени на выверку заготовки и на корректировку положения режущего инструмента. Метод применяется в единичном и реже в мелкосерийном производстве.

Метод автоматического получения заданного размера. Сущность метода заключается в том, что партию заготовок обрабатывают на предварительно настроенном станке с установкой заготовок в приспособлении без выверки их положения, а режущий инструмент при наладке станка устанавливают на определенный размер, называемый настроечным. Получение заданного размера достигают за один рабочий ход, т. е. при однократной обработке. Этот метод более производительен, чем метод пробных рабочих ходов, но требует специальных приспособлений и более стабильных по размерам исходных заготовок.

Обработку методом автоматического получения заданных размеров широко применяют в серийном и массовом производстве.

В обоих рассмотренных методах на точность обработки оказывает влияние квалификация рабочего, т. е. субъективный фактор: при первом методе это влияние сказывается на точности установки и выверки заготовки и на точности установки режущего инструмента, при втором методе — на точности установки инструмента и приспособления в процессе наладки станка перед обработкой партии заготовок.

Взаимосвязь точности и себестоимости обработки. При обработке одной и той же заготовки с различной степенью точности изменяются трудоемкость и себестоимость: при изготовлении детали с меньшим допуском на обработку трудоемкость и себестоимость возрастают (рис. 2.1, а). Это объясняется тем, что для достижения большей точности

обработки приходится применять больше технологических методов, например точение, шлифование и др.

На рис. 2.1, б показано влияние отделочных методов обработки на себестоимость изготовления детали.

Из приведенного графика видно, что средняя экономическая точность чистового шлифования соответствует 7—8-му квалитетам, предварительного шлифования — 8—9-му квалитетам, а чистового точения — 10—11-му квалитетам (подробнее см. табл. 3.1). Таким образом, средняя экономическая точность определенного метода обработки — это точность, получаемая в нормальных производственных условиях с меньшими затратами времени и средств, чем при других сопоставимых методах обработки. По мере совершенствования технологии производства средняя экономическая точность обработки повышается.

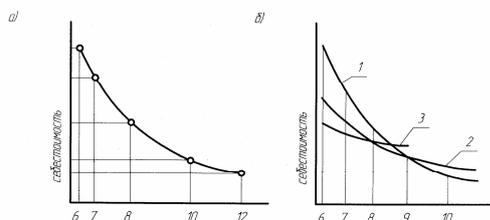


Рисунок 2.1- Влияние отделочных методов обработки на себестоимость изготовления детали:

1 - чистовое точение; 2 — предварительное шлифование; 3 — чистовое шлифование.

Средняя экономическая точность для каждого метода обычно ниже максимальной технологически достижимой точности данным методом.

Методы расчета точности механической обработки. Известны три метода расчета точности механической обработки: вероятностно-статистический, расчетно-аналитический и расчетно-статистический.

Вероятностно-статистический метод применим при условии обработки значительного числа заготовок (50 и более) как методом пробных рабочих ходов, так и методом автоматического получения размеров. В результате экспериментов производят замер интересующего параметра шкальным инструментом и на основе методов математической статистики выявляют точность обработки исследуемого процесса.

Этот метод универсален и позволяет достоверно оценить и исследовать точность обработки, сборки, контрольных и других операций. Однако он требует проведения трудоемких экспериментов, поэтому экономически целесообразен в крупносерийном и массовом производстве.

Вероятностно-статистический метод расчета точности механической обработки рассмотрен в следующем параграфе.

Расчетно-аналитический метод заключается в оценке точности по аналитическим или эмпирическим формулам для строго определенных условий выполнения технологического процесса. Достоинством метода является учет физических явлений в рассматриваемом процессе с выявлением причин образования погрешностей. Однако отсутствие необходимых расчетных формул для разнообразных конкретных процессов ограничивает в настоящее время практическое применение этого метода.

Расчетно-статистический метод основан на использовании достоинств вероятностно-статистического и расчетно-аналитического методов. Этот метод, будучи весьма гибким, позволяет определить погрешность процесса путем оценки ее отдельных составляющих расчетным или статистическим путем. При недостатке расчетных данных этот метод в большей мере будет носить вероятностно-статистический характер. Вместе с тем отдельные составляющие погрешности могут быть рассчитаны аналитически.

Расчетно-статистический метод оценки точности механической обработки рассмотрен.

Базы и погрешность установки заготовок

Базы. При обработке заготовок на станках различают следующие поверхности:

- обрабатываемые поверхности, которые подвергают воздействию рабочего инструмента;
- поверхности, посредством которых определяют положение заготовки при обработке;
- поверхности, контактирующие с зажимными устройствами;
- поверхности, от которых измеряют выдерживаемый размер;
- свободные поверхности.

Для обеспечения определенного положения обрабатываемой заготовки на столе станка или в приспособлении необходимо решить задачу базирования заготовки с заданной точностью. Аналогичную задачу приходится решать при сборке машин, когда необходимо соединить с требуемой точностью детали и сборочные элементы.

Придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат называют базированием.

Поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точку, принадлежащие заготовке или изделию и используемые для базирования, называют базой.

Проектирование технологических процессов обработки и сборки, а также расчет погрешностей связаны с выбором баз. Рассмотрим общую классификацию баз.

Различают проектные, конструкторские, технологические и измерительные базы. Проектными называют базы, выбранные при проектировании изделия, технологического процесса изготовления или ремонта этого изделия. При проектировании изделия они определяют расчетное положение детали относительно других элементов изделия, а при проектировании технологического процесса — расчетное положение обрабатываемой заготовки относительно друг их элементов технологической системы т. е. относительно режущего инструмента, приспособления и станка. Проектные базы на чертежах представляют в виде геометрических элементов (оси отверстий и валов, плоскости симметрии, биссектрисы углов).

Конструкторскими называют базы, используемые для определения положения детали или сборочной единицы в изделии. При сборке изделия сопрягают конструкторские базы его элементов. Таким образом, конструкторские базы являются реальными поверхностями элементов изделия.

Технологическими называют базы, используемые для определения положения заготовки или изделия в процессе их изготовления или ремонта. При установке \* заготовки или сборочной единицы в приспособлении технологическими базами являются поверхности заготовки или сборочной единицы, находящиеся в непосредственном контакте с установочными элементами приспособления. Если же установка заготовки или сборочного элемента производится с выверкой, то используют как расчетные поверхности заготовки или сборочного элемента, так и геометрические линии и точки, представляемые на заготовке или сборочной единице в виде разметочных рисок.

#### Форма отчетности:

Отчет.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[4] из раздела 7.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Критерии оценки точности деталей.
2. Методы расчета точности деталей.

## Лабораторная работа № 3

### Качество поверхности деталей машин

Цель работы: Изучить влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей

Задание: Произвести оценку шероховатости поверхностей.

Порядок выполнения:

Качество поверхности характеризуется шероховатостью, волнистостью и физико-механическими свойствами поверхностного слоя. Шероховатостью поверхности (микрogeометрией) называют совокупность неровностей с относительно малыми шагами на базовой длине, образующих рельеф поверхности детали.

Волнистостью поверхности называют совокупность периодически чередующихся неровностей с относительно большим шагом, превышающим базовую длину, принимаемую при измерении шероховатости. На рисунке 3.1 приведено схематическое изображение шероховатости и волнистости поверхности. Разграничением понятий шероховатости и волнистости является отношение шага к высоте неровностей: для шероховатости  $l/H < 50$ ; для волнистости  $L/H_B$  — от 50 до 1000.

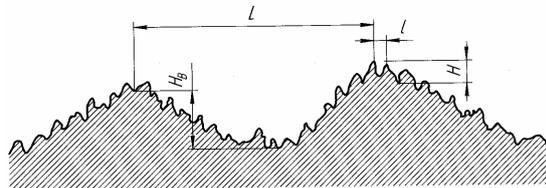


Рисунок 3.1 – Схематическое изображение шероховатости и волнистости поверхности.

Шероховатость поверхности бывает продольная, измеряемая в направлении вектора скорости резания (рисунок 3.2, а), и поперечная, измеряемая в направлении подачи (рисунок 3.2, б).

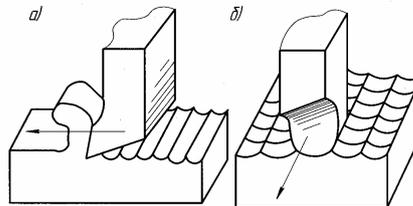


Рисунок 3.2 – Виды шероховатости поверхности: а) – продольная; б) – поперечная.

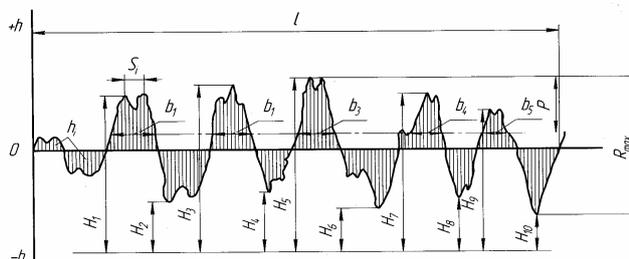


Рисунок 3.3 – Схема для определения основных параметров шероховатости поверхности.

Для оценки шероховатости поверхности приняты следующие параметры (рисунок 3.3):

а) высота неровностей профиля  $R_z$  представляющая собой среднее расстояние между пятью высотами выступов и впадин на кривой неровностей поверхности:

$$R_z = 1/3 \left( \sum_{i=1}^5 H_{i,max} - \sum_{i=1}^5 H_{i,min} \right)$$

б) наибольшая высота неровностей  $R_{max}$ . т. е. расстояние между линией выступов профиля и линией впадин в пределах базовой длины;

в) среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a$ , определяемое из абсолютных значений отклонений профиля к от средней линии:

$$R_a = (h_1 + h_2 + \dots + h_n)/n = 1/n \sum_{i=1}^n h_i$$

г) средний шаг неровностей  $S_m$  и средний шаг неровностей по вершинам  $S$ :

$$S_m = 1/n \sum_{i=1}^n S_{mi}; \quad S = 1/n = \sum_{i=1}^n S_i$$

д) относительная опорная длина профиля  $t_p$  — отношение опорной длины профиля к базовой длине, %:

$$t_p = \eta / (l * 100)$$

где  $\eta$  — опорная длина профиля, равная  $\sum_{i=1}^n b_i$

Диапазон колебаний параметров:  $l$  — от 0,01 до 25 мм,  $R_z$  и  $R_{max}$  — от 0,25 до 1600 мкм,  $R_a$  — от 0,008 до 100 мкм,  $S_m$  и  $S$  — от 0,002 до 12,5 мкм,  $t_p$  — от 10 до 90 %.

Величины  $S_m$  и  $t_p$  характеризуют форму микронеровностей и определяют износостойкость и контактную деформацию сопряженных деталей.

В отдельных случаях шероховатость регламентируют направлением неровностей. Направление неровностей влияет на совместный контакт сопряженных поверхностей. Например, для поверхностей скольжения совпадение направления штрихов обработки с направлением скольжения уменьшает износ.

Шероховатость поверхности чаще всего оценивают параметром  $R_z$  или  $R_a$ .

В процессе обработки резанием наблюдаются пластические деформации и нагревание поверхностного слоя, которые изменяют состояние металла в этом слое по сравнению с основным металлом. Физико-механические свойства поверхностного слоя характеризуются его структурой, твердостью, значением и знаком остаточных напряжений. При химико-термической обработке происходит изменение химического состава поверхностного слоя заготовки.

Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей

Шероховатость обработанной поверхности, наклеп и остаточные напряжения в поверхностном слое детали значительно влияют на ее эксплуатационные свойства: износостойкость, коррозионную стойкость, усталостную прочность, стабильность посадок, герметичность соединений.

Шероховатость поверхности уменьшает площадь фактического касания двух сопрягаемых поверхностей, поэтому в начальный период работы соединения возникают значительные удельные давления, которые ухудшают условия смазки и, как следствие, вызывают более интенсивное изнашивание поверхностей.

Микронеровности поверхности являются местом концентрации напряжений, поэтому более шероховатые поверхности имеют меньшую усталостную прочность в условиях циклической нагрузки. Особенно сильно шероховатость поверхности влияет на предел выносливости детали в местах концентрации напряжений. Коэффициент концентрации напряжений для поверхностей, обработанных резанием, составляет 1,5—2,5. Установлено, что прочность стальных деталей, обработанных резанием, по сравнению с полированными деталями в условиях знакопеременной нагрузки составляет 40-50%.

Грубо обработанные поверхности более подвержены коррозии, особенно в атмосферных условиях, так как коррозия наиболее интенсивно протекает на дне микронеровностей и мелких надрезов.

Влияние шероховатости  $R_z$  на скорость изнашивания детали  $\gamma$  показано на рисунке 3.4. Из рисунка видно, что снижать шероховатость поверхности в каждом конкретном случае следует до определенного предела. Слишком большое снижение шероховатости приводит к ухудшению условий смазки, так как на очень чистых поверхностях плохо удерживается смазочный слой. Поэтому поверхность, покрытая пористым хромом, лучше удерживает смазку, чем поверхность с гладким хромовым покрытием.

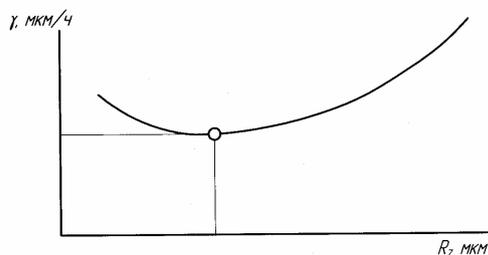


Рисунок 3.4 – Влияние шероховатости  $R_z$  на скорость изнашивания  $\gamma$

От шероховатости поверхности зависит и стабильность неподвижных посадок. При запрессовке детали наблюдается сглаживание микронеровностей, приводящее к уменьшению фактического натяга. В связи с этим уменьшение прочности соединения деталей обнаруживается при более шероховатых поверхностях.

Шероховатость и волнистость поверхности сильно влияют на контактную жесткость стыков сопрягаемых деталей. Уменьшая шероховатость и волнистость путем тонкого шлифования, шабрения или тонкой притирки, удается повысить несущую поверхность детали до 80 – 90% и тем самым повысить контактную жесткость.

Состояние поверхностного слоя детали отражается на ее эксплуатационных свойствах. Установлено, что создание в поверхностном слое наклепа и остаточных напряжений сжатия в большинстве случаев повышает усталостную прочность и износостойкость, но одновременно в 1,5 – 2 раза уменьшает коррозионную стойкость деталей. Последнее обстоятельство объясняется тем, что первичная защитная пленка на сильно деформированном металле легче разрушается под влиянием внутренних напряжений, что ускоряет процесс коррозии.

В зависимости от характера наклепа и шероховатости поверхности детали предел усталости у наклепанных образцов благодаря действию сжимающих напряжений повышается на 30 – 80 %, а износостойкость металла – в 2 – 3 раза. Под действием растягивающих напряжений предел усталости для сталей повышенной твердости снижается на 30% и одновременно уменьшается износостойкость детали.

На снижение качества поверхностного слоя значительное влияние оказывает его структурная неоднородность. Обезуглероженный поверхностный слой, образовавшийся в процессековки или штамповки заготовки, снижает предел выносливости детали. При изготовлении ответственных деталей этот слой следует удалить.

#### Факторы, влияющие на качество поверхности

Шероховатость поверхности зависит от метода и режима обработки, качества применяемого режущего инструмента, жесткости технологической системы, физико-механических свойств обрабатываемого материала, вида применяемой смазывающе-охлаждающей жидкости, вибраций технологической системы и др.

Каждому методу обработки (точение, шлифование и др.) соответствует свой диапазон получаемой шероховатости поверхности. \*Обдирочное шлифование применяют в качестве предварительной обработки поверхностей отливок и поковок, не выдерживая допуск на размер.

При обработке заготовок лезвийным инструментом шероховатость поверхности в значительной мере зависит от скорости резания и подачи. На рисунок 3.5, а показано влияние скорости резания на шероховатость поверхности при точении стали (кривая 1) и

чугуна (кривая 2). После обтачивания стальной заготовки со скоростью резания около 20 м/мин (кривая 1) наблюдается наибольшая шероховатость, что связано с явлением активного образования нароста на режущей части резца. При скорости резания свыше 80 м/мин образование нароста практически прекращается. Кроме того, при высоких скоростях резания значительно уменьшается глубина пластически деформированного слоя, что также снижает шероховатость поверхности.

На рисунке 3.5, б показана зависимость шероховатости поверхности от подачи при точении заготовки из стали 45 резцом с радиусом закругления вершины 2,5 мм. Из рисунка видно, что изменение малых подач (до 0,2 мм/об) незначительно влияет на изменение шероховатости поверхности. Но при переходе в область подач свыше 0,2 мм/об микронеровности обработанной поверхности возрастают более интенсивно.

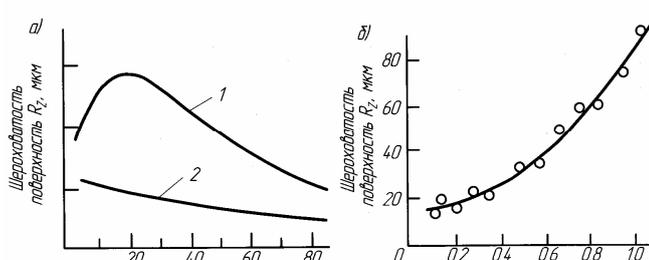


Рисунок 3.5 – Зависимость шероховатости от скорости резания – а) и от подачи режущего инструмента – б).

С увеличением глубины резания шероховатость поверхности возрастает незначительно и практически ее можно не учитывать.

Значительное влияние на шероховатость поверхности оказывает состояние режущей части инструмента: микронеровности режущей кромки инструмента ухудшают шероховатость обработанной поверхности; это особенно заметно при обработке протяжками, развертками или широкими резцами. Затупление режущего инструмента приводит к увеличению шероховатости обработанной поверхности.

При обработке заготовок абразивным инструментом шероховатость поверхности снижается с уменьшением зернистости и повышением твердости шлифовального круга, повышением скорости резания, уменьшением продольной и поперечной подач.

При обработке стали с высоким содержанием углерода ( $C > 0,5\%$ ) получается более чистая поверхность, чем при обработке низкоуглеродистой стали.

Применение смазывающе-охлаждающей жидкости улучшает шероховатость обработанной поверхности. Одновременно повышается стойкость инструмента. На рисунке 3.6 показано (по данным К. С. Колева) влияние охлаждения на микрогеометрию поверхности при точении стали Х4Н быстрорежущим резцом при подаче  $S = 0,67$  мм/об: 1 — точение без применения охлаждения; 2 — охлаждение водной эмульсией (0,5 % соды и 0,1 % мыла).

Жесткость технологической системы значительно влияет на шероховатость и волнистость поверхности. Так, например, при точении нежесткого вала с установкой на центры наибольшая шероховатость поверхности получается примерно в средней части по длине вала. Недостаточная жесткость системы может быть причиной появления вибрации при резании и, как следствие, образования волнистой поверхности.

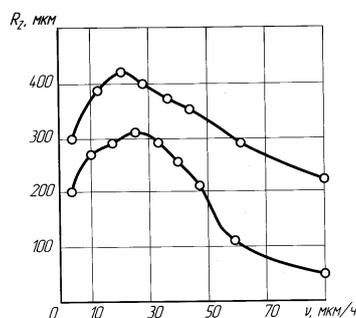


Рисунок 3.6 - Влияние охлаждения на микротвердость поверхности.

Физико-механические свойства поверхностного слоя деталей и заготовок в значительной мере зависят от воздействия тепловых и силовых факторов в процессе обработки. Поверхностный слой обработанной стальной заготовки состоит из трех зон (рисунок 3.7).

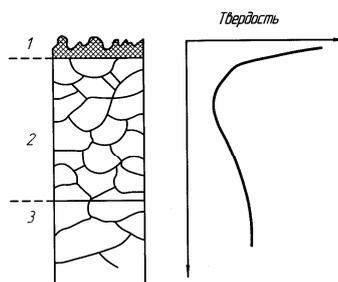


Рисунок 3.7 – Зоны стальной обработанной заготовки: 1 - зона резко выраженной деформации, характеризующейся искажением кристаллической решетки, дроблением зерен и повышенной твердостью; 2 - зона деформации, характеризующаяся вытянутыми зёрнами и снижением твердости по сравнению с первой зоной; 3 - переходная зона (зона постепенного перехода к структуре основного металла).

Исходные заготовки из стали, полученные ковкой, литьем или прокатом, имеют поверхностный слой, состоящий из обезуглероженной зоны и переходной зоны, т. е. зоны с частичным обезуглероживанием. Например, заготовки, полученные горячей штамповкой, имеют обезуглероженный слой в пределах 150—300 мкм, а полученные свободной ковкой — от 500 до 1000 мкм.

При обработке стальных заготовок резанием глубина деформации распространяется до 100—300 мкм. У чугуновых заготовок глубина распространения деформации незначительна (до 15 мкм).

При механической обработке металлов деформация поверхностного слоя сопровождается упрочнением (наклепом) этого слоя. С увеличением глубины резания и подачи глубина наклепанного слоя возрастает. Так, например, при черновом точении глубина наклепа составляет 200—500 мкм, при чистовом точении 25—30 мкм, при шлифовании 15—20 мкм и при очень тонкой обработке 1—2 мкм. С увеличением скорости резания глубина наклепа уменьшается. Это объясняется уменьшением продолжительности воздействия сил резания на деформируемый металл. На рисунке 3.8 показано (по данным К. С. Колева) влияние скорости резания  $v$  при точении стали 30ХГС (кривая 1) и стали 20 (кривая 2) на наклеп  $H_d$ .

При шлифовании деталей доминирующим фактором является тепловой, служащий причиной появления в поверхностном слое обрабатываемого металла растягивающих напряжений. На рис. 3.9 показана схема распределения остаточных напряжений, а после шлифования на глубину  $h$  поверхностного слоя (кривая 1). Появление растягивающих напряжений связано с быстрым нагреванием поверхностного слоя в зоне контакта металла детали с шлифовальным кругом. После прохождения шлифовального круга поверхностный слой, охлаждаясь, стремится сжаться, вызывая растягивающие напряжения. При шлифовании

с выхаживанием (т. е. с последующим выключением продольной подачи) значительно уменьшаются напряжения растяжения и увеличиваются напряжения сжатия (кривая 2).

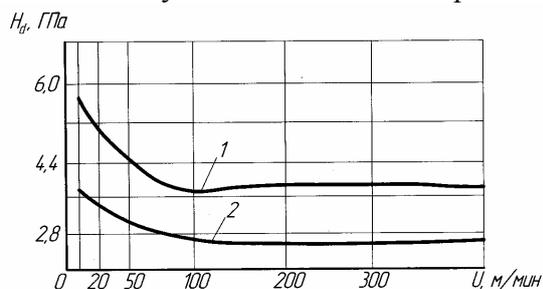


Рисунок 3.8 – Влияние скорости резания стали на наклеп: 1- сталь 30ХГС; 2 – сталь 20.

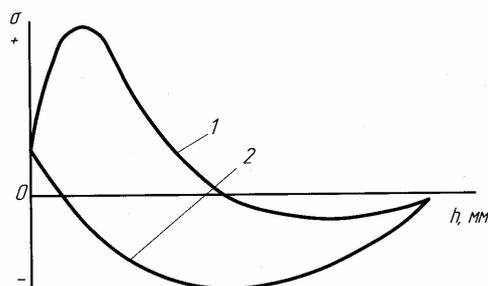


Рисунок 3.9 – Распределение остаточных напряжений на глубину поверхностного слоя после шлифования (кривая 1) и после шлифования с выхаживанием

#### Методы измерения и оценки качества поверхности

Оценка шероховатости поверхности в цеховых условиях часто осуществляется визуально осмотром обработанной поверхности и сравнением ее с аттестованным эталоном. Эталоны должны быть изготовлены из тех материалов, что и проверяемые детали, так как отражательная способность материалов различна.

Визуальная оценка поверхности невооруженным глазом возможна в пределах шероховатости, соответствующей  $R_z = 320 + 10$  мкм. Применение микроскопа сравнения (модель МС-49) расширяет возможности этого метода контроля. Оптическая схема этого микроскопа построена так, что луч света от лампы проходит через призму в двух направлениях: один пучок света направляется на поверхность эталона и, отразившись от нее, проходит через призму и объектив и дает изображение поверхности эталона в одной половине поля зрения окуляра; другой пучок света направляется на поверхность контролируемой детали и, отразившись от нее, также проходит через призму и объектив и дает изображение поверхности детали в другой половине поля зрения окуляра. Сопоставляя качество контролируемой поверхности с эталоном, можно определить шероховатость обработанной поверхности. Микроскоп сравнения типа МС-49 дает увеличение в 10—50 раз и позволяет контролировать поверхности до шероховатости, соответствующей  $R_a = 0,04 + 0,16$  мкм, не снимая детали со станка.

Оценка шероховатости поверхности методом сравнения субъективна и может вызвать разногласия.

Для непосредственных измерений высоты микронеровностей пользуются приборами: оптическими (двойной микроскоп, микроинтерферометр), щуповыми (профилометры, профилографы), сравнительными. Область применения некоторых измерительных средств приведена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Приборы для измерения высоты микронеровностей

| Приборы  | Шероховатость поверхности |       |       |       |                     |           |                      |
|--|---------------------------|-------|-------|-------|---------------------|-----------|----------------------|
|  | R <sub>z</sub> , мкм      |       |       |       | R <sub>a</sub> , мм |           | R <sub>z</sub> , мкм |
|  | 160-80                    | 80-40 | 40-20 | 20-10 | 2,5-0,16            | 0,16-0,02 | 0,1-0,025            |
| <b>Щуповые</b><br>Профилометр В. М. Киселева<br>Профилограф Б. М. Левина<br>Профилограф «Калибр» |                           |       | +     | +     | +                   | +         |                      |
| <b>Оптические</b><br>Двойной микроскоп МИС-11<br>Микроинтерферометр                              |                           |       | +     | +     | +                   | +         | +                    |
| <b>Сравнительные</b><br>Микроскоп МС-49  | +                         | +     | +     | +     | +                   | +         |                      |

Для определения глубины и степени наклепа наиболее распространен метод «косого среза». Сущность его заключается в следующем. На образце с помощью притирки пастой ГОИ изготовляют срез под небольшим углом  $\alpha = 0^{\circ}30'..2^{\circ}$  (рисунок 3.10). Определяя с помощью прибора твердость по длине среза, находят расстояние от начала среза (точка А) до точки, после которой твердость перестает изменяться (точка В). Глубина наклепанного слоя  $h_n = l \sin \alpha$ . Степень наклепа (в %) определяют из соотношения

$$H_n = \frac{H_0 - H_2}{H_0} 100,$$

где  $H_n$  – наибольшая твердость поверхностного слоя;  $H_0$  – твердость основного металла. Степень наклепа обычно составляет 120 – 160%.

Для изучения глубины наклепанного слоя применяют также метод стравливания и рентгеновский метод. Метод стравливания основан на том, что наклепанный слой стравливается быстрее, чем основная масса металла. Зная размер слоя при каждом последовательном стравливании, определяют глубину наклепанного слоя. Рентгеновский метод применяют для изучения поверхностных слоев более 3 – 10 мкм.

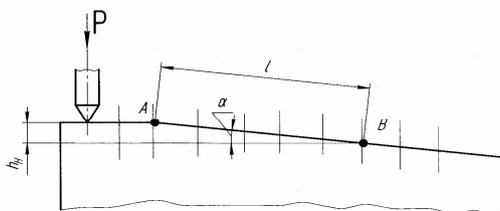


Рисунок 3.10 – Определение глубины и степени наклепа методом «косого среза».

Для определения остаточных напряжений пользуются методом академика М. М. Давиденкова, основанным на расчете остаточных напряжений по деформации образца после удаления с него напряженного слоя. В последнее время получает распространение бесконтактный метод определения остаточных напряжений посредством голографической интерферометрии.

Форма отчетности:

Отчет.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[4] из раздела 7.

## Контрольные вопросы для самопроверки

1. Шероховатость.
2. Волнистость.
3. Физико-механические свойства поверхностного слоя.

## Лабораторная работа № 4

### Заготовки для деталей машин

Цель работы: Изучение заготовок для деталей машин.

Задание: Научиться осуществлять правильный подбор заготовок.

Порядок выполнения:

Для изготовления деталей машин применяют заготовки, получаемые литьем, обработкой давлением (поковки, штамповки), заготовки из сортового материала и получаемые комбинированными методами. Используют также заготовки из металлокерамики и неметаллов (пластмасс, резины и др.).

От правильного выбора заготовки в значительной мере зависят общая трудоемкость и себестоимость изготовления детали. На выбор вида заготовки и метода ее получения влияют материал детали, ее размеры и конструктивные формы, годовой выпуск деталей и другие факторы.

Литые заготовки. Наиболее распространенные методы литья, область их применения и качество получаемых отливок приведены в табл. 5.1. В таблицу не включены некоторые методы литья (например, по замораживаемым моделям, с применением вакуума, по растворимым моделям) по причине их весьма ограниченного применения в строительном и дорожном машиностроении.

Из приведенных в табл. 5.1 методов литья наиболее высокий коэффициент использования металла (0,9 и выше) обеспечивают методы 4 и 7. Хороший коэффициент использования металла (0,8— 0,9) получают применением методов 3 и 6. Методы 2 и 5 в настоящее время хорошо механизированы, а методы 3, 4, 6 и 7 частично или полностью автоматизированы.

Таблица 5.1 – Методы литья.

| <i>№ п/п</i> | <i>Метод литья</i>   | <i>Точность выполнения заготовок</i>           | <i>Шероховатость поверхности <math>R_z, мкм</math></i> | <i>Материал</i>                       | <i>Область применения</i>  |
|--------------|--|--|--|---------------------------------------|--|
| 1            | <i>В земляные формы по деревянным моделям или шаблонам при ручной формовке</i> | По ГОСТ 1855-55 (чугун) и ГОСТ 2009-55 (сталь) | 320-160  | Чугун, сталь, сплавы цветных металлов | В единичном и мелкосерийном производстве с широким диапазоном размеров и массы |
| 2            | <i>В землю при машинной формовке по деревянным или металлическим моделям</i>   | По ГОСТ 1855-55 (чугун) и ГОСТ 2009-55 (сталь) | 320-160  | Чугун, сталь, сплавы цветных металлов | В серийном производстве для отливок массой до 10 т                             |
| 3            | <i>В оболочковые формы (песчано-смоляные, химически</i>                        | 12-14 качества точности                        | 320-40   | Чугун, сталь, сплавы цветных металлов | В крупносерийном и массовом производстве для фасонных отливок массой до 0,15 т |

|   |  |                                |        |  |   |
|---|--|--------------------------------|--------|--|---|
|   | <i>твердеющие)</i>                     |                                |        |  |   |
| 4 | <i>По<br/>выплавляемым<br/>моделям</i> | 11-13<br>квалитеты<br>точности | 160-20 | Сталь,<br>труднооб-<br>рабатыва-<br>емые<br>сплавы | В серийном и<br>массовом<br>производстве для<br>отливок сложной<br>формы массой до<br>0,15 т        |
| 5 | <i>В кокиль</i>                        | 12-15<br>квалитеты<br>точности | 160-80 | Чугун,<br>сталь,<br>сплавы<br>цветных<br>металлов  | В серийном и<br>массовом<br>производстве для<br>отливок сложной<br>формы массой до<br>0,15 т        |
| 6 | <i>Под давлением</i>                   | 10-12<br>квалитеты<br>точности | 80-20  | Сплавы<br>цветных<br>металлов                      | В крупносерийном<br>и массовом<br>производстве для<br>отливок сложной<br>формы массой до<br>0,15 т  |
| 7 | <i>Центробежное</i>                    | 12-14<br>квалитеты<br>точности | 40-20  | Чугун,<br>сталь,<br>бронза и<br>другие<br>сплавы   | В серийном и<br>массовом<br>производстве для<br>отливок в виде тел<br>вращения массой<br>0,01 – 1 т |

Заготовки, получаемые обработкой давлением. К методам получения исходных заготовок обработкой давлением относятся свободная ковка, горячая и холодная штамповка. Механические свойства кованных и штампованных заготовок выше свойств заготовок, получаемых литьем. В табл. 5.2 приведены наиболее распространенные методыковки и штамповки заготовок из углеродистых и легированных сталей и специальных сплавов.

Из приведенных в табл. 5.2 методов наиболее высокий коэффициент использования металла (примерно 0,9) обеспечивают методы 7 и особенно 9. Эти же методы наиболее полно автоматизированы.

При изготовлении деталей из высокопрочных и жаропрочных листовых материалов толщиной до 6 мм и размером до 2 м в серийном производстве эффективны гидровзрывная и электрогидравлическая штамповки. Точность полученного профиля заготовки при диаметре 2 м достигает 2—3 мм.

Заготовки из проката. Прокат применяют в тех случаях, когда конфигурация детали близко соответствует какому-либо виду сортового материала (круглого, шестигранного, квадратного, прямоугольного). Широко используют также горячекатаные бесшовные трубы различной толщины и диаметра, а также профильный прокат (угловая сталь, швеллеры, балки).

Прокат выпускают горячекатаный и калиброванный холоднотянутый. При изготовлении деталей из калиброванного проката возможна обработка без применения лезвийного инструмента, т. е. только шлифование. При выборе размера прокатного материала следует пользоваться стандартами на материал, учитывая конфигурацию детали, точность выполнения размеров и необходимость экономии металла. Круглый горячекатаный сортовой материал повышенной и нормальной точности выпускают по ГОСТ 2590—71, круглый калиброванный — по ГОСТ 7417—75.

С целью приближения формы заготовки к конфигурации деталей типа валов и осей целесообразно применение в условиях крупносерийного и массового производства проката переменного поперечного сечения (периодического проката).

Комбинированные заготовки. При изготовлении заготовок сложной конфигурации значительный экономический эффект дает изготовление отдельных элементов заготовки прогрессивными методами (штамповка, отливка, сортовой и фасонный прокат) с последующим соединением этих элементов сваркой или другими способами. Комбинированный метод получения заготовок применяют при изготовлении крупных коленчатых валов (ковка отдельных элементов с последующей сваркой), рам строительных машин (резка проката с последующей сваркой) и т. д.

Заготовки и детали из пластмасс. Пластмассы получают все большее распространение при изготовлении не крупных деталей (крыльчаток насосов, шкивов, втулок, ручек и др.), а также при восстановлении деталей. К недостаткам пластмасс относятся низкая ударная вязкость, недостаточная прочность, невысокая теплостойкость (до 250—300 °С), старение.

Таблица 5.2 – Наиболее распространенные методыковки и штамповки заготовок.

| <i>№<br/>п/п</i> | <i>Метод<br/>получения<br/>заготовок</i>   | <i>Точность<br/>выполнения<br/>заготовок</i>                             | <i>Шероховат<br/>ость<br/>поверхност<br/>и R<sub>z</sub>, мкм</i> | <i>Область применения</i>   |
|------------------|--|--|---|---|
| 1                | <i>Ковка на<br/>молотах и<br/>прессах</i>  | По ГОСТ<br>7829-70 (на<br>молотах) и<br>ГОСТ 7062-<br>67 (на<br>прессах) | До 320  | В единичном и мелкосерийном<br>производстве для заготовок с<br>простой конфигурацией<br>и массой до 250 т             |
| 2                | <i>Ковка на<br/>молотах и в<br/>подкладных<br/>штампах и<br/>кольцах</i>   | По ГОСТ<br>7829-70   | До 320  | В мелкосерийном производстве для<br>заготовок с конфигурацией средней<br>сложности и массой 0,1 т и более             |
| 3                | <i>Ковка на<br/>радиально-<br/>ковочных<br/>машинах:<br/>- горячая<br/>ковка для<br/>диаметров<br/>свыше 50 мм<br/>- холодная<br/>ковка для<br/>диаметров до<br/>50 мм</i> | До 0,6 мм<br><br>0,04 – 0,4 мм   | До 320<br><br>До 6,3  | В серийном производстве для<br>заготовок в виде ступенчатых тел<br>вращения и диаметром до 90 мм                      |
| 4                | <i>Штамповка на<br/>молотах и<br/>прессах<br/>(облойная)</i>   | Для стальных<br>поковок по<br>ГОСТ 7505 -<br>74                          | 320-80  | В серийном и массовом<br>производстве для заготовок массой<br>до 0,2 т  |
| 5                | <i>Горячая<br/>штамповка в<br/>закрытых<br/>штампах<br/>(безоблойная)</i>  | По ГОСТ<br>7505 - 74   | 320-80  | В крупносерийном и массовом<br>производстве для заготовок простой<br>формы массой до 0,015 т                          |
| 6                | <i>Штамповка с<br/>последующей<br/>калибровкой</i>   | 0,05 – 0,1 мм  | 40-10   | В серийном и массовом<br>производстве для заготовок с<br>площадью калибруемой<br>поверхности 2,5 – 80 см <sup>2</sup> |

|   |   |                                 |          |  |
|---|---|---------------------------------|----------|--|
| 7 | <i>Штамповка с высадкой на горизонтально-ковочных машинах</i> | По ГОСТ 7505 - 74               | 320-80   | В серийном и массовом производстве для заготовок простой формы массой 0,015 т  |
| 8 | <i>Холодная высадка на автоматах</i>                          | 9 – 11<br>квалитеты<br>точности | 20 – 6,3 | В серийном и массовом производстве при изготовлении крепежных деталей, мелких ступенчатых валиков, пальцев диаметром 1 – 30 мм |
| 9 | <i>Волочение прутков</i>                                      | 0,05 – 0,1 мм                   | 20 – 6,3 | В серийном и массовом производстве для изготовления штучных заготовок с фасонным профилем диаметром 1 – 25 мм                  |

Заготовки из металлокерамики. Металлокерамические материалы, получаемые путем прессования порошковой смеси с последующим спеканием, пористы, поэтому их применение эффективно при изготовлении подшипниковых втулок. Из металлокерамики изготавливают также накладки на тормозные колодки и другие фрикционные детали, имеющие высокий коэффициент трения (0,26—0,32 по стали всухую и 0,10—0,12 при работе в масле).

### 5.2 Предварительная обработка заготовок

Предварительная обработка исходных заготовок заключается в придании им такого вида и состояния, при которых возможно выполнение обработки на металлорежущих станках. Характер выполнения предварительных операций зависит от вида заготовки.

Предварительная обработка отливок состоит в удалении литников и прибылей, очистке отливок и термической обработке (в отдельных случаях). Для отливок небольших и средних размеров

весьма эффективна очистка струей воды, в которую добавлены крупнозернистый абразив и кальцинированная сода. Для устранения в отливках поверхностных неровностей применяют шлифовально-обдирочные станки, снимающие за один проход припуск в несколько миллиметров, а также шлифовальные круги с гибким валом и пневматические зубила. Отливки из чугуна, стали и сплавов цветных металлов подвергают термической обработке с целью снятия внутренних напряжений и улучшения обрабатываемости в механических цехах.

Предварительная обработка поковок состоит в удалении облоя и пленки обрезкой или прошивкой заготовок в штампах на обрезных кривошипных прессах в холодном или горячем состоянии. С целью придания поковкам необходимых механических свойств их подвергают термической обработке (отжигу, нормализации, термическому улучшению). Для устранения с поверхности поковок окалина производят очистку заготовок в дробеструйных и пескоструйных установках или галтовкой во вращающихся барабанах. В том случае, когда поверхностный наклеп дробью нежелателен, возможна очистка травлением. Для устранения искривлений производят правку поковок в холодном и горячем состоянии.

Предварительная обработка проката состоит в правке и разрезании на штучные заготовки.

Для правки и резки круглого проката диаметром 0,25—8 мм, поставляемого в бухтах или мотках, применяют правильно-отрезные автоматы. Точность правки 0,5—0,7 мм/м. Правку и калибровку круглого проката диаметром 8—100 мм выполняют на правильно-калибровочных станках. Точность правки черного проката составляет 0,5—0,9 мм/м, а предварительно обточенного — 0,05 — 0,2 мм/м. Точность калибровки по диаметру 0,03—0,05 мм/м.

Правку штучных заготовок ведут на прессах. Местная кривизна проката должна быть в пределах 0,15 мм/м. Для правки коротких (до 200 мм) цилиндрических заготовок применяют накатные станки с гладкими плашками. Точность правки 0,05—0,10 мм/м при высокой производительности (до 60 шт/мин). Листовой прокат толщиной до 40 мм и длиной до 3 м правят на листопрямых вальцах. Точность правки 1—2 мм/м. Менее производительна

ручная правка, применяемая в условиях единичного и мелкосерийного производства. Разновидностью этого метода является установка заготовки для валов в центрах и правка струбциной. Точность правки 0,10 — 0,15 мм/м. Для правки заготовок диаметром до 30 мм используют также ручные винтовые прессы.

Резку проката на штучные заготовки выполняют различными методами. Наиболее распространены на заводах разрезание проката на металлорежущих станках, с использованием прессов, пресс-ножниц, газовая резка. Резку проката на станках токарной группы применяют для заготовок круглого сечения диаметром до 80 мм. Точность резки 0,3—0,8 мм. На фрезерно-отрезных станках разрезают прокат круглого и профильного сечения диаметром до 500 мм и более. Этот метод резки универсален, прост, достаточно точен и производителен. В единичном и мелкосерийном производстве применяют резку приводными ножовками круглого и профильного проката диаметром до 300 мм с шириной реза 1—3,5 мм. Резка ленточными пилами предназначена для получения штучных заготовок из черных и цветных металлов.

Форма отчетности:

Отчет.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[4] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Виды заготовок деталей машин.
2. Области применения заготовок деталей машин.

## Лабораторная работа № 5

### Технология производства типовых деталей строительных и дорожных машин

Цель работы: Изучить технологический процесс изготовления типовых деталей.

Задание: Изучить технологический процесс изготовления деталей строительных и дорожных машин.

Порядок выполнения:

Разновидности валов. В строительном и дорожном машиностроении встречаются валы разнообразных конструкций: гладкие и ступенчатые, сплошные и полые. Наибольшее распространение получили ступенчатые валы. Чаще всего применяют валы с диаметром наружных поверхностей 40—100 мм и общей длиной 500 - 1000 мм. Валы считаются жесткими, если отношение длины к диаметру не превышает 15, и не жесткими, если это отношение более 15.

Нежесткие валы приходится обрабатывать (точить, шлифовать) с применением люнетов.

Материалом для валов служит в основном сталь 40 или 45 и реже легированные стали 40Х, 18ХГТ. Валы из среднеуглеродистых сталей подвергают термообработке до твердости НВ 230—260; реже посадочные поверхности подвергают закалке токами высокой частоты до твердости HRC 45—50. Шейки валов из низкоуглеродистых сталей для повышения износостойкости подвергают цементации с последующей термообработкой до твердости HRC 50—60.

Сопрягаемые цилиндрические поверхности валов выполняют с отклонением, соответствующим 6-му или 8-му качеству точности и с шероховатостью поверхности соответственно  $R_a = 1,25 \div 0,63$  мкм и  $R_a = 2,5 \div 1,25$  мкм.

**Заготовки для валов.** При изготовлении валов исходные заготовки получают либо путем пластического деформирования (ковка, штамповка, обжатие на ротационно-ковочных

машинах, электровысадка, поперечно-винтовая прокатка), либо путем резки стандартного проката. На рис. 8.1 показаны заготовки, полученные различными способами: для изготовления ступенчатых валов — штамповкой в подкладных штампах (а); для валов с фланцами - штамповкой на горизонтально-ковочной машине (б); для ступенчатых валов крупносерийном и массовом производстве — поперечно-винтовой прокаткой (в).

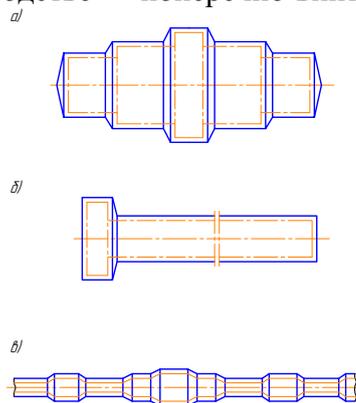


Рисунок 8.1- Заготовки для валов полученные различными способами: а) - штамповка в подкладных штампах; б) – штамповка на горизонтально-ковочной машине; в) – поперечно-винтовая прокатка.

Выбор способа получения заготовки обосновывается путем сравнения суммарной себестоимости исходной заготовки и механической обработки (подробнее см. п. 22). Вместе с тем при выборе вида заготовки могут быть использованы (с учетом конфигурации и размеров вала и масштаба его выпуска) некоторые общие сведения, изложенные в п. 5 (см. табл. 5.2).

С увеличением масштаба выпуска деталей большое значение придается эффективности использования металла, которая характеризуется отношением массы готовой детали  $G_d$  к расходу металла на исходную заготовку  $G_3$ . Это отношение называют коэффициентом использования металла

$$K_m = G_d / G_3 \quad (8.1)$$

Для серийного и массового производства коэффициент  $K_m$  составляет более 0,75 и доходит до 0,95.

В единичном и мелкосерийном производстве при изготовлении валов с небольшим перепадом диаметральных размеров используют горячекатаный нормальный прокат, который нарезают на штучные заготовки для последующей механической обработки. При изготовлении валов со значительным числом ступеней и существенным перепадом диаметров применяют весьма эффективный способковки на вертикальных радиально-ковочных машинах (ротационная ковка).

На рис. 8.2 приведена схема ротационного обжатия. В отверстие неподвижной головки 1. машины запрессовано стальное кольцо 2. Между кольцом и шпинделем 7 помещена обойма 3 с цилиндрическими роликами 5, которые выступают из отверстий обоймы. В шпинделе имеется паз, в котором размещены две матрицы 6 и два бойка 4. В процессе вращения шпинделя под действием центробежных сил бойки расходятся (положение 8). В тот момент, когда бойки набегают на свободно вращающиеся в обойме 3 ролики, матрицы перемещаются к центру и обжимают заготовку (положение 9). Осевое перемещение заготовки происходит в тот момент, когда матрицы разжаты. Обжатие заготовок диаметром свыше 40 мм выполняют после нагрева проката до температурыковки. Длительность обработки одной заготовки составляет 40—70 с.

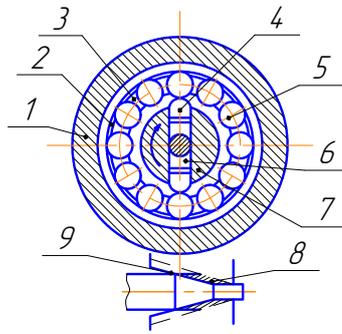


Рисунок 8.2 – Схема ротационного обжата.

В условиях серийного производства большое распространение получила горячая штамповка заготовок в открытых штампах (облойная штамповка), а в крупносерийном и массовом производстве в закрытых штампах (безоблойная штамповка). При изготовлении заготовок с односторонним утолщением весьма эффективна штамповка на горизонтально-ковочных машинах. Для повышения точности штампованных заготовок применяют калибровку (чеканку) поковок.

Новым и весьма производительным способом изготовления заготовок для ступенчатых валов является горячая прокатка на трех валковых станах, называемая поперечно-винтовой прокаткой. Этот способ целесообразен в массовом и крупносерийном производстве.

Для тяжелых валов (массой свыше 1 т) заготовки получают из слитка свободной ковкой.

Прокат и поковки перед механической обработкой проверяют на кривизну и подвергают правке (подробнее см. в п. 23).

**Изготовление ступенчатых валов.** При выполнении основных операций обработки ступенчатых валов (точение, наружное шлифование) в качестве установочных баз принимают поверхности центровых отверстий заготовки. Если заготовку устанавливают на плавающий передний центр, то установочной базой будет также торец заготовки, примыкающий к торцу переднего центра. Применение плавающего переднего центра исключит погрешность базирования при выдерживании длин ступеней от левого торца.

Рассмотрим отдельные операции обработки ступенчатых валов.

Подрезка торцов и зацентровка. Первые технологические переходы при изготовлении ступенчатых валов — подготовка технологических баз, т. е. подрезка торцов и их зацентровка. В зависимости от масштаба выпуска валов эти переходы можно выполнять с применением различного оборудования.

В серийном производстве обработку ведут на фрезерно-центровальных полуавтоматах МР-71 и МР-73 с установкой заготовки по наружному диаметру в призмы и базированием в осевом направлении по упору. Схема обработки на этих станках показана на рис. 6.7, г. Подрезку торцов выполняют также отдельно от зацентровки на продольно-фрезерных или горизонтально-фрезерных станках, а центрование — на одностороннем или двустороннем центровальном станке.

В массовом производстве для фрезерования торцов и зацентровки применяют станки барабанного типа моделей МР-77 и МР-78.

В единичном производстве подрезку торцов и зацентровку ведут в основном на универсальных токарных станках.

**Обтачивание валов** в зависимости от масштаба выпуска деталей выполняют на различном оборудовании: на обычных токарных станках, на токарных станках, оснащенных программным управлением или гидроконтрольным суппортом, на копировальных токарных станках, а также на многолезцовых станках. Многолезцовое обтачивание обеспечивает повышение производительности по сравнению с обычной токарной обработкой благодаря совмещению переходов и автоматическому получению операционных размеров.

Проектируя операцию, решают вопрос о размещении резцов. При размещении резцов по схеме, приведенной на рис. 8.3, а, каждая ступень вала обрабатывается одним резцом и ход продольного суппорта определяется длиной наибольшей ступени, обтачиваемой резцом 1, а

резцы 2 и 3 совершают холостой пробег. При наладке станка по наименьшей ступени./<sub>3</sub> (рис. 8.3, б) ход суппорта будет определяться длиной ступени  $l_3$ . В этом случае для обточки других ступеней устанавливают по несколько резцов, причем число резцов зависит от соотношения длин ступеней  $l_1/l_3$  и  $l_2/l_3$ . Второй вариант более производителен, но его недостатком является появление уступов при обтачивании ступени несколькими резцами из-за неточности установки резцов на размер и разной интенсивности их изнашивания. Установку резцов производят по эталонной детали или вне станка, применяя сменные блоки.

Если ступенчатый вал изготавливают из проката, то при точении ступеней с меньшим диаметром возможны недопустимо большие глубины резания. В этом случае применяют метод деления припуска. Одним из вариантов может быть удаление резцами 1,2и3 (рис. 8.3, в) частей припуска  $Z_1, Z_2$  и  $Z_3$ . При этом варианте продольный суппорт перемещается на всю длину  $l$  обтачиваемых ступеней.

Обработка валов на многорезцовых станках требует относительно длительной их наладки, поэтому этот метод применяют в серийном и массовом производстве.

Значительное распространение на заводах строительного и дорожного машиностроения получили одношпиндельные копировальные полуавтоматы моделей 1712, 1722, 1Б732. На рис. 8.4 показана схема наладки копировального полуавтомата для обработки ступенчатого вала; продольный суппорт обтачивает вал по копии, а поперечный суппорт

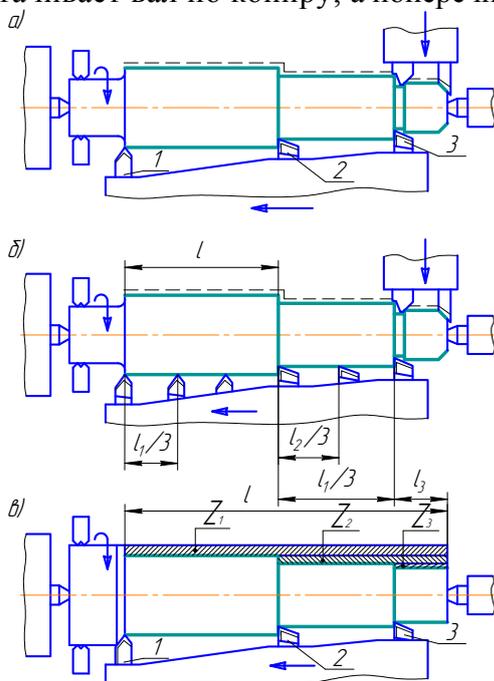


Рисунок 8.3 – Многорезцовое обтачивание.

образует выточку. Поперечным суппортом можно выполнять и подрезку торцов. Обработка валов на этих станках имеет ряд преимуществ перед многорезцовым обтачиванием:

- а) время для наладки средней сложности составляет 30—35 мин, что в 2—3 раза меньше времени соответствующей наладки многорезцового станка;

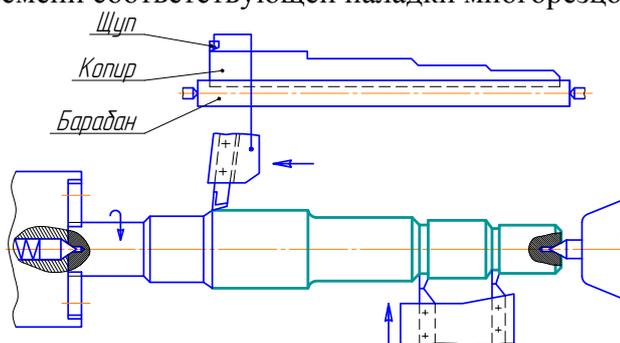


Рисунок 8.4 – Схема работы одношпиндельного копировального полуавтомата.

б) при чистовом точении обеспечивается точность, соответствующая 9-му качеству вместо 11-го при многолезцовом обтачивании; в) наблюдается малое влияние упругих сжатия системы, так как при продольном точении участвует в работе только один резец; г) повышается качество обработанной поверхности: отсутствуют уступы, характерные для многолезцового обтачивания одной ступени; д) обработка ведется на более высоких скоростях резания, так как при многолезцовом точении скорость резания занижается с целью повышения стойкости резцов до 3—4 ч.

На токарных копировальных полуавтоматах выполняют предварительную и чистовую обработку валов. Их применение весьма эффективно в серийном производстве, где они повышают производительность по сравнению с использованием обычных токарных станков в 2 раза и более. При обточке валов с числом ступеней более четырех полуавтоматы работают эффективно при размере партии всего в 10—15 шт.

В массовом и крупносерийном производстве широко используют многошпиндельные многолезцовые полуавтоматы моделей 1К.282, 1284 и других, которые, однако, сложнее в наладке. При изготовлении мелких валов—длиной до 150—200 мм — применяют токарные автоматы.

В мелкосерийном производстве весьма эффективно применение токарных станков с гидросуппортами и токарных станков с программным управлением.

При проектировании токарной операции промежуточные припуски определяют по формулам (6.8)— (6.9), допуски на промежуточные размеры при обработке партии заготовок на настроенном станке — по формуле (2.56), а при обработке методом пробных проходов — по формуле (2.57). Поле рассеяния диаметральных размеров при односторонней обточке в центрах можно рассчитать по формуле (2.39), а погрешность формы обточенной поверхности — по формуле (2.41).

**Шлицевые поверхности** на валах обычно получают обкаткой червячной фрезой на шлицефрезерных или зуборезных станках. При диаметре вала более 80 мм шлицы фрезеруют за два прохода. У закаливаемых валов, центрируемых по наружной поверхности, обработка шлицев включает следующие операции: предварительное шлифование наружной поверхности; фрезерование шлицев с припуском на шлифование боковых поверхностей; термическую обработку; чистовое наружное шлифование; чистовое шлифование боковых поверхностей шлицев, которое выполняется на шлицешлифовальном полуавтомате одновременно двумя кругами (рис. 8.5, а) с применением делительного механизма для поворота заготовки. У таких же не закаливаемых валов обработка шлицев состоит из двух операций: наружного шлифования цилиндрической поверхности и фрезерования шлицев.

Если шлицевое соединение центрируется по поверхности внутреннего диаметра, то последовательность операций до термообработки остается той же, что и при обработке шлицев, центрируемых, по наружному диаметру;

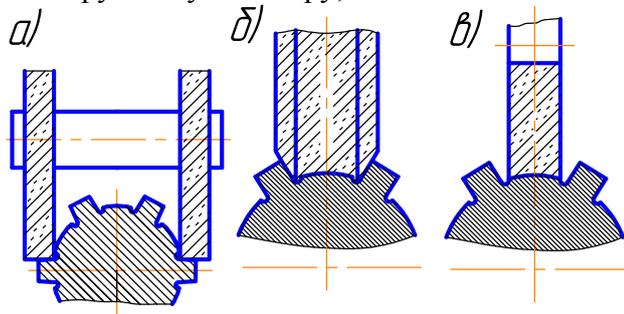


Рисунок 8.5 – Шлифование шлицев.

после термообработки выполняют чистовое, шлифование боковых поверхностей шлицев и чистовое шлифование по внутреннему диаметру. В этом случае шлицы шлифуют либо профильным кругом одновременно по боковым поверхностям и дну впадины (рис. 8.5, б), либо в две операции: шлифование двумя кругами боковых поверхностей (рис. 8.5, а), а затем шлифование внутренней поверхности кругом, заправленным по дуге (рис. 8.5, в).

Шлифование одним профильным кругом дает наилучшие результаты по точности и производительности.

В последнее время появились более производительные методы: обработка шлицев на шлицестрогальных и шлицепротяжных станках, а также образование эвольвентных шлицев методом пластического деформирования с помощью накатки. Накатыванию подвергают валы с твердостью не более HB 220 при модуле шлицев не свыше 2,5 мм. Накатанные шлицы повышают износостойкость вала.

**Шпоночные пазы** в зависимости от их конструкции обрабатывают либо дисковой, фрезой, если паз сквозной, либо торцовой (пальцевой) фрезой, если паз глухой. Вал устанавливают в центрах или по наружной поверхности на призмы приспособления. При

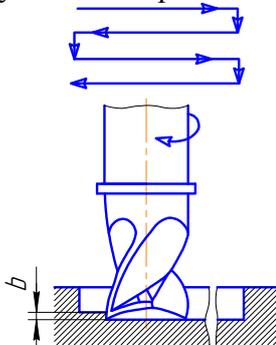


Рисунок 8.6 - Маятниковый метод изготовления глухих шпоночных пазов. установке вала на призмы появляется погрешность базирования, влияющая на точность глубины паза (подробнее см. п. 8).

Шпоночные пазы изготавливают на горизонтально и вертикально-фрезерных станках. При изготовлении глухих шпоночных пазов в серийном и массовом производстве применяют шпоночно-фрезерные полуавтоматы, работающие «маятниковым» методом: двухзубая пальцевая фреза (рис. 8.6) за один проход подается на глубину резания  $b = 0,2 - 0,3$  мм и фрезерует паз на всю длину, затем вновь подается на эту же глубину и фрезерует паз в другом направлении и так до получения полной глубины паза. Фрезерование пазов в крупносерийном и массовом производстве целесообразно выполнять с применением многоместных приспособлений комплектом фрез.

**Изготовление резьбы.** Резьбы на валах могут быть наружные и внутренние. Внутренние резьбы нарезают машинными метчиками на сверлильных, револьверных и резьбонарезных станках в зависимости от масштаба производства. Наружные резьбы нарезают резцами, гребенками, плашками, а также получают фрезерованием, вихревым методом, накатыванием. В мелкосерийном и единичном производстве наружные резьбы изготавливают на токарно-винторезных станках с применением резьбовых резцов или гребенок, обеспечивая 6—8-ю степени точности. Резьбы 4-й степени точности нарезают на прецизионных токарно-винторезных станках.

Нарезание резьбы плашками и резьбонарезными головками выполняют на револьверных, токарных и болторезных станках, а также на токарно-револьверных автоматах. Нарезание резьбы плашками применяют в серийном и мелкосерийном производстве при требованиях точности резьбы не выше 7-й степени. В серийном и массовом производстве при изготовлении резьб используют резьбонарезные головки, обеспечивающие повышение производительности в 2—4 раза по сравнению с нарезанием резьбы плашками и повышение точности резьбы до 6-й степени.

При нарезании коротких остроугольных резьб широкое распространение получило фрезерование гребенчатой групповой фрезой (рис. 8.7) на резьбофрезерных станках, причем, ось фрезы, устанавливается параллельно оси нарезаемой детали. При фрезеровании кроме вращения фрезы и медленного вращения детали необходимо обеспечить осевое перемещение фрезерной головки на шаг резьбы за один оборот детали.

Накатывание резьбы применяют в крупносерийном и массовом производстве. При этом получают резьбу 6-й степени точности. Накатывание резьбы в 10—20 раз производительнее нарезания ее резьбовыми головками.

Если вал не подвергается закалке, то резьбу нарезают после окончательного шлифования шеек, что устраняет возможность повреждения резьбы в процессе передачи вала на другую операцию.

На закаливаемых шейках резьбу изготавливают до термообработки.

Мелкие резьбы у термообрабатываемых валов получают сразу шлифованием на резьбошлифовальных станках

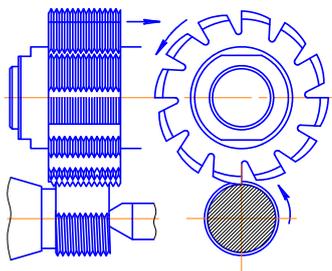


Рисунок 8.7 – нарезание короткой остроугольной резьбы гребенчатой групповой фрезой на резьбофрезерном станке.

**Ш л и ф о в а н и е** валов выполняют на круглошлифовальных и бесцентровошлифовальных станках. Валы с точностью шеек, соответствующей 6-му качеству, шлифуют в две операции (два перехода): предварительное и чистовое шлифование. При обработке валов на круглошлифовальных станках технологической базой являются центровые отверстия на торцах заготовки. От качества центровых отверстий зависит точность обработки, поэтому перед шлифованием центровые отверстия нередко подвергают исправлению путем шлифования конусным кругом. При шлифовании наиболее распространены два метода: метод продольного шлифования (рис. 8.8, а), применяемый при обработке поверхностей значительной протяженности, и метод врезного шлифования (рис. 8.8, б), применяемый при обработке коротких шеек. В серийном и массовом производстве шлифование вторым методом часто выполняется по автоматическому циклу, что обеспечивает лучшее качество обработки и повышает производительность.

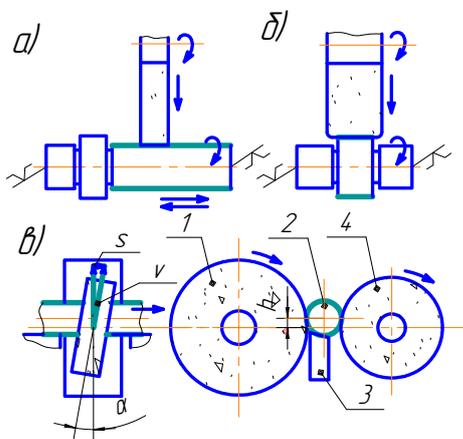


Рисунок 8.8 – Виды шлифования: а) – продольное; б) – врезное; в) бесцентровое.

В тех случаях, когда необходимо достигнуть точности размеров, соответствующей 5-му или 6-му качеству, и шероховатости поверхности  $R_a = 0,1$  мкм и меньше, после чистового шлифования-шейки вала притирают.

При шлифовании деталей размеры часто контролируют в процессе обработки, т. е. без остановки станка, что повышает производительность. Используют также измерительные средства активного контроля, которые автоматически выключают поперечную подачу при достижении заданного размера.

Схема бесцентрового шлифования показана на рис. 8.8, в, где 1 — шлифующий круг; 2 — обрабатываемая деталь; 3 — нож, поддерживающий деталь; 4 — ведущий круг;  $v$  —

окружная скорость ведущего круга. Деталь располагается выше осевой линии кругов на размер  $k$ . Подача  $S$  заготовки вдоль оси осуществляется путем поворота ведущего круга на угол  $\alpha$ , который составляет  $1—4,5^\circ$ . Благодаря этому наклону ведущий круг сообщает детали посредством силы трения движение подачи. Бесцентровое шлифование выполняют с продольной подачей, как показано на рис. 8.8, в, и с поперечной подачей (врезанием). Если вал гладкий, то применяют шлифование с продольной подачей на проход; если вал ступенчатый, то его шлифуют с продольной подачей до упора. Врезным бесцентровым шлифованием обрабатывают у вала короткие буртики. Бесцентровое шлифование применяют при обработке небольших валов, обеспечивая 6—8-й квалитеты точности. Этот метод по точности несколько уступает шлифованию на круглошлифовальных станках.

В строительном и дорожном машиностроении при изготовлении штоков для гидроузлов применяют в качестве окончательной операции **обкатывание поверхности роликами**. В результате пластического деформирования поверхностного слоя повышается качество поверхности, упрочняется поверхностный слой, повышается износостойкость, коррозионная стойкость и усталостная прочность штоков.

**Изготовление гладких валов.** Гладкие валы обычно имеют диаметральные размеры 20—50 мм, шероховатость поверхности  $R_a = 1,25 - 0,63$  мкм, глухой шпоночный паз, поперечное отверстие. Исходной заготовкой является калиброванный прокат. Последовательность изготовления вала следующая: 1) отрезание штучных заготовок и снятие фасок на токарно-отрезном станке или на отрезном автомате; 2) предварительное шлифование заготовок на бесцентровошлифовальном станке; 3) фрезерование шпоночных канавок на шпоночно-фрезерном полуавтомате; 4) обработка поперечного отверстия; 5) термическая обработка токами высокой частоты; 6) чистовое шлифование на бесцентровошлифовальном станке.

**Изготовление валов с центральным отверстием.** При использовании в качестве заготовки круглого проката последовательность операций такова: 1) резка штучных заготовок дисковой пилой; 2) фрезерование торцов и зацентровка; 3) черновое обтачивание с одной стороны; 4) черновое обтачивание с другой стороны; 5) проточка шейки под люнет; 6) сверление центрального отверстия и при необходимости последующая его обработка (установочными базами на этой операции являются центровое отверстие на торце и проточенная под люнет шейка); 7) чистовое точение с одной стороны; 8) чистовое точение с другой стороны (установочными базами являются центровое отверстие на одном торце и фаска на центральном отверстии); 9) наружное шлифование шеек с базированием на центрах.

В массовом и крупносерийном производстве валов применяют переналаживаемые или специальные автоматические линии. На таких линиях обрабатывают, например, первичный валик коробок передач автомобилей ЗИЛ и ГАЗ, вал генератора, шлицевые валы станков и др.

**Контроль валов.** Диаметральные: размеры, длины ступеней, размеры резьб, шлицев, шпоночных пазов проверяют с помощью предельных скоб, резьбовых и шлицевых колец. Шероховатость поверхности контролируют преимущественно сличением с эталонами.

Для проверки соосности шеек ступенчатый вал укладывают базовыми шейками на призмы контрольного приспособления, а стержнем индикатора касаются, поверхности контролируемой шейки. Поворачивая вал вокруг оси, определяют биение шейки по разности показаний индикатора.

Параллельность шлицев или шпоночного паза оси вала устанавливают, по разности показаний индикатора в двух крайних положениях, базируя вал на призмах или в центрах.

В крупносерийном и массовом производстве для контроля валов, применяют многомерные приборы с индикаторами или электроконтактными датчиками.

### **Технология производства корпусных деталей**

К группе корпусных деталей относятся картеры коробок передач, редукторов, главных передач Корпусные, детали при всем многообразии, конструкций можно разделить на две основные разновидности: призматические и фланцевые. Корпуса призматического типа, например корпус коробки передач, блок цилиндров двигателя, характеризуются большими

наружными плоскостями и расположением отверстий на нескольких осях. У корпусов фланцевого типа базовыми плоскостями служат торцовые поверхности, основных отверстий и поверхности центрирующих выступов или выточек.

В строительном и дорожном машиностроении корпусные детали в большинстве случаев выполняют литыми из серого чугуна и значительно реже из стали. Сварные корпуса применяют редко. Отливки получают чаще всего литьем в песчаные формы. При изготовлении отливок большое значение придается их качеству. До отправки в механический цех у отливок удаляют литники и прибыли, подвергают, их термической обработке для снятия внутренних напряжений, очищают их поверхность, контролируют размеры, качество поверхности, твердость и др. (см. п. 23).

Для корпусных деталей характерно наличие базовых плоскостей, называемых привалочными, а также основных и крепежных отверстий. Привалочными плоскостями корпуса стыкуются с другими узлами или агрегатами данной машины.

Основные отверстия предназначены для монтажа опор валов. Точность диаметральных размеров основных отверстий соответствует 7-му качеству и реже 8-му качеству, шероховатость их поверхности  $R_a = 2,5 \div 0,63$  мкм. Межосевые расстояния основных отверстий выдерживают согласно ГОСТу с допусками, обеспечивающими необходимую точность работы зубчатых и червячных передач (обычно 8-я степень точности).

Отклонение отверстий от соосности устанавливают в пределах половины допуска на диаметр меньшего отверстия. Непараллельность осей отверстий допускается от 0,02 до 0,05 мм на 100 мм длины. Неперпендикулярность торцовых поверхностей к осям отверстий допускается в пределах 0,02—0,05 мм на 100 мм радиуса. Привалочные плоскости обрабатывают, с допускаемыми отклонениями от прямолинейности 0,05—0,2 мм на всей длине и с шероховатостью от  $R_z = 20 \div 10$  мкм до  $R_u = 1,25 \div 0,63$  мкм.

**Базирование корпусных деталей** выполняют с учетом их конструктивных форм и технологии изготовления. Рассмотрим наиболее распространенные схемы базирования. На рис. 8.9, а показана схема базирования по плоскости и двум отверстиям диаметром 15—20 мм, выполненным по 7-му качеству точности. Эти отверстия являются вспомогательными базами, в которые входят установочные пальцы приспособления. Детали фланцевого типа базируют по торцу фланца и точно обработанному буртику (рис. 8.9, б).

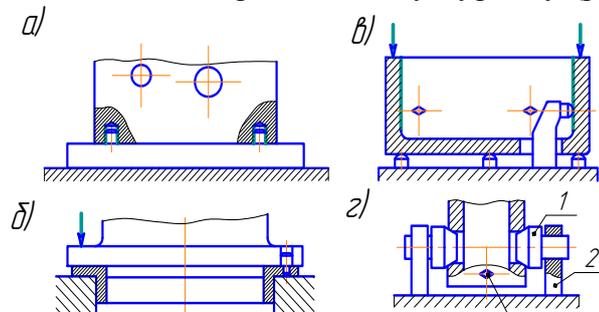


Рисунок 8.9 – Базирование корпусных деталей: а) – базирование по плоскости и двум отверстиям; б) – базирование по торцу фланца и обработанному буртику; в) – базирование по трем плоскостям; г) – базирование на отлитые отверстия и боковую поверхность корпуса.

Вместо поверхности буртика в качестве базы может быть принята поверхность основного отверстия. Корпуса призматической формы, у которых отверстия малы, базируют по трем плоскостям, причем базирование возможно либо по наружным поверхностям, либо по одной наружной и двум внутренним (рис. 8.9, в).

При обработке корпуса призматической формы, имеющего соосные основные отверстия, базирование заготовки целесообразно осуществлять на отлитые отверстия и боковую поверхность корпуса (рис. 8.9, г). В этом случае корпус базируется двумя коническими оправками 1, расположенными в стойках 2. Угловое положение корпуса фиксируется упором 3. При такой схеме базирования на последующей операции обработки отверстий будет обеспечено равномерное распределение припуска.

Если конфигурация корпуса не позволяет эффективно использовать его поверхности для базирования, то обработку целесообразно выполнять в приспособлении-спутнике. При установке детали в таком приспособлении могут быть использованы черновые или искусственно созданные вспомогательные базовые поверхности, причем деталь обрабатывается на различных операциях при постоянной установке в приспособлении, но положение самого приспособления на разных операциях меняется.

**Технологический маршрут обработки корпусов.** При обработке корпусов неразъемного типа, например корпуса коробки передач, маршрут обработки состоит из трех этапов: 1) обработки базовых поверхностей (наружной плоскости и установочных отверстий); 2) обработки основных отверстий; 3) обработки крепежных и других мелких отверстий. Каждый этап обработки может включать несколько операций, в том числе черновые и чистовые.

При изготовлении разъемных корпусов, например корпусов редукторов экскаваторов, основные этапы обработки следующие:

1) обработка плоскости разъема у отдельных частей корпуса; 2) обработка крепежных отверстий, предназначенных для соединения отдельных частей корпуса; 3) промежуточная сборка корпуса из отдельных частей с обработкой отверстий под контрольные штифты и их установкой; 4) обработка основных отверстий; 5) обработка крепежных и других мелких отверстий.

В единичном производстве корпуса обрабатывают на универсальном оборудовании без специальных приспособлений. В серийном и массовом производстве для установки заготовок эффективно применение приспособлений. При обработке корпусов без приспособлений операциям механической обработки предшествует разметка заготовок. В этом случае определяют контуры детали, учитывая рациональное распределение припусков на обработку, а также устанавливают положение осей отверстий. По разметочным рискам выверяют заготовку при ее установке на станке.

Схемы построения операций механической обработки и условия их выполнения зависят от конструктивных особенностей корпусов и объема их выпуска.

**Обработка наружных плоскостей** осуществляется строганием, фрезерованием, протягиванием, точением и шлифованием.

**Строгание** плоскостей применяют в единичном и мелкосерийном производстве, используя продольно-строгальные станки моделей 7212 и 7112. Строгание отличается самой низкой производительностью, но обеспечивает несколько большую точность, чем фрезерование.

Наибольшее распространение при обработке плоскостей получило **фрезерование**. При обработке небольших корпусов в единичном, и мелкосерийном производстве применяют консольно-фрезерные станки с поворотными столами. Это позволяет обработать с одной установки четыре плоскости детали. В серийном производстве корпуса, имеющие форму параллелепипеда, обрабатывают на продольно-фрезерных станках. Наибольший эффект они дают при использовании многоместных приспособлений и при работе несколькими инструментами. На рис. 8.10 показано последовательное фрезерование нескольких корпусов, уложенных в ряд, двумя торцовыми фрезами. Возможна установка корпусов и в два ряда, а также обработка с перекладыванием деталей. Сущность последнего способа заключается в том, что каждая деталь станко-партии последовательно переустанавливается в несколько положений, что обеспечивает обработку плоскостей с разных сторон. При этой схеме наладки необходимо, чтобы обрабатываемые поверхности располагались в одной плоскости и обрабатывались за один ход стола. Такое построение операций повышает производительность фрезерования и сокращает время на переналадку станка.

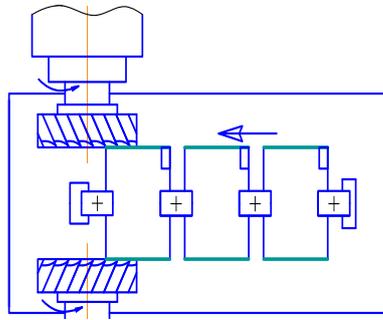


Рисунок 8.10 – Последовательное фрезерование нескольких корпусов.

В крупносерийном и массовом производстве корпуса обрабатывают торцовыми фрезами на вертикально-фрезерных и барабанно-фрезерных станках непрерывного действия. На рис. 8.11 показана схема работы вертикально-фрезерного станка, на котором можно вести обработку по непрерывному циклу. На рисунке: 1—станина станка; 2 - вращающийся стол; 3 — торцовая фреза. Новые заготовки устанавливают со стороны, противоположной расположению фрезы.

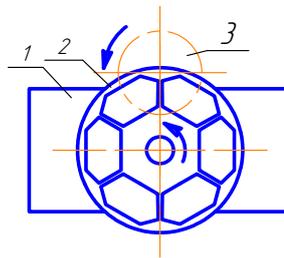


Рисунок 8.11 - Схема работы барабанно-фрезерного станка: 1 – станина станка; 2 – вращающийся стол; 3 – торцовая фреза.

При черновой обработке плоскостей эффективно применение обдирочного шлифованья торцом сборного сегментного шлифовального круга со снятием припуска до 4—5 мм.

Торцовые поверхности корпусов, имеющих конфигурацию тел вращения, обрабатывают точнее на токарно-карусельных станках или на расточных станках с применением головок с подрезными пластинами или цековок.

При обработке корпусных деталей небольших размеров, например коробок передач, применяют протягивание плоскостей, используя прогрессивные конструкции протяжек. Протягивание плоскостей обеспечивает шероховатость, поверхности в пределах  $R_a = 1,25 \div 0,32$  мкм, хорошую плоскостность (0,005 мм на длине 300 мм) и точность размера в пределах 6-го качества. Торцовое фрезерование в два прохода (черновое и чистовое) обеспечивает шероховатость  $R_a = 2,5 \div 1,25$  мкм, плоскостность 0,03 мм на длине 300 мм и точность размера в пределах 11-го качества.

Для достижения более высокой точности применяют чистовое шлифование плоскостей и тонкое фрезерование, а в единичном и мелкосерийном производстве — тонкое строгание и шабрение.

**Обработка основных отверстий.** В зависимости от конфигурации, размеров детали и программы выпуска обработку основных отверстий выполняют на расточных и агрегатных многошпиндельных станках, на токарно-карусельных, вертикально-сверлильных и радиально-сверлильных станках.

На расточных станках обрабатывают корпуса коробчатой формы в единичном и серийном производстве. В условиях крупносерийного и массового производства эффективно применение многошпиндельных агрегатных станков. Типовые компоновки силовых приводов агрегатных станков для обработки системы отверстий приведены на рис. 8.12, а, б, в: 1 — многошпиндельная головка; 2 — инструмент; 3 — заготовка.

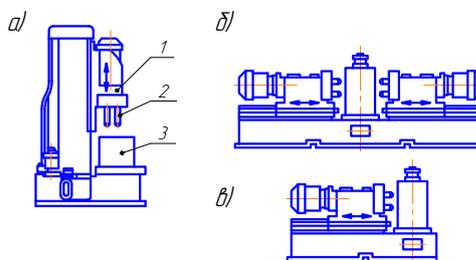


Рисунок 8.12 - Типовые компоновки силовых приводов агрегатных станков для обработки системы отверстий: а, б, в: 1 — многшпindelная головка; 2 — инструмент; 3 — заготовка.

Корпуса фланцевого типа обрабатывают на токарно - карусельных станках. Отверстия в корпусах небольших и средних габаритных размеров в серийном производстве могут быть обработаны на вертикально-сверлильных или радиально-сверлильных станках путем последовательной установки нескольких инструментов (например, для сверления, зенкерования и развертывания) в быстросменных патронах. Для обработки отверстий на вертикально-сверлильных станках используют также шестишпindelные поворотные головки.

При обработке основных отверстий в качестве режущего инструмента применяют однорезцовые (рис. 8.13, а), двух резцовые (рис. 8.13, б) и регулируемые (рис. 8.13, в) блоки, а также зенкеры и резцовые головки, имеющие 4—8 ножей. Резцовые головки более производительны по сравнению с другими расточными инструментами.

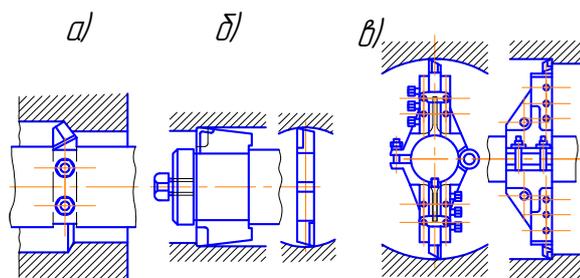


Рисунок 8.13 – Обработка основных отверстий: а – однорезцовый блок; б – двурезцовый блок; в – регулируемый блок.

Для обработки отверстий диаметром до 400 мм с отклонениями по 7-му или 8-му квалитетам основной операцией является развертывание.

При изготовлении отверстий точность их взаимного расположения обеспечивается двумя способами: 1) обработкой детали с установкой ее в специальном приспособлении; 2) обработкой с использованием универсальных способов координации положения инструмента.

По второму способу корпусные детали обрабатывают в единичном и мелкосерийном производстве, когда проектирование специального приспособления неэкономично. В этом случае до расточных операций заготовку подвергают разметке. После обработки базовых поверхностей заготовку устанавливают на столе горизонтально-расточного станка и выверяют таким образом, чтобы оси размеченных отверстий были параллельны оси шпинделя. Затем ось шпинделя совмещают с осью первого растачиваемого отверстия, в шпиндель станка вставляют консольную оправку с расточным инструментом и производят расточку. Для обработки следующего отверстия стол перемещают в горизонтальном направлении, а шпindelную коробку — в вертикальном на заданное межосевое расстояние. Погрешность заданных перемещений стола и шпindelной коробки не должна превышать 0,2—0,3 допусков на межосевые расстояния. При отсчете перемещений по линейке станка с нониусом погрешность отсчета может достигать 0,3 мм, по линейке с оптическим устройством — 0,1 мм, по индикатору — 0,05 мм.

Поворотом стола станка с закрепленной на нем заготовкой можно растачивать отверстия, оси которых перпендикулярны ранее обработанным. Использование консольных

оправок возможно при таких соотношениях ее длины  $l$  и диаметра  $d$ :  $l \leq 6d$ . Применение более длинных оправок, называемых расточными скалками или бор штангами, требует установки свободного конца скалки в подшипнике задней люнетной стойки станка. Эта установка занимает много времени и нежелательна.

В единичном и мелкосерийном производстве при изготовлении корпусов высокой точности применяют координатно-расточные станки. В этих станках инструмент устанавливается либо непосредственно в шпинделе, либо в концевой оправке. Координация шпинделя относительно оси отверстия обеспечивает погрешность межосевых расстояний не более 5 мкм, а погрешность размеров и геометрической формы отверстий — не более 2—3 мкм. Но координатно-расточные станки в 2—3 раза дороже обычных расточных станков.

В мелкосерийном производстве при обработке в корпусах отверстий без применения специальных приспособлений установку шпинделя можно выполнить с использованием координатного шаблона, в котором отверстия расположены с координатами, соответствующими заданному расположению осей отверстий детали. Шаблон можно устанавливать непосредственно на деталь или на стол станка. При растачивании по координатному шаблону шпиндель устанавливают с помощью центроискателя по отверстию шаблона; затем снимают центроискатель, закрепляют в шпинделе режущий инструмент и растачивают отверстие детали через отверстие в шаблоне. Отверстия в шаблоне должны быть на 2—3 мм больше соответствующих отверстий в детали. Применение шаблона обеспечивает погрешность установки шпинделя не более 0,05 мм.

В серийном и массовом производстве распространена обработка отверстий в приспособлениях с направлением инструмента кондукторными втулками. На рис. 8.14 показаны схемы расположения кондукторных втулок расточных приспособлений. При направлении инструмента по схемам, приведенным на рис. 8.14, а и б, оправку или инструмент соединяют со шпинделем жестко, а по схемам, приведенным на рис. 8.14, в и г, — шарнирно. Обрабатывать отверстия с направлением инструмента кондукторными втулками можно на горизонтально-расточных, агрегатных, вертикально-сверлильных и радиально-сверлильных станках.

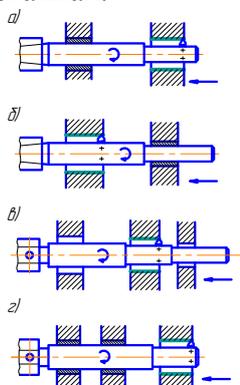


Рисунок 8.14 – Обработка отверстий с направлением инструмента кондукторными втулками: а, б – жесткое соединение инструмента со шпинделем; в, г – шарнирное соединение.

В серийном и мелкосерийном производстве получают распространение горизонтально-расточные станки с числовым программным управлением (модель 262ПР). На таком станке при изготовлении в детали взаимосвязанных отверстий выполняются автоматически по заданной программе необходимые перемещения стола в продольном и поперечном направлениях, вертикальные перемещения шпиндельной бабки, осевое перемещение шпинделя, а также поворот стола для обработки отверстий в разных стенках. Автоматическая установка стола и шпинделя обеспечивает координацию осей обрабатываемых отверстий с погрешностью  $\pm 0,05$  мм.

С целью повышения производительности мелкосерийного производства сложных корпусных деталей созданы станки с числовым программным управлением и автоматической сменой инструмента. Такие станки называют обрабатывающими центрами. На обрабатывающем центре можно обрабатывать открытые плоскости и

отверстия заготовки с 4—5 сторон. Заготовки устанавливают вручную или с использованием простого приспособления. На обрабатывающий центр заготовки поступают после обработки базовых поверхностей, относительно которых рассчитывают управляющую программу. Режущий инструмент работает без направления кондукторными втулками, поэтому узлы станка и консольные оправки для инструмента должны быть весьма жесткими. Автоматизация смены инструмента и всего цикла обработки позволяет одному обрабатывающему центру заменить ряд фрезерных и расточных станков; производительность повышается в 2—4 раза.

Следует заметить, что обрабатывающие центры весьма дороги и могут быть эффективными только при их рациональном использовании.

**Точность отверстий.** Точность обработки отверстий зависит от метода расточки. При расточке консольной оправкой геометрические неточности станка влияют на погрешности обработки больше, чем при расточке скалкой в кондукторе. Если отверстия изготавливаются с применением кондуктора, погрешность зависит от точности кондуктора и расточной скалки и от зазоров между скалкой и кондукторными втулками.

При расточке консольной оправкой с подачей стола податливость технологической системы по длине обработки остается неизменной, поэтому искажения формы отверстия в осевом направлении не будет. Если же подача осуществляется выдвиганием шпинделя, то по мере расточки будет наблюдаться изменение жесткости узла «шпиндель — инструмент», влияющее на погрешность формы отверстия по длине.

Погрешность формы отверстия в поперечном сечении зависит от изменения податливости технологической системы за один оборот шпинделя. При расточке консольной оправкой эта податливость больше, чем при расточке скалкой по схемам, приведенным на рис. 8.14, в и г.

Состав переходов расточной операции зависит от требований к точности обрабатываемого отверстия и точности литья. Например, в серийном производстве обработка в отливках отверстий диаметром 82—100 мм с точностью, соответствующей 7-му качеству, включает: черновое зенкерование или растачивание до диаметра  $80^{+0,4}$  мм, полустовое зенкерование (растачивание) до диаметра  $81,58^{+0,2}$  мм, предварительное развертывание до диаметра 81,9 мм и чистовое развертывание до диаметра  $82^{+0,035}$  мм. Вместо развертывания отверстий возможно применение тонкого растачивания.

Для получения размеров с отклонениями, соответствующими 6-му качеству точности, наиболее распространены тонкое алмазное растачивание или хонингование отверстий. Хонингование отверстий выполняют на одношпиндельных и многошпиндельных хонинговальных станках при обильном охлаждении, оставляя припуск на хонингование после растачивания 0,05—0,08 мм, а после развертывания 0,02—0,04 мм. Весьма эффективно применение алмазного хонингования, повышающего качество обработанных отверстий.

**Обработка крепежных и других отверстий.** Эти отверстия обрабатывают сверлением, зенкерованием, цекованием, снятием фасок, развертыванием, нарезанием резьбы. В единичном производстве отверстия сверлят по разметке. В серийном и массовом производстве применяют различные кондукторы — коробчатого типа, накладные. Для обработки отверстий с разных сторон применяют поворотные кондукторы. В серийном и единичном производстве корпусные заготовки массой до 30 кг обрабатывают на вертикально-сверлильных станках, а свыше 30 кг — на радиально-сверлильных. В крупносерийном и массовом производстве обработка выполняется на многошпиндельных агрегатных станках.

**Контроль корпусных деталей** предусматривает проверку диаметров основных отверстий и их геометрической формы, относительного положения отверстий, а также прямолинейности и взаимного положения плоскостей, образующих базы корпуса.

Диаметры отверстий обычно контролируют предельными калибрами и режущими микрометрическими или индикаторными штихмассами. Правильность геометрической формы отверстий проверяют индикаторными и рычажными нутромерами или пневматическим ротаметром.

Для контроля соосности обычно используют контрольные оправки (рис. 8.15, а). Соосность в крупногабаритных корпусах проверяют оптическими методами.

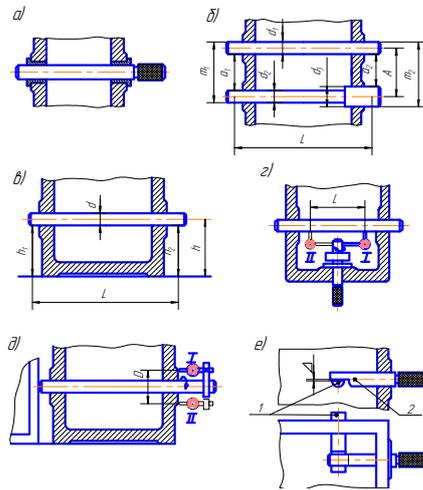


Рисунок 8.15 – Контроль корпусных деталей: а – контроль соосности; б – контроль параллельности осей и межцентрового расстояния; в – контроль расстояния от оси отверстия до базовой плоскости; г – определение отклонения от перпендикулярности; д - определение отклонения от перпендикулярности торцевой поверхности; е – контроль точности положения осей отверстий.

Параллельность осей и межцентровое расстояние  $A$  (рис. 8.15, б) проверяют измерением расстояний между внутренними образующими контрольных оправок (размеров  $a_1$  и  $a_2$ ) при помощи индикаторного нутромера, штихмаса или блока концевых мер либо расстояний между внешними образующими контрольных оправок ( $T_1$  и  $T_2$ ) при помощи микрометра или штангенциркуля. Зная диаметры оправок  $d_1$ ,  $d_2$  и  $d_3$ , рассчитывают межцентровое расстояние.

Расстояние  $h$  от оси отверстия до базовой плоскости (рис. 8.15, в) определяют на контрольной плите измерением расстояний  $h_1$  и  $h_2$  и диаметра оправки  $d$ . Разность значений  $h_1$  и  $h_2$  характеризует отклонение от параллельности оси отверстий относительно базовой плоскости.

Отклонение от перпендикулярности осей отверстий устанавливают при повороте оправки с индикатором (рис. 8.15, г) из положения / в положение //, отстоящее одно от другого на расстояние  $L$ .

Отклонение от перпендикулярности торцевой поверхности корпуса относительно оси отверстия проверяют контрольной оправкой с индикатором, фиксированной от осевого перемещения угольником (рис. 8.15, д).  $D$ —расстояние между / и // положениями индикатора.

Для контроля точности положения осей отверстий в одной плоскости и расположенных под углом применяют два контрольных калибра / и 2 (рис. 8.15, е), имеющих срезы. Зазор  $A$ , определяемый с помощью щупа, показывает несовпадение осей отверстий в одной плоскости.

При контроле деталей в крупносерийном и массовом производстве используют специальные контрольные приборы для комплексной проверки деталей по многим параметрам точности.

### Технология производства втулок

В строительных и дорожных машинах встречаются втулки различной конфигурации и размеров. Размеры отверстий втулок — от 10 до 50 мм и более. Отношение длины втулки к ее диаметру обычно менее 2, Наружный диаметр втулок изготавливают с точностью, соответствующей 6-му или 8-му квалитетам и с шероховатостью поверхности  $R_a = 2,5 \div 1,25$  мкм, а отверстия — с точностью, соответствующей 7-му и реже 8-му квалитетам и с шероховатостью поверхности  $R_a = 2,5 \div 0,32$  мкм. При изготовлении втулок необходимо также удовлетворить определенные требования к концентричности наружной поверхности относительно оси отверстия и перпендикулярности торцов к оси отверстия.

Заготовками для втулок, имеющих отверстие диаметром до 25 мм, служит стальной прокат либо отливки из чугуна и бронзы сразу на несколько деталей. Для изготовления втулок с отверстием диаметром более 25 мм используют трубы и полые отливки.

Обработку втулок можно вести двумя способами, при которых concentricity наружной поверхности втулки относительно оси отверстия и перпендикулярность торцов к оси отверстия достигается либо обработкой наружной поверхности, отверстия и торцов за один установ, либо обработкой их за два установка (операции). Примером первого способа обработки является изготовление втулок из прутка на токарно-револьверном станке. Позиции обработки, показанные на рис. 8.16, следующие: 1) подрезка торца; 2) подача прутка до упора; 3) зацентровка; 4) сверление и обтачивание наружной поверхности; 5) растачивание или зенкерование и обтачивание наружной поверхности со снятием фасок на торце; 6) предварительное развертывание; 7) окончательное развертывание; 8) отрезка. Далее выполняются следующие операции: снятие фасок с другого торца втулки на токарном или вертикально-сверлильном станке; сверление смазочного отверстия; нарезание смазочных канавок; шлифование наружной поверхности.

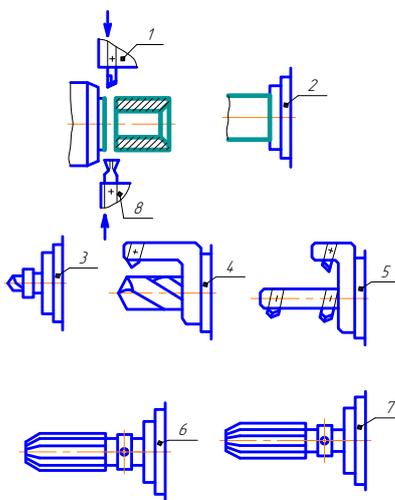


Рисунок 8.16 - Изготовление втулок из прутка на токарно-револьверном станке: 1) подрезка торца; 2) подача прутка до упора; 3) зацентровка; 4) сверление и обтачивание наружной поверхности; 5) растачивание или зенкерование и обтачивание наружной поверхности со снятием фасок на торце; 6) предварительное развертывание; 7) окончательное развертывание; 8) отрезка.

Второй способ, т. е. обработка за два установка, типичен для изготовления крупных втулок из штучных заготовок. При этом обрабатывают сначала отверстие и торец, а затем, используя поверхность отверстия в качестве установочной базы, выполняют обработку наружной поверхности и второй торцевой поверхности. Примерный маршрут изготовления втулки из штучной заготовки при серийном производстве включает следующие операции:

1) зенкерование отверстия и снятие фаски в отверстии на вертикально-сверлильном станке (рис. 8.17, а);

2) протягивание отверстия с установкой заготовки на сферическую самоустанавливающуюся шайбу, так как торец втулки не обработан;

3) предварительное обтачивание наружной поверхности, подрезку торцов и снятие наружных фасок на токарном много резцовом полуавтомате (рис. 8.17, б);

4) чистовое обтачивание наружной поверхности и при необходимости повторную подрезку торцов втулки на токарном станке. Дальнейшие четыре операции аналогичны операциям 2—5 изготовления втулки из прутка.

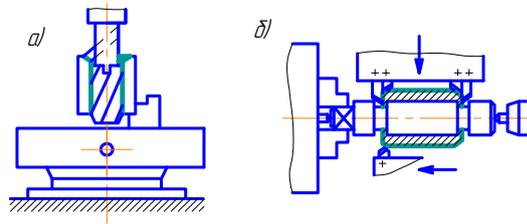


Рисунок 8.17 - Маршрут изготовления втулки из штучной заготовки при серийном производстве: а - зенкерование отверстия и снятие фаски в отверстии на вертикально-сверлильном станке; б - предварительное обтачивание наружной поверхности, подрезка торцов и снятие наружных фасок на токарном многорезцовом полуавтомате.

При производстве втулок из пластмассовых заготовок, имеющих высокую точность, механическая обработка ограничивается обычно отделочными операциями.

Контроль втулок заключается в проверке их размеров, концентричности наружной поверхности относительно отверстия, перпендикулярности торцовых поверхностей к оси отверстия и шероховатости поверхности. В крупносерийном и массовом производстве при контроле применяют многомерные индикаторные контрольные приспособления.

Форма отчетности:

Отчет.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[4] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Основные этапы производства типовых деталей строительных и дорожных машин.

## **Практическое занятие №1**

Тема: Расчет припусков на обработку

Цель работы: Рассчитать припуски на обработку, используя расчетно-аналитический метод.

### **Понятие о припуске и методы его определения**

Припуск – слой материала удаленный с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали.

Припуск на обработку поверхностей детали может быть направлен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков.

ГОСТы и таблицы позволяют назначать припуск независимо от технологического процесса обработки детали и условий его осуществления и поэтому в общем случае являются завышенными, содержат резервы снижения расхода материала и трудоемкости изготовления детали.

Расчетно-аналитический метод определения припусков на обработку (РАМОП), разработанный проф. В. М. Кованом, базируется на анализе факторов, влияющих на припуски предшествующего и выполняемого переходов технологического процесса обработки поверхности. Значение припуска определяется методом дифференцированного расчета по элементам, составляющим припуск. РАМОП предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки данной поверхности детали (промежуточные припуски), их суммирование для определения общего припуска на обработку поверхности и расчет промежуточных размеров, определяющих положение поверхности и размеры заготовки. Расчетной величиной является припуск на

обработку, достаточный для устранения на выполняемом переходе погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующем переходе, и компенсации погрешностей, возникающих на выполняемом переходе. Промежуточные размеры, определяющие положение обрабатываемой поверхности, и размеры заготовки рассчитывают с использованием минимального припуска. РАМОП представляет собой систему, включающую методики обоснованного расчета припусков, увязку расчетных припусков с предельными размерами обрабатываемой поверхности и нормативные материалы.

### Расчетные формулы

В технологии машиностроения существуют методы автоматического получения размеров (МАПР) и индивидуального получения размеров (МИПР).

Минимальный, номинальный и максимальный припуски на обработку при методе автоматического получения размеров рассчитывают следующим образом.

*Минимальный припуск:* при последовательной обработке противоположных поверхностей (односторонний припуск)

$$z_{i\min} = (R_Z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i; \quad (1)$$

При параллельной обработке противоположных поверхностей (односторонний припуск)

$$2z_{i\min} = 2[(R_Z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i];$$

При обработке наружных и внутренних поверхностей (двусторонний припуск)

$$2z_{i\min} = 2[(R_Z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2}]. \quad (2)$$

Здесь  $R_{Z_{i-1}}$  - высота неровностей профиля на предшествующем переходе;  $h_{i-1}$  - глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (обезуглероженный или отбеленный слой);  $\Delta_{\Sigma_{i-1}}$  - суммарные отклонения расположения поверхности (отклонения от параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, пересечения осей, позиционное) и в некоторых случаях отклонения формы поверхности (отклонения от плоскостности, прямолинейности на предшествующем переходе);  $\varepsilon_i$  - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

*Номинальный припуск* на обработку поверхностей: наружных

$$z_i = z_{i\min} + ei_{i-1} + ei_i; \quad (3)$$

$$2z_i = 2z_{i\min} + ei_{D_{i-1}} + ei_D; \quad (4)$$

внутренних

$$z_i = z_{i\min} + ES_{i-1} + ES_i; \quad (5)$$

$$2z_i = 2z_{i\min} + ES_{D_{i-1}} + ES_D; \quad (6)$$

где  $ei_{i-1}$ ,  $ei_{D_{i-1}}$ ,  $ei_i$ ,  $ei_{D_i}$  - нижние отклонения размеров соответственно на предшествующем и выполняемом переходах;  $ES_{i-1}$ ,  $ES_D$ ,  $ES_i$ ,  $ES_{D_i}$  - верхние отклонения размеров соответственно на предшествующем и выполняемом переходах;  $ei_{D_{i-1}}$ ,  $ei_{D_i}$ ,  $ES_{D_{i-1}}$ ,  $ES_{D_i}$  - размеры, относящиеся к диаметральным.

Знать номинальные припуски необходимо для определения номинальных размеров формообразующих элементов технологической оснастки (штампов, пресс-форм, моделей, волок, приспособлений).

*Максимальный припуск* на обработку поверхностей: наружных

$$z_{i\max} = z_{i\min} + TD_{i-1} + TD_i; \quad (7)$$

$$2z_{i\max} = 2z_{i\min} + TD_{i-1} + TD_i; \quad (8)$$

внутренних

$$z_{i\max} = z_{i\min} + Td_{i-1} + Td_i; \quad (9)$$

$$2z_{i\max} = 2z_{i\min} + Td_{i-1} + Td_i. \quad (10)$$

где  $Td_{i-1}$  и  $TD_{i-1}$  - допуски размеров на предшествующем переходе и  $Td_i$  и  $TD_i$  - допуски размеров на выполняемом переходе.

Максимальные припуски и припуски для технологических целей (уклоны, напуски, упрощающие конфигурацию заготовки, и т. д.) принимают в качестве глубины резания и используют для определения режимов резания (подачи, скорости резания) и выбора оборудования мощности.

*Минимальный припуск* на обработку при методе индивидуального получения заданных размеров рассчитываются по формулам (1), (2) с заменой в них при расчетах погрешности установки  $\varepsilon_i$  погрешностью выверки  $\varepsilon_B$ . Номинальные и максимальные припуски определяют по формулам (3) – (10).

### **Правила расчета припусков на обработку.**

1. Минимальный припуск рассчитывают по формулам (1) или (2) с использованием расчетной карты для каждой обрабатываемой поверхности. В расчетной карте указывают размер, определяющий положение обрабатываемой поверхности и технологические переходы в порядке их выполнения при обработке; для каждого перехода записывают значения  $R_z, h, \Delta_\Sigma, \varepsilon, T$ .

2. Допуск и параметры качества поверхности на конечном технологическом переходе ( $R_z, h$ ) принимают по чертежу детали, проверяя по нормативам возможность получения их запроектированным способом обработки.

3. Для серого и ковкого чугунов, а также цветных металлов и сплавов после первого технологического перехода и для стали после термической обработки при расчете припуска слагаемое  $h$  из формулы исключают. В конкретных случаях те или иные слагаемые, входящие в расчетные формулы для определения припусков на обработку, также исключают. Так, исключают те погрешности, которые не могут быть устранены при выполняемом переходе; например, при развертывании плавающей разверткой и протягивании отверстий смещение и увод оси не устраняются. Следовательно, минимальный припуск в этом случае

$$2z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \varepsilon_i).$$

При шлифовании у заготовки после ее термической обработки поверхности слой должен быть сохранен; следовательно, слагаемое  $h_{i-1}$  должно быть исключено из расчетной формулы:

$$2z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i).$$

При суперфинишировании и полировании, когда достигается лишь уменьшение поверхности шероховатости поверхности, припуск на обработку определяется высотой неровностей поверхности и погрешностями, связанными с наладкой инструмента на размер и его износом, не превышающими обычно  $\frac{1}{2}$  допуска на обработку, т. е.

$$2z_{i\min} = 2R_{z_{i-1}} + 0,5T_i.$$

4. Отклонения расположения  $\Delta_\Sigma$  необходимо учитывать: у заготовок (под первый технологический переход); после черновой и получистовой обработки лезвийным инструментом (под последующий технологический переход); после термической обработки, если даже деформации не было. В связи с закономерным уменьшением отклонений расположения поверхностей при обработке за несколько переходов на стадиях чистовой и отделочной обработки ими пренебрегают.

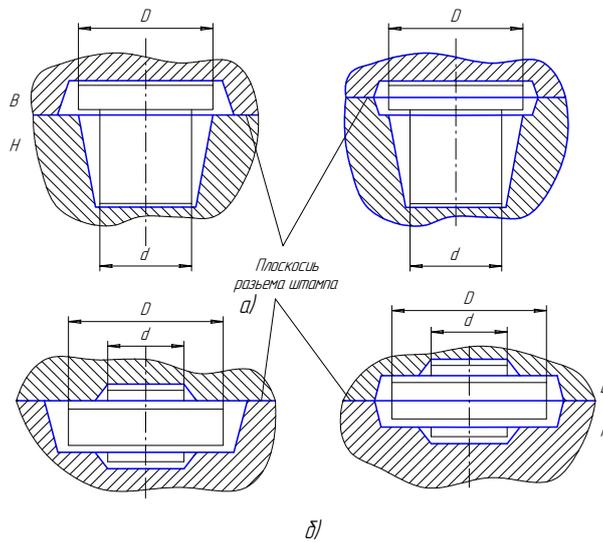


Рис. 1. Примеры иллюстрирующие правильное и неправильное назначение плоскости разреза штампов.

5. При определении припусков следует учитывать те отклонения расположения, которые не связаны с допуском на размер элементарной поверхности и имеют самостоятельное значение. Так, отклонения расположения поверхностей заготовки при штамповке образуются в результате смещения верхней половины штампа относительно нижней, являющейся базой. Обычно линию разреза штампов предусматривают по элементарной поверхности (рис. 1, а и б), что позволяет выявить смещение штампов и определить его значение. В этом случае смещение нижней и верхней половин штампа связано с допуском на размер, а значение его регламентируется в пределах допуска на размер или иногда задается точнее. Если линию разреза штампа сделать по линии контакта двух элементарных поверхностей, характеризуемых диаметрами  $D$  и  $d$ , то в этом случае смещение штампа не будет связано ни с допуском на размер  $D$ , ни с допуском на размер  $d$ , а будет иметь самостоятельное значение. Для компенсации данного отклонения необходимо предусмотреть дополнительный припуск на размер  $d$ , поскольку размер  $D$  является базой (образуется нижней неподвижной половиной штампа).

6. Различают общее и местное отклонение оси детали от прямолинейности (кривизну). Их значение определяют исходя из геометрических соотношений параметров детали. Так, при установке в центах (рис. 2,а) общее отклонение

$$\Delta_{\Sigma_K} = \Delta_K l, \quad (11)$$

а местное отклонение

$$\Delta_{\Sigma_{KM}} = \frac{\Delta_K (l^2 - l_X^2)}{l(1 + 4\Delta_R^2)} (\text{точно});$$

$$\Delta_{\Sigma_{KM}} = (l - l_X) \Delta_K (\text{приближенно}).$$

При консольном закреплении (рис. 2,б) общее отклонение

$$\Delta_{\Sigma_K} = l \frac{\Delta_K}{\Delta_K^2 + 0,25} (\text{точно}); \quad (12)$$

$$\Delta_{\Sigma_K} = 2\Delta_K l \cos[\arctg(2\Delta_K)] (\text{приближенно}). \quad (13)$$

Здесь  $\Delta_K$  - отклонение оси детали от прямолинейности, мкм на 1 мм (в справочных материалах далее именуется кривизной).

После выполняемого перехода обработки отклонение от расположения или кривизну рассчитывают по точной или приближенной формуле.

7. Суммарное значение двух отклонений расположения определяют как векторную сумму:

$$\bar{\Delta}_{\Sigma} = \bar{\Delta}_1 + \bar{\Delta}_2.$$

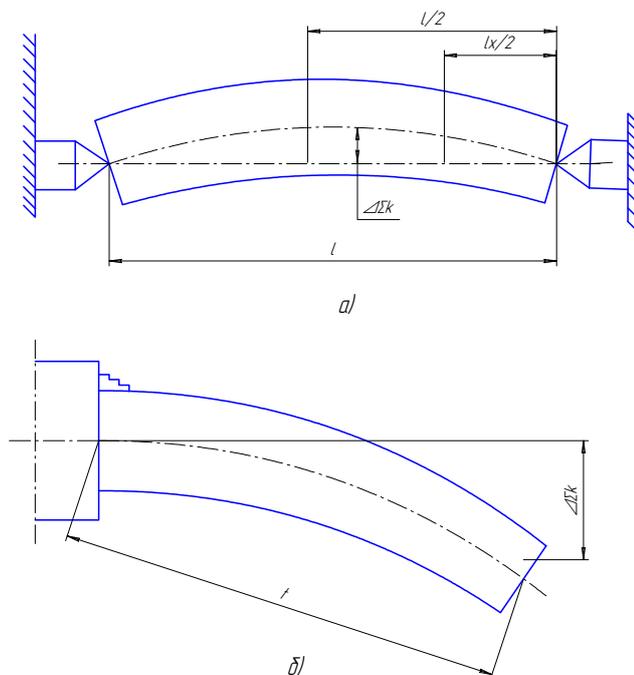


Рис. 2. Обозначение общей и местной кривизны заготовки:  
 а - при ее установке в центрах; б - при консольном креплении.

Для векторов при направлении:

совпадающем  $\bar{\Delta}_{\Sigma} = \bar{\Delta}_1 + \bar{\Delta}_2$ ;

противоположном  $\bar{\Delta}_{\Sigma} = \bar{\Delta}_1 - \bar{\Delta}_2$ .

В тех случаях, когда предвидеть направление векторов трудно, их суммируют:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}. \quad (14)$$

Так, суммарное отклонение расположения при обработке сортового проката круглого сечения (валик) в центрах

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma_k}^2 + \Delta_{\Delta}^2}, \quad (15)$$

где  $\Delta_{\Sigma_k}$  - общее отклонение оси от прямолинейности [см. формулы (11) и (12)];  $\Delta_{\Delta}$  - смещение оси заготовки в результате погрешности центрования;

$$\Delta_{\Delta} = 0,25\sqrt{T^2 + 1}. \quad (16)$$

При  $T \gg 1$   $\Delta_{\Delta} = 0,25T$ . Здесь  $T$  - допуск на диаметральный размер базы заготовки, использованный при центровании, мм. Суммарное отклонение расположения при обработке отверстий в отливке при базировании на плоскость (рис. 3,а) или при обработке плоскости при базировании по отверстию (рис. 3,б)

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{см}^2}, \quad (17)$$

где  $\Delta_{кор} = \Delta_{\kappa} L$  - отклонение плоской поверхности отливки от плоскости (коробление);  $\Delta_{см}$  - смещение стержня в горизонтальной или вертикальной плоскости, мм;  $L$  - длина отливки, мм. Смещение  $\Delta_{ci}$  стержней, образующих отверстие или внутренние полости, следует принимать равным допуску на наибольший размер от оси отверстия или внутренней полости до технологической базы с учетом наибольших размеров отливки. Суммарные отклонения после сверления отверстия

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(\Delta_y l)^2 + C_0^2}, \quad (18)$$

где  $C_0$  - смещение оси отверстия;  $\Delta_{\delta}$  - значение увода оси сверла;  $l$  - длина просверливаемого отверстия, мм.

8. Рассчитанные припуски по всем переходам заносят в расчетную карту.

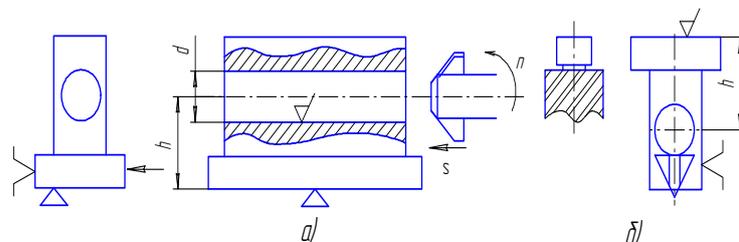


Рис. 3. Схема для определения отклонения расположения отверстия при обработке его в отливке с базированием на плоскость (а) и отклонения расположения плоскости с базированием отливки по отверстию (б).

### Порядок определения предельных промежуточных размеров по технологическим переходам и окончательных размеров заготовки.

1. Расчетные формулы для определения размеров: наружных поверхностей

$$\begin{aligned} \dot{a}_{\min i-1} &= a_{\min i} - z_{\min i}; \\ \dot{a}_{\max i-1} &= a_{\min i-1} + T_{i-1}; \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} D_{\min i-1} &= D_{\min i} - 2z_{\min i}; \\ D_{\max i-1} &= D_{\min i-1} + T_{Di-1}; \end{aligned} \quad (20)$$

внутренних поверхностей

$$\begin{aligned} a_{\max i-1} &= a_{\max i} - z_{\min i}; \\ a_{\min i-1} &= a_{\max i-1} + T_{i-1}; \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} D_{\max i-1} &= D_{\max i} - 2z_{\min i}; \\ D_{\min i-1} &= D_{\max i-1} + T_{Di-1}; \end{aligned} \quad (22)$$

где  $z_{\min i}$  - минимальный расчетный припуск на сторону на выполняемый технологический переход;  $2z_{\min i}$  - минимальный (расчетный) припуск на обе стороны или по диаметру;  $a_{\max i-1}$ ,  $a_{\min i-1}$ ,  $D_{\max i-1}$ ,  $D_{\min i-1}$  - соответственно наибольшие и наименьшие предельные размеры, полученные на выполняемом технологическом переходе.

2. Порядок определения размеров на элементарной поверхности. Из чертежа детали берут и заносят в расчетную карту для конечного перехода наименьший для наружных (или наибольший для внутренних) поверхностей размер. Для переходов обработки наружных поверхностей наименьший размер рассчитывают прибавлением к наименьшему предельному размеру по чертежу припуска  $z_{\min}$ . При обработке внутренних поверхностей расчетным размером является наибольший размер. Размер на предшествующем переходе определяют путем вычитания  $z_{\min}$ .

Наименьшие (наибольшие) предельные размеры по всем технологическим переходам округляют увеличением (уменьшением) их до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода. Наибольшие (наименьшие) предельные размеры определяют прибавлением (вычитанием) допуска к округленному наименьшему (из округленного наибольшего) предельному размеру. Находят фактические предельные значения припусков  $z_{\max}$ , как разность наибольших (наименьших) предельных размеров и  $z_{\min}$  как разность наименьших (наибольших) предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов (выполняемого и предшествующего переходов).

Общие припуски  $z_{0\max}$  и  $z_{0\min}$  определяют как сумму промежуточных припусков на обработку.

Правильность проведенных расчетов проверяют по формулам:

$$z_{i \max} - z_{i \min} = T_{i-1} - T_i ; \quad (23)$$

$$2z_{i \max} - 2z_{i \min} = T_{Di-1} - T_{Di} ; \quad (24)$$

$$z_{0 \max} - z_{0i \min} = T_i - T_{\bar{A}} ; \quad (25)$$

$$2z_{0 \max} - 2z_{0i \min} = T_{Di} - T_{D\bar{A}} . \quad (26)$$

При необходимости находят номинальные размеры: для наружных поверхностей номинальный размер заготовки равен наибольшему размеру, т. е.  $a = a_{\max}$ ; на чертеже указывают  $a_{\max} - T$ ; для внутренних поверхностей номинальный размер заготовки равен наименьшему размеру, т. е.  $a = a_{\min}$ ; на чертеже указывают  $a_{\max} + T$ . Если допуск расположен симметрично относительно номинального размера, то

$$a = a_{\max} - \frac{T}{2} = a_{\min} + \frac{T}{2}, \quad (27)$$

На чертеже указывают  $a \pm \frac{T}{2}$ .

Трудоемкость вычислительных работ при определении припуска и промежуточных размеров снижается при применении ЭВМ. Методика расчета припусков и промежуточных размеров с использованием ЭВМ базируется на аналитических зависимостях и справочных данных.

Для обеспечения автоматизации расчетов по этим зависимостям разрабатывают алгоритмы применительно к определенному классу деталей (валы, рычаги, корпусные детали и др.)

Классом называют совокупность деталей, характеризуемых общностью технологических задач, решаемых в условиях определенной конфигурации этих деталей.

Классификация деталей машин должна разрабатываться по стадии создания алгоритмов по отраслям машиностроения соответственно применяемым в них деталям и особенностям их производства. В качестве исходной информации о детали используют: чертежи детали с техническими требованиями; метод получения детали, точность и качество поверхности заготовки; базы и тип приспособления; технологические маршруты обработки элементарных поверхностей; вид и место термической обработки а структуре технологического процесса обработки элементарной поверхности. Построение алгоритма сводится к следующим основным этапам:

1. Определяют составляющие элементы минимального припуска  $R_{z_{i-1}}, h_{i-1}, \Delta_{i-1}, \varepsilon_i$ , где  $(i-1)$  - относится к элементу, полученному на смежном предшествующем технологическом переходе, а  $(i-k)$  - а выполняемому переходу.

2. Рассчитывают минимальный припуск; максимальные и номинальные припуски на переходы и общие на весь технологический процесс обработки поверхностей; минимальные и максимальные размеры, определяющие положение обрабатываемых поверхностей по технологическим переходам, и размеры заготовки.

Форма отчетности:

Отчет.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[4] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Понятие припуска
2. Методы определения припуска.

## Практическое занятие №2

Тема: Расчет технологического процесса токарной операции.

Цель работы: Провести необходимые расчеты технологического процесса токарной операции.

**Глубина резания  $t$ :** при черновом точении в отсутствие ограничений по мощности оборудования, жесткости системы СПИД принимается равной припуску на обработку; при чистовом точении припуск срезается за два прохода и более. На каждом последующем проходе следует назначать меньшую глубину резания, чем на предшествующем. При параметре шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 3,2$  мкм включительно  $t = 0.5 \div 2.0$  мм,  $Ra \geq 0.8$  мкм,  $t = 0.1 \div 0.4$  мм.

**Подача  $s$ :** при черновом точении принимается максимально допустимой по мощности оборудования, жесткости системы СПИД, прочности режущей пластины державки. Рекомендуемые подачи при черновом наружном точении приведены в табл. 11, а при черновом растачивании – в табл. 12.

Максимальные величины подач при точении стали 45, допустимые прочностью пластины из твердого сплава, приведены в табл. 13.

Подачи при чистовом точении выбирают в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине резца (табл. 14).

При прорезании пазов и отрезании величина поперечной подачи зависит от свойства обрабатываемого материала, размеров паза и диаметра обработки (табл. 15).

Рекомендуемые подачи при фасонном точении приведены в табл. 16.

**Скорость резания  $v$ , м/мин;** при наружном, продольном и поперечном точении и растачивании рассчитывают по эмпирической формуле

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v,$$

а при отрезании, прорезании и фасонном точении – по формуле

$$v = \frac{C_v}{T^m S^y} K_v.$$

Среднее значение стойкости  $T$  при одноинструментальной обработке – 30-60 мин. Значение коэффициента  $C_v$ , показателей степени  $x$ ,  $y$  и  $m$  приведены в табл. 17.

Коэффициент  $K_v$  является произведением коэффициентов, учитывающих влияния материала заготовки  $K_{mv}$  (см. табл. 1-4), состояния поверхности  $K_{pv}$  (табл. 5), материала инструмента  $K_{iv}$  (см. табл. 6). При многоинструментальной обработке и многостаночном обслуживании период стойкости увеличивают, вводя соответственно коэффициенты КТИ (см. табл. 7) и КТС (см. табл. 8), углов в плане резцов  $K_f$  и радиуса при вершине резца  $K_r$  (табл. 18).

Отделочная токарная обработка имеет ряд особенностей, отличающих ее от чернового и межоперационного точения, поэтому рекомендуемые режимы резания при тонком (алмазном) точении на быстроходных токарных станках повышенной точности и расточных станках приведены отдельно в табл. 19.

Режимы резания при точении закаленной стали резцами из твердого сплава приведены в табл. 20.

Режимы резания при точении и растачивании чугунов, закаленных сталей и твердых сплавов резцами, оснащенными поликристаллами композитов 01 (эльбор-Р), 05, 10 (гексанит-Р) и 10Д (двухслойные пластины с рабочим слоем из гексанита-Р) приведены в табл. 21.

**Сила резания.** Силу резания  $H$ , принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную  $P_z$ , радиальную  $P_y$  и осевую  $P_x$ ).

При наружном, продольном и поперечном точении, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении эти составляющие рассчитывают по формуле

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x s^y v^n K_v.$$

При отрезании, прорезании и фасонном точении  $t$  – длина лезвия резца.

Постоянная  $C_p$  и показатели  $x$ ,  $y$ ,  $n$  для конкретных (расчетных) условий обработки для каждого из составляющих силы резания приведены в табл. 22.

Поправочный коэффициент  $K_p$  представляет собой произведение ряда коэффициентов ( $K_p = K_{mp} K_{fp} K_{rp} K_{ap} K_{rp}$ ), учитывающих фактические условия резания. Численные значения этих коэффициентов приведены в табл. 9, 10 и 23.

**Мощность резания, кВт**, рассчитывают по формуле

$$N = \frac{P_x v}{1020 \cdot 60}.$$

При одновременной работе нескольких инструментов эффективную мощность определяют как суммарную мощность отдельных инструментов.

#### Форма отчетности:

Отчет.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[4] из раздела 7.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Методы определения параметров (глубина резания, подача, скорость резания, сила резания, мощность резания).

### Практическое занятие №3

Тема: Расчет технологического процесса фрезерной операции.

Цель работы: Провести необходимые расчеты технологического процесса фрезерной операции.

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы (рис. 3). Ее размеры определяются размерами обрабатываемой поверхности и глубиной срезаемого слоя. Диаметр фрезы для сокращения основного технологического времени и расхода инструментального материала выбирают по возможности наименьшей величины, учитывая при этом жесткость технологической системы, схему резания, форму и размеры обрабатываемой заготовки.

При торцевом фрезеровании для достижения производительных режимов резания диаметр фрезы  $D$  должен быть больше ширины фрезерования  $B$ , т.е.  $D = (1.25 \div 1.5)B$ , а при обработке стальных заготовок обязательным является их несимметричное расположение относительно фрезы; для заготовок конструкционных углеродистых и легированных сталей – сдвиг их в направлении врезания зуба фрезы (рис. 4, а), чем обеспечивается начало резания при малой толщине срезаемого слоя; для заготовок из жаропрочных и коррозионно-стойких сталей – сдвиг заготовки в сторону выхода зуба из резания (рис. 4, б), чем обеспечивается выход зуба из резания с минимально возможной толщиной срезаемого слоя. Несоблюдение указанных правил приводит к значительному снижению стойкости инструмента.

**Глубина фрезерования  $t$  и ширина фрезерования  $B$**  – понятия, связанные с размерами слоя заготовки, срезаемого при фрезеровании (см. рис. 3). Во всех видах

фрезерования, за исключением торцового,  $t$  определяет продолжительность контакта зуба фрезы с заготовкой;  $t$  измеряют в направлении, перпендикулярном к оси фрезы. Ширина фрезерования  $B$  определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующую в резании;  $B$  изменяют в направлении, параллельном оси фрезы. При торцевом фрезеровании эти понятия меняются местами.

**Подача.** При фрезеровании различают подачу на один зуб  $s_g$ , подачу на один оборот фрезы  $s$  и подачу минутную  $s_M$ , мм/мин, которые находятся в следующем соотношении:

$$S_M = S n = S_z Z n,$$

где  $n$  – частота вращения фрезы, об/мин;  $z$  – число зубьев фрезы.

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина ее на один зуб  $S_z$ , при чистовом фрезеровании – на один оборот фрезы  $s$ , по которой для дальнейшего использования вычисляют величину подачи на один зуб  $S_z = S/Z$ . Рекомендуемые подачи для различных фрез и условий резания приведены в табл. 33 – 38.

**Скорость резания** – окружная скорость фрезы, м/мин,

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v$$

Значение коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 39, а периода стойкости  $T$  – в табл. 40.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания,

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Iv'}$$

где  $K_{Mv}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (см. табл. 1 – 4);  $K_{Iv}$  – коэффициент, учитывающий состояние заготовки (см. табл. 5);  $K_{Iv'}$  – коэффициент, учитывающий материал инструмента (см. табл. 6).

**Сила резания.** Главная составляющая силы резания при фрезеровании – окружная сила,  $H$

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{Mp}$$

где  $z$  – число зубьев фрезы;  $n$  – частота вращения фрезы, об/мин.

Значение коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 41, поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала  $K_{Mp}$  для стали и чугуна – в табл. 9, а для медных и алюминиевых сплавов – в табл. 10. Величины остальных составляющих силы резания (рис. 5 – 6): горизонтальной (сила подачи)  $P_h$ , вертикальной  $P_v$ , радиальной  $P_r$ , осевой  $P_x$  устанавливают из соотношения с главной составляющей  $P_s$  по табл. 42.

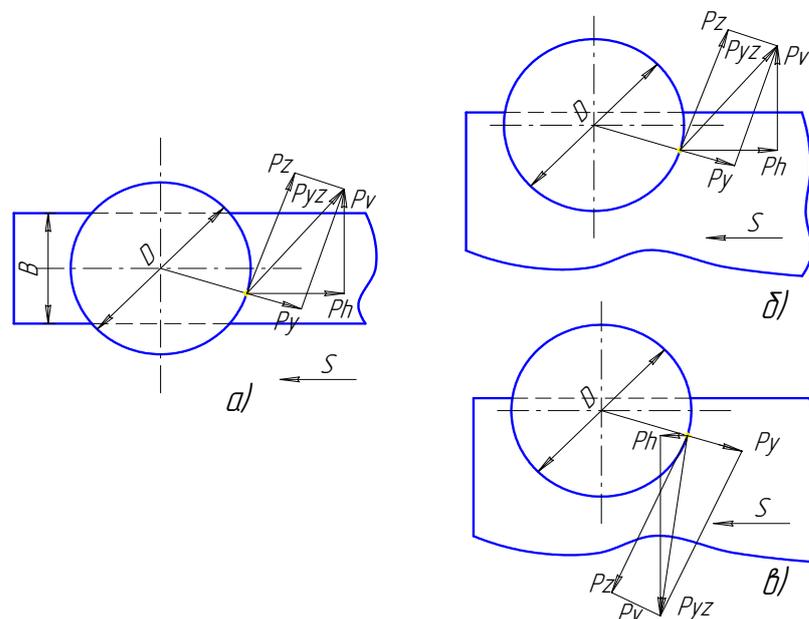


Рис. 6. Составляющие силы резания при торцевом фрезеровании: а – симметричном; б – несимметричном встречном; в – несимметричном попутном.

Составляющая, по которой рассчитывают оправку на изгиб,

$$P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2} \cdot$$

Крутящий момент, Н·м, на шпинделе

$$M_{kp} = \frac{P_z D}{2 \cdot 1000},$$

где D – диаметр фрезы, мм.

Мощность резания (эффективная), кВт

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} \cdot$$

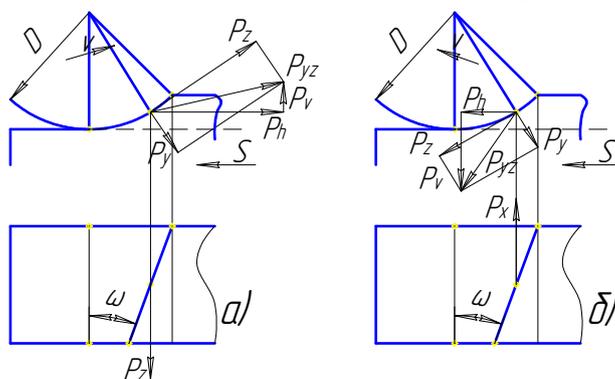


рис. 5. Составляющие силы резания при фрезеровании цилиндрической фрезой:  
а – при встречном фрезеровании (против подачи); б – попутном (в направлении подачи).

Форма отчетности:

Отчет.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[4] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Этапы расчета технологического процесса фрезерной операции.

#### Практическое занятие №4

Тема: Расчет технологического процесса операций сверления, протягивания и зубонарезания.

Цель работы: Произвести расчет технологического процесса операций сверления, протягивания и зубонарезания.

##### **Сверление**

**Глубина резания.** При сверлении глубина резания  $t = 0,5D$  (рис. 2, а), при рассверливании, зенкерования и развертывании  $t = 0,5(D - d)$  (рис. 2, б).

**Подача.** При сверлении отверстий без ограничивающих факторов выбираем максимально допустимую по прочности сверла подачу (табл. 25). При рассверливании отверстий подача, рекомендованная для сверления, может быть увеличена до 2 раз. При наличии ограничивающих факторов подачи при сверлении и рассверливании равны. Их определяют умножением табличного значения подачи на соответствующий поправочный коэффициент, приведенный в примечании к таблице.

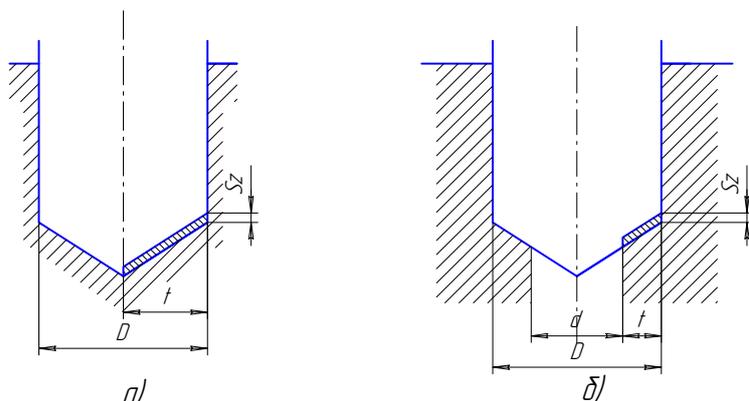


рис. 2. Схема резания при сверлении.

Подачи при зенкерования приведены в табл.26, а при развертывании – в табл.27.

**Скорость резания.** Скорость резания, м/мин, при сверлении

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v,$$

а при рассверливании, зенкерования, развертывании

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} K_v.$$

Значение коэффициентов  $C_v$  и показателей степени приведены для сверления в табл. 28, для рассверливания, зенкерования и развертывания – в табл.29, а значение периода стойкости  $T$  – в табл. 30.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания,

$$K_v = K_{mv} K_{uv} K_{lv},$$

где  $K_{mv}$  – коэффициент на обрабатываемый материал (см. табл. 1 – 4);  $K_{uv}$  – коэффициент на инструментальный материал (см. табл. 6);  $K_{lv}$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления (табл. 31). При рассверливании и зенкерования литых и штампованных отверстий вводится дополнительно поправочный коэффициент  $K_{pv}$  (см. табл. 5).

**Крутящий момент,  $Nм$ , и осевую силу,  $Н$ ,** рассчитывают по формулам:  
при сверлении

$$M_{kp} = 10C_M D^q S^y K_p; P_o = 10C_v D^q S^y K_p;$$

при рассверливании и зенкервании

$$M_{kp} = 10C_M D^q t^x S^y K_p; P_o = 10C_p t^x S^y K_p.$$

Значение коэффициентов  $C_M$  и  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 32.

Коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки и определяется выражением

$$K_p = K_{Mp}.$$

Значения коэффициента  $K_{Mp}$  приведены для стали и чугуна в табл. 9, а для медных и алюминиевых сплавов – в табл. 10.

Для определения крутящего момента при развертывании каждый зуб инструмента можно рассматривать как расточный резец. Тогда при диаметре инструмента  $D$  крутящий момент, Нм,

$$M_{kp} = \frac{C_p t^x s_z^y D_z}{2 \cdot 100};$$

здесь  $s_z$  – подача, мм на один зуб инструмента, равная  $s/z$ , где  $s$  – подача, мм/об,  $z$  – число зубьев развертки. Значения коэффициентов и показателей степени см. в табл. 22.

**Мощность резания, кВт**, определяют по формуле

$$N_e = \frac{M_{kp} n}{9750},$$

где частота вращения инструмента или заготовки, об/мин,

$$n = \frac{1000v}{\pi D}.$$

### Протягивание

**Элементами резания** при протягивании являются периметр резания  $\Sigma B$  – наибольшая суммарная длина лезвий всех одновременно режущих зубьев, мм, подача на один зуб  $s_z$ , мм, и скорость резания  $v$ , м/мин.

**Периметр резания** зависит от формы и размеров обрабатываемой поверхности и схемы резания и определяется уравнением  $\Sigma B = B_{zl} / z_c$ , где  $B$  – периметр резания, мм, равный длине обрабатываемого контура заготовки или больше ее на величину  $1/\cos\lambda$  при наклонном расположении зубьев под углом  $\lambda$ ;  $z_c$  – число зубьев в секции протяжки при прогрессивной схеме резания (при профильной или генераторной схемах резания  $z_c = 1$ );  $z_l$  – наибольшее число одновременно режущих зубьев, определяемое из выражения  $z_l = l/t$ , где  $l$  длина обрабатываемой поверхности, мм.

Вычисленное значение  $z_l$  округляют до ближайшего целого числа.

**Подача** при протягивании  $s_z$  – размерный перепад между соседними режущими зубьями протяжки (рис. 8) – является элементом конструкции протяжки.

**Скорость резания**, определяемую требованиями к точности обработки и параметрам шероховатости обработанной поверхности, выбирают по табл. 52 в зависимости группы скорости, устанавливаемой из табл. 53. При нормативной скорости резания заданный параметр шероховатости поверхности, может быть достигнут при оптимальных значениях

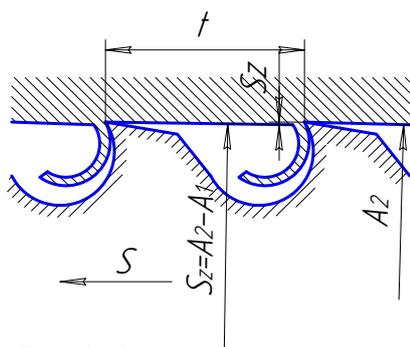


Рис. 8. Схема срезания припуска при протягивании.

переднего и заднего углов, при наличии у протяжки чистовых и переходных зубьев.

Установленную нормативную скорость резания сравнивают с максимальной скоростью рабочего хода станка и скоростью резания, м/мин, допускаемой мощностью двигателя станка:

$$v = 61200 \frac{N}{P_z} \eta,$$

где N – мощность двигателя станка, кВт; Pz – сила резания при протягивании, Н; η - КПД станка.

В качестве рабочей скорости принимают наименьшую из сравниваемых скоростей.

**Сила резания, Н, при протягивании**

$$P_z = P_{\Sigma} B,$$

где P – сила резания на 1 мм длины лезвия, Н, зависящая от обрабатываемого материала и величины подачи sz, мм, на один зуб протяжки (табл. ).

Скорости резания, м/мин, для протяжек из быстрорежущей стали P6M5.

| Группа скорости резания (см. табл. 53). | Протяжки.      |          |   |             |
|---|----------------|----------|---|-------------|
|   | Цилиндрические | шлицевые | шпоночные и для наружного протягивания. | всех типов. |
| 1                                       | 8/6            | 8/3      | 10/7                                    | 4           |
| 2                                       | 7/5            | 7/4,5    | 8/6                                     | 3           |
| 3                                       | 6/4            | 6/3,5    | 7/5                                     | 2,5         |
| 4                                       | 4/3            | 4/2,5    | 4/3,5                                   | 2           |

*Примечания: 1. В числителе приведены скорости резания при Ra=3,2...6,3 мкм и точности 8-9 –го квалитетов, в знаменателе – при Ra=1,6 мкм и точности 7-го квалитета; для протяжек всех типов – при Ra=0,8...0,4 мкм.*

*2. При протягивании наружных поверхностей с допуском до 0,03 мм. протяжек с фасонным профилем скорость резания снизить до 4-5 м/мин.*

*3. Для протяжек из стали ХВГ табличные скорости резания снизить на 25-30%.*

Группы скорости резания при протягивании стали и чугуна (таблица с сокращениями).

| Твердость НВ.  | Сталь.                     |                                    |            |                    |   |                      |                            |
|----------------|----------------------------|------------------------------------|------------|--------------------|---|----------------------|----------------------------|
|                | Углеродистая и автоматная. | Марганцовистая и хромованганиевая. | Хромистая. | Хромомолибденовая. | Хромокремнистая и кремнемарганцевистая. | Хромомарганцовистая. | Хромокремнемарганцевистая. |
| До 156         | 4                          | -                                  | -          | -                  | -                                       | -                    | -                          |
| Св. 156 до 187 | 3                          | 3                                  | 2          | 2                  | -                                       | 2                    | -                          |
| Св. 187 до 197 | 2                          |                                    | 1          |                    |   | 1                    |                            |
| Св. 197 до 229 | 1                          | 2                                  | 2          | 3                  | 2                                       | 2                    | 2                          |
| Св. 229 до 269 |                            |                                    |            |                    | 2                                       |                      |                            |
| Св. 269 до 321 | 2                          | 3                                  | 3          |                    | 4                                       | 3                    | 3                          |

Сила резания P, Н, приходящаяся на 1 мм длины лезвия зуба протяжки.

| Подача на один зуб sz, мм. | Обрабатываемый материал. |            |        |                     |            |        |        |     |         |
|----------------------------|--------------------------|------------|--------|---------------------|------------|--------|--------|-----|---------|
|                            | Углеродистая сталь.      |            |        | Легированная сталь. |            |        | Чугун. |     |         |
|                            | НВ≤197                   | НВ 198-229 | НВ>229 | НВ≤197              | НВ 198-229 | НВ>229 | Серый. |     | Ковкий. |
|                            |                          |            |        |                     |            | НВ≤180 | НВ>180 |     |         |
| 0,01                       | 65                       | 71         | 85     | 76                  | 85         | 91     | 55     | 75  | 63      |
| 0,02                       | 95                       | 105        | 125    | 126                 | 136        | 158    | 81     | 89  | 73      |
| 0,03                       | 123                      | 136        | 161    | 157                 | 169        | 186    | 104    | 115 | 94      |
| 0,04                       | 143                      | 158        | 187    | 184                 | 198        | 218    | 121    | 134 | 109     |
| 0,06                       | 177                      | 195        | 232    | 238                 | 255        | 282    | 151    | 166 | 134     |
| 0,08                       | 213                      | 235        | 280    | 280                 | 302        | 335    | 180    | 200 | 164     |

|      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0,10 | 247 | 273 | 325 | 328 | 354 | 390 | 207 | 236 | 192 |
| 0,12 | 285 | 315 | 375 | 378 | 407 | 450 | 243 | 268 | 220 |
| 0,14 | 324 | 357 | 425 | 423 | 457 | 505 | 273 | 303 | 250 |
| 0,16 | 360 | 398 | 472 | 471 | 510 | 560 | 305 | 336 | 276 |
| 0,18 | 395 | 436 | 520 | 525 | 565 | 625 | 334 | 370 | 302 |
| 0,20 | 427 | 473 | 562 | 576 | 620 | 685 | 360 | 402 | 326 |
| 0,22 | 456 | 503 | 600 | 620 | 667 | 738 | 385 | 427 | 349 |
| 0,25 | 495 | 545 | 650 | 680 | 730 | 810 | 421 | 465 | 376 |
| 0,30 | 564 | 615 | 730 | 785 | 845 | 933 | 476 | 522 | 431 |

*Примечание: Значение силы резания приведены для нормальных условий эксплуатации:  
а) передние и задние углы зубьев оптимальные; б) величина износа не превышает оптимальную.*

### Зубонарезание

На зубодолбежном станке 5122 нарезают долбяком прямозубое зубчатое колесо модуля  $m = 4$  мм с числом зубьев  $z = 45$  и шириной венца  $b = 35$  мм. Обработка окончательная по предварительно прорезанному зубу (параметр шероховатости поверхности  $Ra = 2$  мкм). Припуск на обработку зубьев по межцентровому расстоянию  $h = 1,2$  мм. Материал заготовки - сталь 20Х твердостью  $HV 170$ . Эскиз обработки приведен на рис. 70. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания  $g$  а таблицам нормативов; определить основное время.

**Р е ш е н и е** (по нормативам [7]). I. Выбираем режущий инструмент. Принимаем дисковый прямозубый долбяк модуля  $m = 4$  мм из быстрорежущей стали P18. Угол заточки по передней поверхности зубьев чистового долбяка  $\gamma_3 = 5^\circ$  (приложение 2, с. 160).

II. Назначаем режим резания.

1 Назначаем круговую подачу (подачу обкатки). Определяем классификационную группу, к которой по нормативам откосится используемый зубодолбежный станок (карта 12, с. 38). Станок 5122 относится к III пуппе станков, так как мощность его электродвигателя 3 кВт (см. паспортные данные). По карте 13 (с. 38 -39) находим круговую подачу.

Для параметра шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 2$  мкм (V 6), обработки по предварительно прорезанному зубу и материала заготовки стали 45  $S_{ТАБЛ} = 0,22 - 0,25$  мм/дв. ход.

Рассмотрим примечания к карте 13 (с. 39).

Учитываем поправочный коэффициент на подачу (по карте 14, с. 41):  $k_M = 0,9$ , так как материал нарезаемого

колеса — сталь 20Х,  $HV 170$ ,  $S = S_{ТАБЛ} k_{MS} = (0,22 - 0,25) \times 0,9 = 0,2 - 0,225$  мм/дв. ход.

\*

Подачи в карте приведены для обработки в один проход, т. е. принято, что  $i = 1$ .

Принимаем  $s = 0,225$  мм/дв. ход., так как число зубьев нарезаемого колеса больше 25.

Корректируя подачу по данным станка, принимаем  $s = 0,2$  мм/дв. ход.

Радиальная подача (подача при врезании)  $S_{рад} = (0,1 - 0,3)s$  мм/дв. ход; принимаем

$S_{рад} = 0,2s = 0,2 - 0,2 = 0,04$  мм/дв. ход. Корректируя по данным станка, принимаем  $S_{рад} = 0,036$  мм/дв. ход.

2. Назначаем период стойкости долбяка (приложение 3, с. 161). Для чистового дискового долбяка рекомендуется период стойкости  $T = 240$  мин.

3. Определяем скорость резания, допускаемую режущими свойствами долбяка (карта 14, с. 40—41):

Для обработки по предварительно прорезанному зубу, параметра шероховатости поверхности  $Ra = 2$  мкм при круговой подаче  $s = 0,2$  мм/дв. ход  $v_{ТАБЛ} = 39$  м/мин. Учитываем поправочный коэффициент на скорость резания (там же):  $k_{mv} = 0,9$  (материал нарезаемого колеса — сталь 20Х,  $HV 170$ ). Остальные поправочные коэффициенты на скорость резания  $i$  при заданных условиях обработки не влияют;  $v_i = v_{ТАБЛ} k_{mv} = 39 \cdot 0,9 = 35$  м/мин ( $\sim 0,58$  м/с).

Определяем число двойных ходов долбяка в минуту, соответствующее найденной скорости резания:

$$k = \frac{1000v_l}{2L};$$

длина хода долбяка  $L = b + l_1$ , где  $l_1$  — перебег долбяка на две стороны. При ширине венца до 51 мм  $l_1 = 8$  мм (приложение 14, с. 184);  $L = 35 + 8 = 43$  мм;

$$k = \frac{1000 \cdot 35}{2 \cdot 43} = 407 \text{ дв.ход / мин.}$$

Корректируем число двойных ходов долбяка по паспортным данным станка и устанавливаем действительное число двойных ходов:  $k_d = 400$  дв. ход/мин.

Действительная скорость резания

$$v = \frac{2Lk_d}{1000} = \frac{2 \cdot 43 \cdot 400}{1000} = 34,4 \text{ м / мин} (\approx 0,57 \text{ м / с})$$

4. Мощность, затрачиваемая на резание, при окончательном зубодолблении по предварительно прорезанному зубу незначительна. В карте 14 (с. 40) в графе «Мощность» для заданных условий обработки стоит прочерк. Проверку установленного режима резания по мощности привода станка в этом случае обычно не производят (при предварительном зубодолблении, а так же окончательно по сплошному металлу проверку по мощности необходимо выполнять).

III. Основное время

$$T_0 = \frac{\pi m z}{k_d s} i + \frac{h}{k_d s_{РАД}}.$$

Первое слагаемое учитывает время, затрачиваемое на обкатку, а второе - на радиальное врезание долбяка. По условию примера припуск на обработку зубьев по межцентровому расстоянию  $h = 1,2$  мм (при зубодолблении по сплошному металлу  $h$  — высота нарезаемого зуба). Число проходов  $i=1$ ;

$$T_0 = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 45}{400 \cdot 0,2} + \frac{1,2}{400 \cdot 0,036} = 7,06 + 0,08 = 7,14 \text{ мин.}$$

Форма отчетности:

Отчет.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[3-5] из раздела 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Основные этапы расчета технологического процесса операций (сверления, протягивания и зубонарезания).

## Практическое занятие №5

Тема: Расчет технологического процесса операции шлифования.

Цель работы: Ознакомиться с расчетом технологического процесса операции шлифования.

Разработку режима резания при шлифовании начинают с установления характеристики инструмента. Инструмент при шлифовании различных конструкционных и инструментальных выбирают по данным, приведенным на стр. 242 – 258. окончательная характеристика абразивного инструмента выявляется в процессе пробной эксплуатации с учетом конкретных технологических условий.

Основные параметры резания при шлифовании:

Скорость вращательного и поступательного движения заготовки  $v_z$ , м/мин;

глубина шлифования  $t$ , мм, - слой металла, снимаемый периферией или торцом круга в результате поперечной подачи на каждый ход или двойной ход при круглом или плоском шлифовании и в результате радиальной подачи  $s_r$  при врезном шлифовании;

продольная подача  $s$  – перемещение шлифовального круга в направлении его оси в миллиметрах на один оборот заготовки при круглом шлифовании или в миллиметрах на каждый ход стола при плоском шлифовании периферией круга (табл. 55).

Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга с продольно подачей

$$N = C_N v_3^r t^x s^y d^q,$$

при врезном шлифовании периферией круга

$$N = C_N v_3^r s^y d^q b^z,$$

при шлифовании торцом круга

$$N = C_N v_3^r t^x b^z,$$

где  $d$  – диаметр шлифования, мм;  $b$  – ширина шлифования, мм, равная длине шлифуемого участка заготовки при круглом врезном шлифовании и поперечному размеру поверхности заготовки при шлифовании торцом круга.

Значение коэффициента  $C_N$  и показателей степени в формулах приведены в табл.

Параметры резания при различных видах шлифования, заточки и доводки.

| Обрабатываемый материал.                          | Характеристика процесса шлифования.   | Скорость круга $v_k$ , м/с. | Скорость заготовки $v_3$ , м/мин | Глубина шлифования мм.        | Продольная подача $s$ .    | Радиальная подача $s_r$ , мм/об. |
|---|---|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| <i>Круглое наружное шлифование.</i>               |   |                             |                                  |                               |                            |                                  |
| Конструкционные металлы и инструментальные стали. | С продольной подачей на каждый ход:<br>предварительное<br>окончательное             | 30-35                       | 12-25                            | 0,01-0,025                    | (0,3-0,7)В                 | -                                |
|   |   |                             | 15-55                            | 0,005-0,015                   | (0,2-0,4)В                 |                                  |
|   | с продольной подачей на двойной ход<br>Врезное:<br>предварительное<br>окончательное |                             | 20-30                            | 0,015-0,05                    | (0,3-0,7)В                 | 0,0025-0,075<br>0,001-0,005      |
|   |   |                             | 30-50                            | -                             | -                          |                                  |
| Твердые сплавы                                    | С продольной подачей:<br>предварительное<br>окончательное                           | 20-30                       | 10-20                            | 0,0075-0,01                   | 0,5-0,8 м/мин              | -                                |
|   |   | 30-35                       | 20-30                            |                               | 0,3-0,5 м/мин              |                                  |
| <i>Круглое внутреннее шлифование.</i>             |   |                             |                                  |                               |                            |                                  |
| Конструкционные металлы и инструментальные стали. | На станках общего назначения:<br>Предварительное<br>окончательное                   | 30-35                       | 20-40                            | 0,005-0,02<br>0,0025-0,01     | (0,4-0,7)В<br>(0,25-0,4)В  | -                                |
|   | На полуавтоматических станках:<br>Предварительное<br>окончательное                  |                             | 50-150                           | 0,0025-0,005<br>0,0015-0,0025 | (0,4-0,75)В<br>(0,25-0,4)В |                                  |

|   |   |                |  |                                |  |                 |
|---|---|----------------|--|--------------------------------|--|-----------------|
| Твердые сплавы.                                   | На полуавтоматических станках:<br>Предварительное<br>окончательное                                      | 10-25<br>15-30 | 20-30<br>25-50   | 0,005-0,01<br>0,005-<br>0,0075 | 0,4-0,5<br>м/мин<br>0,2-0,4<br>м/мин   |                 |
| <i>Круглое бесцентровое шлифование.</i>           |   |                |  |                                |  |                 |
| Конструкционные металлы и инструментальные стали. | На проход:<br>Предварительное при $d \leq 20$ мм.<br>предварительное при $d > 20$ мм.<br>окончательное  | 30-35          | 20-120   | 0.02-0.05<br>0.05-0.2          | 0,5-3,8<br>м/мин                       | -               |
|   |   | 30-35          | 40-120   | 0,0025-0,01                    | 1,2-2,0<br>м/мин                       |                 |
|   | Врезное:<br>предварительное<br>окончательное  |                | 10-45<br>10-30   | -                              | -                                      | 0,001-<br>0,005 |
|   |   |                |  |                                |  |                 |
| <i>Плоское шлифование периферией круга.</i>       |   |                |  |                                |  |                 |
| Конструкционные металлы и инструментальные стали. | На станках с круглым столом:<br>предварительное<br>окончательное  | 30-35          | 20-60<br>40-60   | 0,005-0,015<br>0,005-0,01      | (0,3-0,6)В<br>(0,2-0,25)В              | -               |
|   |   |                | На станках с прямоугольным столом в серийном производстве:<br>предварительное<br>окончательное | 8-30<br>15-20                  | 0,015-0,04<br>0,005-0,015              |                 |
|   | На станках с прямоугольным столом инструментального типа:<br>предварительное<br>окончательное           |                |  | 5-8                            | 0,05-0,015<br>0,01-0,015               |                 |
|   |   |                |  |                                |  |                 |
| Твердые сплавы.                                   | Те же станки:<br>предварительное<br>окончательное   | 20-30<br>25-35 | 4-5<br>2-3   | 0,03-0,04<br>0,01-0,02         | 0,5-1,0<br>мм/ход<br>0,3-0,4<br>мм/ход |                 |
| <i>Плоское шлифование торцом круга.</i>           |   |                |  |                                |  |                 |
| Конструкционные металлы и инструментальные стали. | На станках с прямоугольным столом:<br>предварительное<br>окончательное                                  | 25-30          | 4-12<br>2-3  | 0,015-0,04<br>0,005-0,01       | -                                      | -               |
|   | На станках с круглым с вертикальной подачей на каждый оборот стола:<br>предварительное<br>окончательное |                | 10-40  | 0,015-0,03<br>0,005            | -                                      |                 |

|  |  |       |         |                         |   |  |
|--|--|-------|---------|-------------------------|---|--|
|  | На станках с круглым столом с вертикальной подачей на каждый оборот стола:<br>предварительное<br>окончательное |       | 2-3     | 0,1-0,15<br>0,005       | - |  |
| <i>Заточка и доводка инструментов.</i>   |  |       |         |                         |   |  |
| Инструментальные стали.  | Заточка  | 18-25 | 1,0-3,0 | t=0,02-0,04 мм/дв. ход  |   |  |
|  | Доводка  | 18-32 | 0,5-1,5 | t=0,005-0,01 мм/дв. ход |   |  |
|  | Доводка*   | 15    | 1,0-1,5 | t=0,01 мм/дв. ход       |   |  |
| Твердые сплавы   | Предварительная заточка  | 20-25 | 1,5-2,0 | t=0,03 мм/дв. ход       |   |  |
|  | Чистовая заточка   | 20-30 | 1,0-2,0 | t=0,01-0,02 мм/дв. ход  |   |  |
|  | Доводка*   | 20-30 | 0,1-0,7 | t=0,005-0,02 мм/дв. ход |   |  |
| <i>*инструмент – алмазные круги.</i>   |  |       |         |                         |   |  |
| <i>Примечания: 1. В - толщина круга, мм.</i>   |  |       |         |                         |   |  |
| <i>2. Для расчета мощности при круглом шлифовании, если значение продольной подачи приведено в м/мин, вычисляют продольную подачу в мм/об заготовки по формуле (мм/об)=s(м/мин)*(d/1000vз); где d – диаметр заготовки, мм; vз – окружная скорость заготовки м/мин.</i> |  |       |         |                         |   |  |

#### Форма отчетности:

Отчет.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

Дополнительная литература:

[3-5] из раздела 7.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Основные параметры расчета технологического процесса операции шлифования.

### **Практическое занятие №6**

Тема: Расчет технологического процесса наплавки поверхности детали.

Цель работы: Ознакомиться с расчетом технологического процесса наплавки поверхности детали.

Расчет режима наплавки заключается в определении следующих параметров: силы тока, напряжения дуги, скорости наплавки, скорости подачи электродной проволоки, вылета электрода, шага наплавки, смещение электрода с зенита и др.

Диаметр электродной проволоки выбирают в зависимости от диаметра детали и толщины наращиваемого слоя, при наплавке деталей диаметром 40...200 мм применяют проволоку диаметром 0,8...3,0 мм (см. задание).

Силу тока выбирают в зависимости от диаметра электродной проволоки:

$$I = 0,785d_s^2 D_a,$$

где  $I$  - сила тока, А;

$d_s$  - диаметр электродной проволоки, мм;

$D_a$  - плотность тока, А/мм<sup>2</sup>.

Величина плотности тока определяется по формуле

$$D_a = \frac{a + bd_3}{3},$$

где  $a, b$  - эмпирические коэффициенты (для наплавки под слоем флюса  $a = 115, b = 35$ ; в среде углекислого газа  $a = 128, b = 22$ ; для вибродуговой наплавки  $a = 89, b = 9$ ).

Напряжение дуги  $U$  связано с силой тока, его выдерживают для наплавки под флюсом 25...35 В, в среде углекислого газа 18...26 В, для вибродуговой наплавки 13...20 В.

Скорость подачи электродной проволоки  $V_{np}$  (м/мин)

$$V_{np} = \frac{Q}{0,785d_3^2},$$

где  $Q$  - объём расплавленного металла, см<sup>3</sup>/мин.

Объём расплавленного металла определяют по формуле:

$$Q = \frac{\alpha_n I}{60\rho},$$

где  $\alpha_n$  - коэффициент наплавки, г/Ач;

$\rho$  - плотность расплавленного металла, г/см<sup>3</sup>.

Коэффициент наплавки определяют по формуле

$$\alpha_n = c + ed_3,$$

где  $c, e$  - эмпирические коэффициенты.

Коэффициенты  $c$  и  $e$  принимаются соответственно равными:

- для наплавки под слоем флюса 2,9 и 5,1;
- для наплавки в среде углекислого газа 7,1 и 4,7;
- для вибродуговой наплавки 4,7 и 1,8.

Скорость наплавки  $V_n$  (м/мин)

$$V_n = \frac{0,785 \cdot d^2 \cdot V_{np} \cdot K \cdot a}{h \cdot S},$$

где  $K$  - коэффициент перерасхода металла на наплавленную поверхность учитывает выгорание или разбрызгивание металла (табл. 1);  $a$  - коэффициент неполноты наплаваемого слоя (табл. 1);  $h$  - толщина наплавленного слоя за один проход принимают в пределах (0,7...1,0) диаметра электродной проволоки, мм;  $S$  - шаг наплавки влияет на качество поверхностного слоя и определяется в зависимости от диаметра проволоки  $S = (1,2...2,0)d_3$ , мм/об.

Таблица 1

Значения коэффициентов  $K$  и  $a$

| Вид наплавки                     | Коэффициенты |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|
|                                  | $K$          | $a$          |
| Наплавка под слоем флюса         | 0,90...0,986 | 0,96...0,985 |
| Вибродуговая наплавка            | 0,73...0,92  | 0,79...0,95  |
| Наплавка в среде CO <sub>2</sub> | 0,82...0,90  | 0,88...0,96  |

Частота вращения детали

$$n = \frac{1000V_n}{\pi D} \text{ об/мин,}$$

где  $D$  - диаметр наплаваемой поверхности детали, мм.

Вылет электрода зависит от силы тока и устанавливается для наплавки под слоем флюса и для наплавки в среде углекислого газа в пределах от 10...25 мм.

Вылет электродной проволоки при вибродуговой наплавке определяют в зависимости от диаметра проволоки

$$l = (5...8)d_p .$$

Смещение электродной проволоки от зенита для деталей диаметром 50...180 мм составляет 3...10 мм.

Амплитуда вибрации  $a$  электродной проволоки при вибродуговой наплавке может быть определена по формуле

$$a = (1,2...1,3)d_p .$$

Частота вибрации электрода составляет 50...100 Гц.

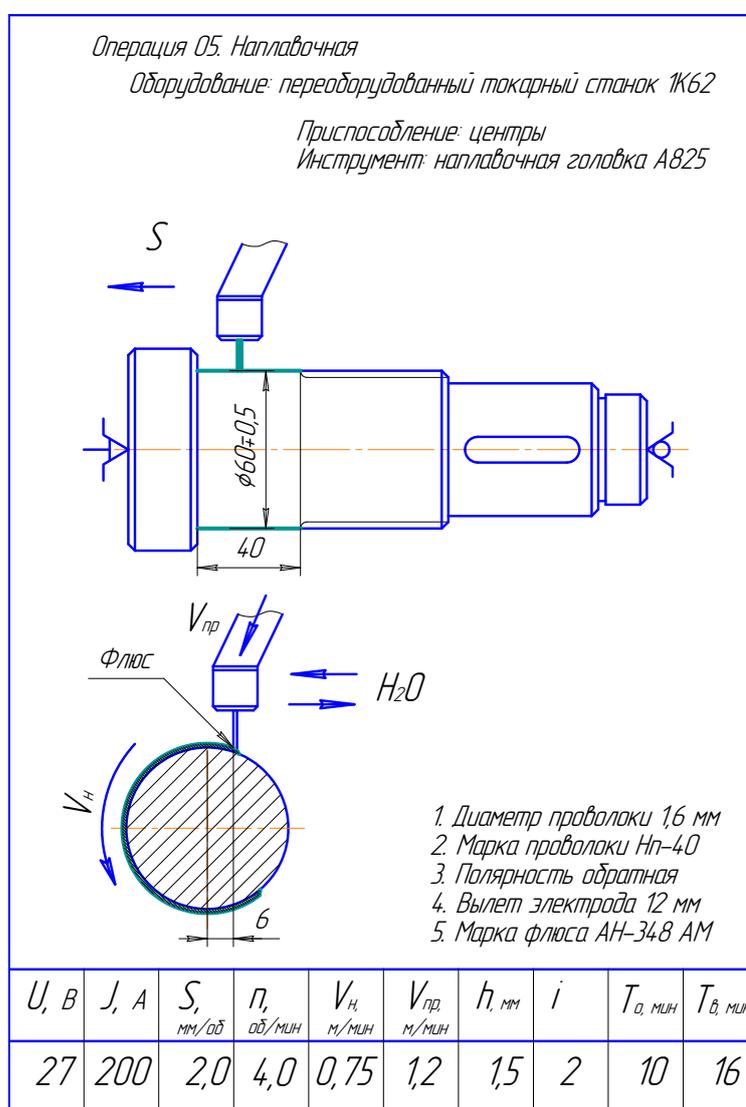
Основное время определяется из отношения

$$T_o = \frac{l}{nS}, \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, связанное с переходом, определяется с учётом длины валика

$$T_a = 0,2 \cdot T_o, \text{ мин.}$$

Рассчитанные результаты режимов наплавки и схем выполнения процесса оформляется в виде эскиза.



Форма отчетности:

Отчет.

Задания для самостоятельной работы:

1. Ознакомиться с текстом лекций.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Основная литература:

[1,2] из раздела 7.

## Дополнительная литература:

[3-5] из раздела 7.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Этапы расчета технологического процесса наплавки поверхности детали

## **9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта**

Выполнение обучающимися курсового проекта производится с целью:

- 1) систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений;
- 2) углубления теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
- 3) формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- 4) формирования умений использовать справочную, нормативную документацию;
- 5) развития творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

Тематика курсовых проектов разрабатывается преподавателем.

Курсовой проект носит практический характер, который состоит из:

- 1) введения, в котором раскрывается актуальность и значение темы, формулируются цели и задачи работы;
- 3) основной части, которая обычно состоит из двух разделов: в первом разделе содержатся теоретические основы разрабатываемого приложения; вторым разделом является практическая часть, которая представлена расчетами, графиками, таблицами, схемами, формами и т.п.;
- 4) заключения, в котором содержатся выводы и рекомендации относительно возможностей практического применения материалов работы;
- 5) списка используемой литературы;
- 6) приложения.

Во введении (объемом 2-3 страницы) раскрывается актуальность и новизна темы, ее научная и практическая значимость, основные направления исследования, формулируются цели и задачи исследования, указываются предмет и объект исследования, а также характеризуются источники и материалы, использованные в процессе исследования.

Основная часть курсового проекта, как правило, состоит из теоретического и практического разделов. Основная часть должна содержать данные, отражающие сущность, методику и основные результаты выполненного исследования:

- выбор направления исследования, включающий обоснование принятого направления исследования, метода решения задач и их сравнительную оценку, разработку общей методики исследования;
- теоретические и (или) экспериментальные исследования, включающие определение характера и содержания теоретических исследований, методов исследований;
- обобщения и оценку результатов исследования, включающие оценку полноты решения поставленной задачи

Основную часть курсового проекта следует делить на разделы. Разделы основной части могут делиться на пункты или на подразделы и пункты. Пункты при необходимости могут делиться на подпункты. Каждый подпункт должен содержать законченную информацию.

Заключение (объемом не менее 2 страниц) должно содержать итоги работы, выводы, полученные в ходе работы, разработку рекомендаций по конкретному использованию результатов курсовой работы. Заключение должно быть кратким, обстоятельным и соответствовать поставленным целям и задачам.

Оформление курсового проекта: объём отчёта должен составлять 30-44 страниц печатного текста маршрутная карта и эскизы на технологические операции с указанием инструментов, оборудования и режимов выполнения операций – до 8 страниц формата А4, операционные карты процесса восстановления детали – 1 страница. Следует придерживаться следующих параметров оформления отчёта: формат листа отчёта – А4, размеры полей: слева

30 мм, справа 10 мм, сверху и снизу 20 мм. Шрифт Times New Roman, кегль 14. Абзацный отступ – 1,5 см, выравнивание абзаца – по ширине, межстрочный интервал – полуторный. Текст печатается только на одной стороне листа. Страницы должны быть пронумерованы внизу страницы справа. Нумерация страниц – сквозная для всего отчёта, на первом (титульном) листе номер не ставится.

Курсовой проект должен быть правильно оформлен, написан грамотно и аккуратно. Начинать работу нужно с тщательного изучения дисциплины в объеме программы. Далее необходимо подобрать соответствующий литературный и практический материал. В процессе написания можно привлечь дополнительную литературу. Не возбраняется использование переработанных данных электронных ресурсов. Работа должна быть логичной, научной по своему содержанию; в ней в систематизированной форме должны быть изложены материалы проведенного исследования и его результаты.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) – преподаватель использует для:

- получения информации при подготовке к лабораторным работам;
- создания презентационного материала для лабораторных работ;
- пакет прикладных программ (Microsoft, Autodesk, КОМПАС);
- ОС Windows; OpenOffice; LibreOffice и др.

## **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

| <i>Вид занятия</i> | <i>Наименование аудитории</i>               | <i>Перечень основного оборудования</i>  | <i>№ ЛР, ПЗ</i>  |
|--------------------|---|---|------------------|
| <b>1</b>           | <b>2</b>                                    | <b>3</b>  | <b>4</b>         |
| ЛР, ПЗ             | лаборатория                                 | Учебный лабораторный стенд «Комплект приспособлений для разборки и сборки коленчатых валов», «Стенд для контроля коленчатого вала». | ЛР 3-5<br>ПЗ 1-4 |
| Лк, ЛР             | дисплейный класс с доступом к сети интернет | ПК класса Пентиум – 10 шт., программный комплекс Microsoft Excel, Word, Компас  | ЛР 1-2<br>ПЗ 5-6 |
| СР                 | ЧЗ-1  | -   | -                |

**Приложение 1**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

| <b>№ компетенции</b> | <b>Элемент Компетенции</b>   | <b>Раздел</b>   | <b>ФОС</b>               |
|----------------------|--|---|--------------------------|
| ОК-1                 | Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу  | 1. Изделие и технологический процесс в машиностроении.                    | Вопросы к экзамену 1–5   |
| ПК-10                | Способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования           | 2. Точность механической обработки и методы её обеспечения.               | Вопросы к экзамену 6-12  |
|                      |  | 3. Качество поверхности деталей машин и заготовок.                        | Вопросы к экзамену 13-16 |
| ПК-11                | Способность осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования   | 4. Технологичность и ремонтпригодность конструкции.                       | Вопросы к экзамену 17-19 |
|                      |  | 5. Заготовки для деталей машин.   | Вопросы к экзамену 20-21 |
| ПСК-2.7              | Способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ  | 6. Основы проектирования технологических процессов механической обработки | Вопросы к экзамену 22-26 |
|                      |  | 7. Основы конструирования приспособлений                                  | Вопросы к экзамену 27-30 |
| ПСК-2.8              | Способность осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ и их технологического оборудования | 8. Технология производства типовых деталей ПТ СДМ.                        | Вопросы к экзамену 31-35 |
|                      |  | 9. Основы технологии сборочных процессов.                                 | Вопросы к экзамену 36-38 |

## 2. Экзаменационные вопросы

| №<br>п/п | Компетенции |   | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ<br>ВОПРОСЫ  | № и наименование<br>раздела  |
|----------|-------------|---|---|--|
|          | Код         | Определение   |   |  |
| 1        | 2           | 3   | 4   | 5  |
| 1.       | ОК-1        | Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу   | 1. Качество продукции.<br>2. Изделие и его элементы.<br>3. Производственный и технологический процессы.<br>4. Техническая норма времени.<br>5. Типы производства и методы работы.   | 1. Изделие и технологический процесс машиностроения.                                       |
| 2.       | ПК-10       | Способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования          | 6. Анализ понятий точности механической обработки методами математической статистики.<br>7. Базы и погрешность установки заготовок.<br>8. Выбор баз.<br>9. Пересчет размеров и допусков при смене баз.<br>10. Факторы, влияющие на точность механической обработки.<br>11. Определение суммарной погрешности механической обработки.<br>12. Пути повышения точности механической обработки. | 2. Точность механической обработки и методы её обеспечения.                                |
| 3.       | ПК-11       | Способность осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования  | 13. Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей.<br>14. Факторы, влияющие на качество поверхности.<br>15. Методы измерения и оценки качества поверхности.<br>16. Технологические методы, повышающие качество поверхностного слоя деталей машин.   | 3. Качество поверхности деталей машин и заготовок.   |
| 4.       | ПСК-2.7     | Способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ | 17. Технологические требования к конструкции сборочных единиц.<br>18. Технологические требования к конструкции деталей машин.<br>19. Ремонтпригодность машин.<br><br>20. Методы получения заготовок.<br>21. Предварительная обработка заготовок   | 4. Технологичность и ремонтпригодность конструкции.<br><br>5. Заготовки для деталей машин. |

|    |         |  |  |   |
|----|---------|--|--|---|
| 5. | ПСК-2.8 | Способность осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ и их технологического оборудования | <p><b>22.</b> Основные этапы проектирования технологических процессов механической обработки.</p> <p><b>23.</b> Техничко-экономические показатели.</p> <p><b>24.</b> Документирование технологического процесса.</p> <p><b>25.</b> Типизация технологических процессов.</p> <p><b>26.</b> Специфика построения групповых технологических процессов.</p> <p><b>27.</b> Установочные элементы приспособлений.</p> <p><b>28.</b> Зажимные устройства приспособлений.</p> <p><b>29.</b> Детали для направляющих и установки инструмента, вспомогательные устройства и корпуса приспособлений.</p> <p><b>30.</b> Разновидности станочных приспособлений.</p> <p><b>31.</b> Технология производства валов.</p> <p><b>32.</b> Технология производства осей.</p> <p><b>33.</b> Технология производства втулок.</p> <p><b>34.</b> Технология производства цилиндров гидросистем.</p> <p><b>35.</b> Технология производства зубчатых колес.</p> <p><b>36.</b> Технологические методы, обеспечивающие точность сборки.</p> <p><b>37.</b> Техническое нормирование сборочных операций.</p> <p><b>38.</b> Основы проектирования технологических процессов сборки.</p> | <p><b>6.</b> Основы проектирования технологических процессов механической обработки</p> <p><b>7.</b> Основы конструирования приспособлений</p> <p><b>8.</b> Технология производства типовых деталей ПТ СДМ.</p> <p><b>9.</b> Основы технологии сборочных процессов.</p> |
|----|---------|--|--|---|

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

| Показатели  | Оценка                   | Критерии   |
|---|--------------------------|--|
| <p><b>Знать:</b><br/>(ОК-1)<br/>основные направления повышения технологичности наземных транспортно-технологических средств и их технологического и оборудования;<br/>(ПК-10)<br/>форму технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;<br/>(ПК-11)<br/>методы и средства контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;<br/>(ПСК-2.7)<br/>основную технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ;<br/>(ПСК-2.8)<br/>средства и методы контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ и их технологического оборудования;</p> | <b>отлично</b>           | <p>Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он демонстрирует полное освоение теоретического содержания дисциплины; представляет практические навыки работы на учебных стендах учетом основных требований безопасности; все учебные задания выполнены правильно, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.</p> |
| <p><b>Уметь:</b><br/>(ОК-1)<br/>осуществлять синтез решений направленных на повышение технологичности наземных транспортно-технологических средств и их технологического и оборудования;<br/>(ПК-10)<br/>оформлять технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;<br/>(ПК-11)</p>  | <b>хорошо</b>            | <p>Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если в усвоении учебного материала им допущены небольшие пробелы, не искажившие содержание ответа; допущены один – два недочета в формировании навыков решений практических задач.</p>   |
| <p>осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;<br/>(ПСК-2.7)<br/>осуществлять разработку технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ;</p>   | <b>удовлетворительно</b> | <p>Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если в его ответе содержание теоретического материала раскрыто неполно, но показано общее понимание вопроса.</p>  |

|   |                                   |  |
|---|-----------------------------------|--|
| <p>(ПСК-2.8)<br/>осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ и их технологического оборудования;</p> <p><b>Владеть:</b><br/>(ОК-1)<br/>методами анализа степени конструктивного совершенства наземных транспортно-технологических средств;</p> <p>(ПК-10)<br/>навыками разработки технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;</p> <p>(ПК-11)<br/>навыками использования средств контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;</p> <p>(ПСК-2.7)<br/>навыками разработки технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ;</p> <p>(ПСК-2.8)<br/>навыками использования средств контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ и их технологического оборудования.</p> | <p><b>неудовлетворительно</b></p> | <p>обучающийся демонстрирует полное отсутствие знаний основных понятий конструкций наземных транспортно-технологических систем, навыков решения практических задач на учебных стендах.</p> |
|---|-----------------------------------|--|

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности**

Изучение дисциплины «Технология производства подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования» охватывает круг вопросов, относящихся к научно-исследовательскому и проектно-конструкторскому видам профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам:

1. Изделие и технологический процесс в машиностроении.
2. Точность механической обработки и методы её обеспечения.
3. Качество поверхности деталей машин и заготовок.
4. Технологичность и ремонтпригодность конструкции.
5. Заготовки для деталей машин.
6. Основы проектирования технологических процессов механической обработки
7. Основы конструирования приспособлений
8. Технология производства типовых деталей ПТ СДМ.
9. Основы технологии сборочных процессов.

Закрепление всех вопросов, рекомендуемых для лабораторных работ, практических занятий а также при подготовке к зачету, требует основательной самостоятельной подготовки.

Работа с литературой является обязательной. При этом приветствуется привлечение дополнительных источников из Интернета. В случае возникновения определенных вопросов, обучающийся может обратиться к преподавателю за консультацией как на лабораторных работах, практических занятиях так и во время индивидуальных консультаций.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в виде лекций, лабораторных работ, практических занятий в сочетании с внеаудиторной работой.

## АННОТАЦИЯ

### рабочей программы дисциплины

### Технология производства подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования

#### 1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является подготовка технологической документации для обеспечения процессов производства подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования; осуществление информационного поиска по выбору оборудования, приспособлений и инструментов для обеспечения процессов производства подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования; участие в разработке технологических процессов производства подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования; осуществление выбора средств контроля качества для обеспечения процессов производства подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования.

Задачей изучения дисциплины является: изучение вопросов состояния технологии производства подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования и перспективах ее развития; получение практических навыков по выбору и обоснованию исходных данных для проектирования технологических процессов производства подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования; освоение общей методологии и принципов проектирования процессов изготовления и восстановления деталей подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования; получение навыков в решении практических задач технологии и организации производства подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования

#### 2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк-51 час., ЛР – 17 час., ПЗ – 17 час., СР – 131 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 252 часа, 7 зачетных единиц.

#### 2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Изделие и технологический процесс в машиностроении.
2. Точность механической обработки и методы её обеспечения.
3. Качество поверхности деталей машин и заготовок.
4. Технологичность и ремонтпригодность конструкции.
5. Заготовки для деталей машин.
6. Основы проектирования технологических процессов механической обработки
7. Основы конструирования приспособлений
8. Технология производства типовых деталей ПТ СДМ.
9. Основы технологии сборочных процессов.

#### 3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПСК-2.7 - способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ

#### 4. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Протокол заседания кафедры СДМ №\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства от «11» августа 2016г. №1022

**для набора 2015 года:** и учебными планами ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413, для заочной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413;

**для набора 2016 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413;

**для набора 2017 года:** и учебными планами ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413, для заочной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413;

**для набора 2018 года:** и учебными планами ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413, для заочной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413

**Программу составил:**

Плеханов Григорий Николаевич, к.т.н., доцент

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры СДМ  
от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г., протокол № \_\_

И.о. заведующего кафедрой СДМ

К.Н. Фигура

СОГЛАСОВАНО:

И.о. заведующего выпускающей кафедрой СДМ

К.Н. Фигура

Директор библиотеки

Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией МФ  
от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Председатель методической комиссии МФ

Г.Н. Плеханов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник  
учебно-методического управления

Г.П. Нежевец

Регистрационный №